UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

# PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE LAS PISCINAS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA – 2018.

**Autor:**

**Freddy Ramírez Sangay**

**José Luis Uriarte Díaz**

**Asesor:**

**Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez**

**Cajamarca – Perú**
**Mayo – 2019**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

# PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE LAS PISCINAS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA – 2018.

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Bach. Freddy Ramírez Sangay**

**Bach. José Luis Uriarte Díaz**

**Asesor: Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez**

**Cajamarca - Perú**
**Mayo - 2019**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS**

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE LAS PISCINAS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA – 2018.**

**Presidente:** _____

**Secretario:** _____

**Vocal:** _____

**Asesor:** _____

**COPYRIGHT © 2019 BY**

**FREDDY RAMÍREZ SANGAY**

**JOSÉ LUIS URIARTE DÍAZ**

**Todos los derechos reservados**

**A:**

A mis padres y a todas aquellas personas que confiaron en mi persona y me motivaron a seguir adelante y ser un hombre de valores y respeto.

***Freddy Ramírez Sangay***

Mis padres Leandro Uriarte y Olodia Díaz por ser los pilares de mi vida, de los cuales siempre tengo su apoyo incondicional y guía para seguir por el camino correcto.

A mis hermanos Yoel y Yovana Uriarte Diaz por estar a mi lado cuando más los necesito, por recordarme siempre que todo se puede y ayudarme a luchar por mis sueños.

A mi amigo Lenin Ruiz Condor por ser un gran amigo, quien me enseñó a nunca rendirse ante cualquier situación que se presenta en la vida y por siempre iluminarme desde el cielo.

***José Luis Uriarte Diaz***

**AGRADECIMIENTO:**

- A Dios por bendecirnos la vida, por brindarnos salud, sabiduría, fuerza y guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.
- A nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado día a día.
- A nuestro asesor Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez, por aceptar ser guía y aportar con sus conocimientos en nuestro proyecto de investigación, y sobre todo por su paciencia, y su rectitud como docente.
- A nuestros docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional.

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad proponer un sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca, para lograr dicha finalidad se llevó a cabo la evaluación de diferentes alternativas de operaciones unitarias más óptimas para el tratamiento de aguas residuales, posteriormente se realizó una simulación de estas operaciones unitarias más relevantes de los procesos de tratamiento a nivel de laboratorio (sistema Bach), seguidamente se escogió los procesos unitarios óptimos con los cuales se diseñó un sistema piloto el cual tuvo un perfecto funcionamiento in situ, logrando verter un efluente por debajo del rango que estipulan los parámetros de los límites máximos permisibles y por último se llevó a cabo el dimensionamiento a escala real (nivel planos) del sistema de tratamiento de aguas residuales para el efluente de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca.

Todo lo anteriormente dicho llevará a constatar la hipótesis que al diseñar un sistema óptimo de tratamiento de aguas residuales las piscinas municipales de Baños del Inca cumplirán con verter sus efluentes según parámetros estipulados por la normatividad vigente que regula el control de la calidad del agua (LMP).

**Palabras claves:** Agua residual, sistema de tratamiento de agua, óptimo, operaciones unitarias, operaciones químicas.

# ABSTRACT

The purpose of this research work was to propose a treatment system to improve the quality of wastewater from municipal swimming pools in the district of Baños del Inca, to achieve this purpose, the evaluation of different alternatives of optimal unit operations was carried out. wastewater treatment, then a simulation of these most relevant unitary operations of the treatment processes at the laboratory level (Bach system) was carried out, followed by the selection of the optimal unit processes with which a pilot system was designed, which had a perfect operating in situ, managing to discharge an effluent below the range stipulated by the parameters of the maximum permissible limits and finally the real-scale sizing (flat level) of the wastewater treatment system for the effluent of the pools was carried out Municipalities of the district of the Baños de Inca, prov Incia and Cajamarca region.

All the above will lead to verify the hypothesis that when designing an optimal wastewater treatment system, the municipal pools of Baños del Inca will discharge their effluents according to parameters stipulated by the current regulations that regulate water quality control (LMP).

**KEYWORDS**: Wastewater, water treatment system, optimal, unit operations, chemical operations.

# CONTENIDO

DEDICATORIA ..... i
AGRADECIMIENTO: ..... ii
RESUMEN ..... iii
ABSTRACT ..... iv
CONTENIDO ..... v
LISTA DE FIGURAS ..... vii
LISTA DE TABLAS ..... xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1
1. Planteamiento del problema ..... 1
1.1. Descripción de la realidad problemática ..... 1
1.2. Definición del problema ..... 2
1.3. Objetivos de la investigación ..... 2
1.3.1. General ..... 2
1.3.2. Específicos ..... 2
1.4. Justificación e importancia ..... 3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO ..... 4
2. Fundamentos Teóricos de la investigación ..... 4
2.1. Antecedentes teóricos ..... 4
2.2. Marco histórico ..... 6
2.3. Marco teórico ..... 8
2.3.1. Características de agua residuales ..... 8
2.3.1.1. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales ..... 11
2.3.2. Procesos de tratamiento de agua residual ..... 13
2.4. Marco conceptual ..... 33
2.4.1. Agua ..... 33
2.4.2. Aguas negras domésticas ..... 33
2.4.3. Aceites y grasas ..... 34
2.4.4. Coliformes fecales ..... 34
2.4.5. Coliformes totales ..... 34
2.4.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno ..... 34
2.4.7. Oxígeno Disuelto ..... 35
2.4.8. Proceso de tratamiento preliminar de tratamiento de aguas residuales ..... 35
2.4.9. Proceso de tratamiento primario de aguas residuales ..... 35
2.4.10. Proceso de tratamiento secundario de aguas residuales ..... 35
2.4.11. Proceso de tratamiento terciario de aguas residuales ..... 36

2.4.12. Calidad ambiental ..... 36
2.5. Hipótesis ..... 36
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN ..... 38
3.1. Tipo de investigación ..... 38
3.2. Diseño de la investigación ..... 39
3.2.1. Diseño pre - experimental ..... 39
3.3. Área de investigación ..... 39
3.3.1. Temperatura ..... 40
3.3.2. Precipitaciones ..... 41
3.4. Población ..... 44
3.5. Muestra ..... 44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... 44
3.7. Técnica para el procesamiento y análisis de datos ..... 45
3.8. Interpretación de datos ..... 45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 46
4.1. Caracterización del agua residual de las piscinas municipales de Baños del Inca ..... 46
4.1.1. Resultados obtenidos ..... 46
4.1.1.1. Comparación de muestra inicial con parámetros de los límites máximos permisibles (LMP) ..... 46
4.1.1.2. Comparación de muestra inicial con parámetros de los estándares de calidad ambiental (ECA) ..... 54
4.2. Procesos unitarios más relevantes a nivel de laboratorio (sistema batch). ..... 57
4.2.1. Proceso de rejillas ..... 58
4.2.1.1. Resultados obtenidos ..... 58
4.2.1.2. Discusión de resultados del proceso de rejillas ..... 58
4.2.2. Proceso de enfriamiento ..... 59
4.2.2.1. Resultados obtenidos ..... 59
4.2.2.2. Discusión de resultados del proceso de enfriamiento ..... 100
4.2.3. Proceso de coagulación - floculación ..... 100
4.2.3.1. Resultados obtenidos ..... 100
4.2.3.2. Discusión de resultados del proceso de coagulación - floculación. 119
4.2.4. Proceso filtración ..... 120
4.2.4.1. Resultados obtenidos ..... 120
4.2.4.2. Discusión de resultados del proceso de filtración ..... 121
4.3. Resultados de la calidad del agua del sistema piloto. ..... 122
4.3.1. Resultados obtenidos ..... 122
4.4. Diseño del sistema con los procesos unitarios más relevantes ..... 156
4.4.1. Diseño de rejas ..... 156

4.4.2. Diseño de las pozas de enfriamiento ..... 160
4.4.3.Diseño del tanque de coagulación – floculación ..... 160
4.4.4. Diseño del tanque de filtro lento ..... 161
a. Principio de proceso de purificación ..... 163
4.5. Dimensiones del sistema piloto para 0.5L/min .....169
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....174
4.1. CONCLUSIONES .....174
4.2. RECOMENDACIONES .....175
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....176
ANEXOS……. .....180
ANEXO A ……..180
ANEXO B… ..... 182
ANEXO C ..... 191

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de las aguas residuales urbanas ..... 9

Figura 2: Diagrama Típico de una planta de tratamiento preliminar..... 14

Figura 3: Etapas de tratamiento de aguas residuales ..... 21

Figura 4: Clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales ..... 22

Figura 5: Diagrama de flujo de tratamiento físico – químico completo de un agua residual cruda, incluyendo la eliminación del nitrógeno y fosforo. ..... 24

Figura 6: Diagrama de flujo de una planta típica de tratamiento de fangos activados .... 25

Figura 7: Diagrama de flujo de una planta típica de filtros percoladores ..... 25

Figura 8: Diagrama de flujo de una planta de tratamiento biológico con: a) Estanques airados, y b) Estanques de estabilización..... 25

Figura 9: Diagrama de flujo y grafica de demanda y aportación de oxígeno con la relación ..... 26

Figura 10: Temperatura multianual (2014 - 2017) ..... 41

Figura 11: Precipitaciones acumuladas multianual (2014 - 2017)..... 42

Figura 12: Mapa de ubicación ..... 43

Figura 13: Punto de desfogue de agua de las piscinas ..... 47

Figura 14: Aceites y grasas ..... 48

Figura 15: Coliformes termotolerantes ..... 49

Figura 16: Comparación de DBO ..... 50

Figura 17: Comparación de DQO ..... 51

Figura 18: Comparación del pH ..... 52

Figura 19: Comparación de Sólidos totales en suspensión ..... 52

Figura 20: Comparación de la temperatura ..... 53

Figura 21: Comparación de Detergentes (SAAM) ..... 55

Figura 22: Comparación de conductividad eléctrica ..... 55

Figura 23: Comparación de la turbidez ..... 56

Figura 24: Procesos unitarios más relevantes ..... 58

Figura 25: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 300ml ..... 61

Figura 26: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 400ml ..... 61

Figura 27: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 500ml ..... 62

Figura 28: Enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 80 RPM ..... 62

Figura 29: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 300ml ..... 64

Figura 30: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 400ml ..... 64

Figura 31: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 500ml ..... 65

Figura 32: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 2 Litros ..... 65

Figura 33: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 2 Litros ..... 67

Figura 34: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 3 Litros ..... 68

Figura 35: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 4 Litros ..... 68

Figura 36: Enfriamiento por medio convección forzada (agitación) a 160 RPM..... 69

Figura 37: Enfriamiento por medio convección natural para 300ml ..... 71

Figura 38: Enfriamiento por medio convección natural para 400ml ..... 72

Figura 39: Enfriamiento por medio convección natural para 500ml ..... 72

Figura 40: Enfriamiento por medio convección natural para vaso de precipitación lleno (600ml)..... 73

Figura 41: Enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) – vaso de precipitación..... 73

Figura 42: Enfriamiento por medio convección natural para 2 litros ..... 75

Figura 43:Enfriamiento por medio convección natural para 3 litros ..... 75

Figura 44: Enfriamiento por medio convección natural para 4 litros ..... 76

Figura 45: Enfriamiento por medio convección natural para 5 litros ..... 76

Figura 46: Enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) – balde de plástico ..... 77

Figura 47: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación – vaso de precipitación..... 80

Figura 48: Gráfica de cajas para temperatura vs agitación – vaso de precipitación..... 81

Figura 49: Gráfica de intervalos para temperatura vs agitación – vaso de precipitación 82

Figura 50: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 84

Figura 51: Gráfica de intervalos para para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 85

Figura 52: Gráfica de intervalos para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación..... 86

Figura 53: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación ..... 87

Figura 54: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación - balde de plástico..... 90

Figura 55: Gráfica de cajas para temperatura vs agitación - balde de plástico..... 91

Figura 56: Gráfica de intervalos para temperatura vs agitación - balde de plástico ..... 92

Figura 57: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico ..... 94

Figura 58: Gráfica de intervalos para para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico ..... 95

Figura 59: Gráfica de intervalos para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico ..... 97

Figura 60: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico ..... 98

Figura 61: Gráficas de caja de turbidez vs tiempo de sedimentación (a 20°C de temperatura) ..... 104

Figura 62: Gráficas de caja de turbidez vs tiempo de sedimentación (a 35°C de temperatura) ..... 107

Figura 63: Comparación de gráficas más relevantes de las pruebas de coagulación - floculación..... 108

Figura 64: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs volumen de coagulante ..... 111

Figura 65: Gráfica de cajas para turbidez vs volumen de coagulante..... 112

Figura 66: Gráfica de intervalos para turbidez vs volumen de coagulante..... 113

Figura 67: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs temperatura de muestra..... 115

Figura 68: Gráfica de cajas para turbidez vs temperatura de muestra ..... 116

Figura 69: Gráfica de intervalos para turbidez vs temperatura de muestra ..... 117

Figura 70: Gráfica de intervalos para turbidez vs tiempo de sedimentación..... 118

Figura 71: Diseño de filtro lento de arena ..... 120

Figura 72: Grafica de probabilidad de detergentes normal – 95% de IC..... 123

Figura 73: Gráfica de intervalos de detergentes 95% IC para la media..... 123

Figura 74: Gráfica de los resultados del SAAM ..... 124

Figura 75: Estadística de los resultados del comportamiento del pH ..... 126

Figura 76: Estadística de los resultados del comportamiento de temperatura °C..... 127

Figura 77: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica. ..... 128

Figura 78: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez ..... 129

Figura 79: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez ..... 130

Figura 80: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C..... 131

Figura 81: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica ..... 132

Figura 82: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 2 ..... 133

Figura 83: Estadística de los resultados del comportamiento del pH – día 3 ..... 134

Figura 84: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C- día 3 ..... 135

Figura 85: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 3 ..... 136

Figura 86: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 3..... 137

Figura 87: Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 4..... 139

Figura 88: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 4.....140

Figura 89: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica día 4..... 141

Figura 90: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 4..... 142

Figura 91: Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 5..... 143

Figura 92: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 5. ..... 144

Figura 93: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 5 ..... 145

Figura 94: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 5..... 146

Figura 95: Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 6..... 148

Figura 96: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 6. ..... 149

Figura 97: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 6 ..... 150

Figura 98: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 6..... 151

Figura 99: Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 7..... 152

Figura 100: Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C día 7 ..... .153

Figura 101: Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica día 7..... 154

Figura 102: Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 7.... 155

Figura 103: Plano de isométrico del sistema piloto del sistema a escala piloto ..... 169

Figura 104: Vista de planta del sistema piloto a escala piloto ..... 170

Figura 105: Plano de planta del sistema piloto del sistema a escala real..... 172

Figura 106: Plano de isométrico del sistema piloto del sistema a escala real..... 173

Figura 107: Tesistas tomando muestras de agua para la caracterización..... 183

Figura 108: Tesistas tomando muestras de agua para la caracterización..... 183

Figura 109: Tesistas realizando la medición insitu de los parámetros de pH, CE, Turbidez y T° para la caracterización..... 184

Figura 110: Tesistas preparando la solución de coagulante – floculante..... 184

Figura 111: Tesistas realizando las pruebas de coagulación – floculación para la eliminación de detergentes, a nivel de laboratorio (sistema batch). ..... 185

Figura 112: Tesistas realizando las pruebas de enfriamiento natural y forzada para bajar la temperatura del agua, a nivel de laboratorio (sistema batch)..... 185

Figura 113: Tesistas realizando la instalación del sistema piloto en el efluente de las piscinas municipales de Baños del Inca. ..... 186

Figura 114: Tesistas realizando la prueba hidráulica del sistema piloto en el efluente de las piscinas municipales de Baños del Inca. ..... 186

Figura 115: Tesistas colocando el material de filtración del sistema piloto ..... 187

Figura 116: Sistema piloto funcionando ..... 187

Figura 117: Tesistas haciendo funcionar el sistema piloto ..... 188

Figura 118: Tesistas realizando el monitoreo en campo del sistema piloto ..... 189

Figura 119: Tesistas tomando muestras en campo del agua tratada del sistema piloto. 190

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características físicas, químicas y biológicas y sus procedencias. ..... 9

Tabla 2: Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales. ..... 12

Tabla 3: Operaciones y procesos unitarios utilizados en el tratamiento preliminar de aguas residuales. ..... 13

Tabla 4: Pre- tratamiento de aguas residuales. ..... 15

Tabla 5: Tratamientos primarios de aguas residuales. ..... 16

Tabla 6: Tratamientos secundarios de aguas residuales. ..... 18

Tabla 7: Tratamientos terciarios de aguas residuales. ..... 20

Tabla 8: Factores importantes que se deben tener en cuenta en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios. ..... 30

Tabla 9: Operacionalización de variables. ..... 37

Tabla 10: Temperatura multianual (2014 – 2017). ..... 40

Tabla 11:Precipitaciones acumuladas multianual (2014 - 2017). ..... 41

Tabla 12: Técnica e instrumentos de recolección de datos ..... 44

Tabla 13: Evaluación de calidad de agua con los LMP domésticas o municipales. ..... 48

Tabla 14: Evaluación de calidad de agua con el ECA categoría 3 ..... 54

Tabla 15: Evaluación de calidad del agua con respecto a los metales totales y disueltos 57

Tabla 16: Diseño de experimento de agitación ..... 60

Tabla 17: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 80 RPM ..... 60

Tabla 18: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 160 RPM ..... 63

Tabla 19: Comparación de resultados de temperatura a 30 minutos de agitación..... 66

Tabla 20: Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 160 RPM ..... 67

Tabla 21: Diseño de experimento de convección natural (pozas de enfriamiento) ..... 70

Tabla 22: Resultados de pruebas de enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) -vaso de precipitación ..... 71

Tabla 23: Resultados de pruebas de enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) - balde de plástico..... 74

Tabla 24: Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs agitación – vaso de precipitación..... 78

Tabla 25: Análisis de varianza para temperatura vs agitación – vaso de precipitación.... 79

Tabla 26: Medias para temperatura vs agitación – vaso de precipitación ..... 79

Tabla 27: Comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación – vaso de precipitación..... 79

Tabla 28: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para temperatura vs agitación – vaso de precipitación ..... 80

Tabla 29: Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 83

Tabla 30: Análisis de varianza para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 83

Tabla 31: Medias para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 83

Tabla 32: Pruebas simultáneas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación..... 84

Tabla 33: Medias para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación.. 86

Tabla 34: Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs agitación - balde de plástico ..... 88

Tabla 35: Análisis de varianza para temperatura vs agitación - balde de plástico ..... 88

Tabla 36: Medias para temperatura vs agitación - balde de plástico ..... 88

Tabla 37: Comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación - balde de plástico ..... 89

Tabla 38: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las para temperatura vs agitación - balde de plástico..... 89

Tabla 39: Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico..... 93

Tabla 40: Análisis de varianza para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico ..... 93

Tabla 41: Medias para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico..... 93

Tabla 42: Pruebas simultáneas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico ..... 94

Tabla 43: Medias para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico..... 96

Tabla 44: Evaluación de los resultados más relevantes de ambos procesos de enfriamiento ..... 99

Tabla 45: Diseño de experimento de coagulación - floculación..... 102

Tabla 46: Resultados de las pruebas de coagulación - floculación (a 20°C de temperatura) ..... 103

Tabla 47: Resultados de las pruebas de coagulación - floculación (a 35°C de temperatura) ..... 106

Tabla 48: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml) ..... 109

Tabla 49: Análisis de varianza para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml) ..... 109

Tabla 50: Medias para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)..... 110

Tabla 51: Comparaciones en parejas de Tukey para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)..... 110

Tabla 52: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)..... 111

Tabla 53: Hipótesis estadística de ANOVA para turbidez vs temperatura de la muestra..113

Tabla 54: Análisis de varianza para turbidez vs temperatura de la muestra ..... 114

Tabla 55: Medias para turbidez vs temperatura de la muestra……..114

Tabla 56: Comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs temperatura de la muestra ..... 144

Tabla 57: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para turbidez vs temperatura de la muestra ..... 115

Tabla 58: Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez vs Tiempo de sedimentación ..... 117

Tabla 59: Medias para Turbidez vs Tiempo de sedimentación ..... 118

Tabla 60: Comparación de estándares de calidad ambiental – Categoría 3 – Detergentes SAAM. ..... 122

Tabla 61: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ – día 1 ..... 125

Tabla 62: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 1 ..... .126

Tabla 63: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 2..... 130

Tabla 64: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ ..... 130

Tabla 65: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 3..... 134

Tabla 66: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema en In situ día 3 ..... 134

Tabla 67: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 4..... 138

Tabla 68: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 4 ..... 138

Tabla 69: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 5..... 143

Tabla 70: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 5 143

Tabla 71: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 6..... 147

Tabla 72: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 6 ..... .147

Tabla 73: Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 7..... 152

Tabla 74: Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 7. ..... 152

Tabla 75: Comparación de resultados del agua tratada por el sistema piloto con los LMP – parámetros analizados en laboratorio..... 156

Tabla 76: Criterios de diseño de rejas..... 158

Tabla 77: Criterios de diseño de rejas para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca..... 159

Tabla 78: Criterios de diseño de las pozas de enfriamiento..... 160

Tabla 79: Criterios de diseño del tanque de coagulación – floculación ..... 161

Tabla 80: Criterios de diseño del filtro lento de arena para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca – Filtro N°1 ..... 165

Tabla 81: Criterios de diseño del filtro lento de arena para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca – Filtro N°2 ..... 166

Tabla 82: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR ..... 181

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1. Planteamiento del problema

### 1.1.Descripción de la realidad problemática

Tanto en el mundo como en América Latina hay una gran crisis sobre el tema del agua, ya que cada día se está agotando este recurso, por diversos factores ya sea sociales o ambientales.

"En la población de América Latina, la provisión de agua es insuficiente, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reúso del agua debido a su contaminación" (Larios, Gonzáles, y Morales, 2015, p.3).

"El Perú genera aproximadamente 2 217 946 $m^3$por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento. El 32% de estas recibe tratamiento" (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA, 2012, p.22).

"Cajamarca descarga un caudal de 192 L/s, vertido directamente hacia el alcantarillado, además con el incremento de la población esto irá en aumento" (Loose 2015, p. 39).

En el distrito de Baños del Inca existe un gran problema con la cantidad y calidad de agua, el cual se viene agudizando con el pasar de los años.

Sus aguas residuales son vertidas directamente hacía el caudal del rio Chonta, estas aguas no reciben ningún tipo de tratamiento, por el cual se viene perjudicando a la salud de las personas, la agricultura, la ganadería y la vida acuática, entre otros.

## 1.2. Definición del problema

¿Cuál es el sistema de tratamiento óptimo para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del distrito de los Baños del Inca?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. General

- Proponer un sistema de tratamiento óptimo para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del distrito de los Baños del Inca – 2018.

### 1.3.2. Específicos

- Evaluar las características de calidad del agua residual de las piscinas municipales.
- Determinar las alternativas de operaciones unitarias óptimas para el proceso de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar pruebas de tratamiento para cada una de las operaciones unitarias a nivel de laboratorio (sistema Bach).
- Diseñar el sistema de tratamiento a nivel piloto acorde a los procesos unitarios más relevantes, identificados en el laboratorio.

- Dimensionar a escala real el sistema de tratamiento para las aguas residuales de las piscinas municipales del distrito de los Baños de Inca.

## 1.4. Justificación e importancia

La depuración del agua residual es un problema mundial, mucho más en los países en vía de desarrollo, tal es el caso de Perú el cual viene afrontando un gran problema con la calidad y cantidad de agua.

Cajamarca tiene un gran problema con respecto al tema agua, debido a la inadecuada gestión de dicho recurso.

En el distrito de Baños del Inca el problema del agua no es ajeno, porque es zona turística y por ende, acoge a muchos visitantes durante todo el año, que vienen hacer uso de sus aguas termales, a través de piscinas, saunas, hidromasajes, duchos, pozos, entre otros; una vez utilizadas son vertidas directamente hacía el cauce del rio Chonta, sin ningún tipo de tratamiento; es por lo que hemos creído conveniente estudiar qué tipo de tratamiento sería el más efectivo según las características que presenta el efluente de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2. Fundamentos Teóricos de la investigación

### 2.1. Antecedentes teóricos

A medida que la sociedad ha ido evolucionando han ido apareciendo usos sociales del agua, que están relacionados con el disfrute lúdico de este recurso y en ellos se incluyen la navegación, la pesca u otras actividades de ocio (parques acuáticos, aguas para baños, etc.). No cabe duda de que el agua es un recurso cada vez más demandado por la ciudadanía, y es sobre todo durante el periodo estival cuando se incrementa su demanda siendo necesario adoptar medidas que permitan dar satisfacción a estos requerimientos, para ello se ponen a disposición de los bañistas una cantidad considerable de instalaciones preparadas, en algunos casos, con fines lúdicos y turísticos, y en otros, para uso deportivo. (Corral y Vergara, 2010, p.2)

Conforme la tesis presentada por Condori y Guillen (2018) concluye que la piscina del Barrio de San Cristóbal se encuentra contaminado con CT y CF, superando valores normales según la Norma N°569080 “parámetros de aguas superficiales destinadas para recreación” siendo estos agentes causales de infecciones de tipo respiratorio, gastrointestinal y urinario en humanos. (p.70)

Según la tesis presentada por López, (2011) Las bacterias metano génicas demostraron ser altamente sensibles a concentraciones elevadas de sustrato

alimentadas al reactor UASB. Es así que concentraciones de ácidos grasos volátiles mayores 3g $DQOL^{-1}$ ocasionaron la inhibición de la actividad microbiana de los microorganismos presentes en los sedimentos de la laguna artificial de la USFQ. Sin embargo, las bacterias anaeróbicas fueron capaces de recuperar su actividad microbiana al reducir la alimentación de la carga orgánica incluso después de haber sido sometidas a unas concentraciones elevadas de sustrato. La eficiencia de degradación de la materia orgánica en el reactor UASB se estableció en base a un monitoreo periódico de la variación de la carga orgánica, la generación de metano y el crecimiento microbiano. Finalmente, la información generada en esta investigación es muy valiosa ya que en base a estos resultados se puede implementar un sistema de tratamiento anaeróbico de aguas residuales a escala piloto con bajos costos de mantenimiento y operación. (p.119)

Conforme la tesis presentada por Beltrán y Campos, (2016) en la cual hicieron una evaluación de la influencia de los microorganismos eficaces sobre la calidad del agua para la planta de tratamiento de jauja se llegó a concluir que los parámetros de agua residual que tuvieron mayor eficiencia de remoción (%) de carga contaminante debido a los microorganismos eficaces fueron aceites y grasas 97.60% y coliformes termotolerantes 99.55%. (p.180)

Según en la tesis presentada por Paico (2017), concluye la utilización del Sistema Tohá para el tratamiento de aguas servidas domesticas de UCV resultó ser efectivo en un 25.10% en la remoción de $DBO_5$; 22.68% en la

remoción de DQO; 44.74% en remoción de Solidos Suspendidos Totales (SST); reducción de 0.9 unidades de pH (acidez); y 4.6 unidades de grados de Temperatura. (p.56)

Soriano (2014) en su tesis de pre grado nos concluye que debido a la complejidad en la búsqueda del filtro o filtros más eficientes es que consideramos que es verdadera la hipótesis ya que todos los filtros han permitido la eliminación de microorganismos, reducido significativamente la turbidez y por la propiedad de adsorción que tienen los caolines y algunas arcillas, sí han retenido en gran escala metales, principalmente el Arsénico As, un elemento altamente tóxico y que los humanos lo pueden encontrar en el agua. Sin embargo, se ha considerado el más eficiente del grupo al filtro elaborado con caolín de Namora, ha cumplido en mayor número de parámetros por lo tanto es la mejor propuesta para obtener agua que cumpla con los parámetros que exige la Normativa Peruana para agua potable. (p.98)

## 2.2. Marco histórico

El agua es el elemento líquido vital que sirve para que la vida subsista en el planeta tierra, sin embargo, en estos últimos años se viene presentado un gran desequilibrio con respecto a su suministro, demanda, calidad y cantidad, debido a diferentes factores ambientales y sociales. (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura, 2013, p.12)

El uso de agua sin restricciones ha crecido a nivel global a un ritmo de más del doble del aumento de la población en el siglo XX, hasta tal punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua fiable. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito, sobre todo en regiones áridas y semiáridas. (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura, 2013, p.12)

La problemática del tratamiento de aguas residuales es un tema que es extendido en América Latina, cuyos efectos comprenden a la contaminación del agua y la salud pública, dado que más del 80% de la población se encuentra en zonas urbanas y el 70% de las aguas residuales no tiene tratamiento alguno. (Larios, Gonzáles, y Morales, 2008, p.14)

En el caso del Perú más de la tercera parte de la población no cuenta con la cobertura de saneamiento, con lo cual se pone en riesgo a la tercera parte de la población por falta de políticas y gestión del Tratamiento de Agua Potable y de Aguas Residuales. (Larios et al., 2008, p.14)

El rezago en infraestructura de tratamiento de aguas residuales municipales en la mayoría de los países de la región Latinoamericana y caribeña es un asunto que no ha recibido la atención debida por parte de las autoridades competentes. Si bien en años recientes la inversión en este rubro se ha incrementado, el atraso acumulado en varias décadas se mantiene. (Noyola, Morgan, y Guereca, 2013, p. 13)

En la formulación, planeación, selección y diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe considerar la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, las características del agua residual a tratar con relación a las variaciones de caudal, tipo y concentración de contaminantes, los criterios establecidos para la descarga del efluente tratado a un cuerpo receptor o bien para su eventual uso. Así mismo, un componente esencial a considerar debe ser el impacto social y económico que produce la instalación de una planta de tratamiento en una población. (Noyola, et al., 2013, p.17)

## 2.3. Marco teórico

### 2.3.1. Características de agua residuales

El propósito principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga o por el tipo de reutilización a la que se destinará. (Noyola, et al., p. 19)

El tratamiento de las aguas residuales urbanas supone la aplicación de unos procesos físicos, biológicos y químicos, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los medios receptores. (García, et al., 2006, p.42)

Durante el proceso de depuración de las aguas residuales generadas existen dos factores a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el

tratamiento. Estos son, los componentes de dichas aguas y el orden de eliminación de los mismos durante el proceso. (García, et al., 2006, p.42)

***Figura 1:*** Componentes de las aguas residuales urbanas
**Fuente:** García, et al., 2006

García (2006) mencione que "el orden de eliminación de los componentes presentes durante el proceso de depuración es: objetos gruesos, arenas, grasas, materia orgánica sedimentable, materias orgánicas disueltas o coloidales, nutrientes y patógenas" p.42).

**Tabla 1:** *Características físicas, químicas y biológicas y sus procedencias*

| Características | Procedencia |
|---|---|
| Propiedades físicas: | Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica |
| Color | |
| Olor | Agua residual en descomposición, residuos industriales |
| Sólidos | Agua de suministro, aguas residuales domesticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas |
| Temperatura | Aguas residuales domésticas e industriales |
| Constituyentes químicos: | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |

| | |
|---|---|
| Orgánicos: | |
| Carbohidratos | |
| Grasas animales, aceites y grasa | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Pesticidas | Residuos agrícolas |
| Fenoles | Vertidos industriales |
| Proteínas | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Contaminantes prioritarios | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Agentes tensoactivos | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Compuestos orgánicos volátiles | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Otros | Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea |
| Inorgánicos: | |
| Alcalinidad | |
| Cloruros | Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea<br>Vertidos industriales |
| Metales pesados | |
| Nitrógeno | Residuos agrícolas y aguas residuales domesticas |
| pH | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Fósforo | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía |
| Contaminantes prioritarios | Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales |
| Azufre | Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales |
| Gases: | |
| Sulfuro de hidrógeno | Descomposición de residuos domésticos |
| Metano | Descomposición de residuos domésticos |
| Oxígeno | Agua de suministro; infiltración de agua superficial |

| | |
|---|---|
| Constituyentes biológicos: | Cursos de agua y plantas de tratamiento |
| Animales | |
| Plantas | Cursos de agua y plantas de tratamiento |
| Protistas: | |
| Eubacterias | Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento |
| Arqueobacterias | Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento. |
| Virus | Aguas residuales domésticas. |

**Fuente:** Metcalf y Inc., (1995)

#### 2.3.1.1. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales.

Metcalf y Inc (1995) afirmo que "en el tratamiento de aguas residuales existen contaminantes de suma importancia a la hora del tratamiento ya que cada contaminante tiene características diferentes" (p.172).

Por eso ellos en la siguiente tabla describen cada uno de los contaminantes como sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos, entre otros, el cual también describe la razón de su importancia a la hora del tratamiento.

**Tabla 2:** *Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales*

| Contaminantes | Razón de la importancia |
|---|---|
| Sólidos en suspensión | Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. |
| Materia orgánica biodegradable | Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas. |
| Patógenos | Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual. |
| Nutrientes | Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea. |
| Contaminantes prioritarios | Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad. Agua conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual. |
| Materia orgánica refractaria | Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convecciónes de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas. |
| Metales pesados | Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se presente reutilizar el agua residual. |

| | |
|---|---|
| Solidos inorgánicos disueltos | Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual. |

**Fuente:** Metcalf y Inc., (1995)

### 2.3.2. Procesos de tratamiento de agua residual

#### 2.3.2.1. Tratamiento pre - tratamiento

El tratamiento preliminar de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares (Ayala y Gonzales, 2008, p. 24).

**Tabla 3:** *Operaciones y procesos unitarios utilizados en el tratamiento preliminar de aguas residuales*

| Operación o proceso | Función |
|---|---|
| Rejas y tamices | Eliminación por interceptación de sólidos de gran tamaño |
| Dilaceradores y trituradores | Trituración de sólidos del agua residual |
| Desarenadores | Eliminación de arenas |
| Separadores y colectores de grasa | Eliminación de sólidos flotantes más ligeros, tales como grasas, jabón, corcho, madera, residuos vegetales, etc. |
| Pre-aireación | Mejora de la distribución hidráulica, aportación de oxígeno disuelto. |

| | |
|---|---|
| Floculación | Mejora de la sedimentación de los sólidos suspendidos. |
| Sedimentación | Eliminación de los sólidos sedimentables y material flotante. |
| Flotación | Eliminación de las grasas y sólidos suspendidos finamente divididos. |
| Precipitación química | Eliminación de fósforo y solidos coloidales y sedimentables. Primera fase del tratamiento químico completo del agua residual. |
| Bombeo de fango | Eliminación del fango del fondo de los tanques de sedimentación. Bombeo del fango entre diversos procesos y operaciones. |
| Cloración | Control de olor, oxidación, desinfección, etc. |

**Fuente:** Metcalf y Inc., (1995)

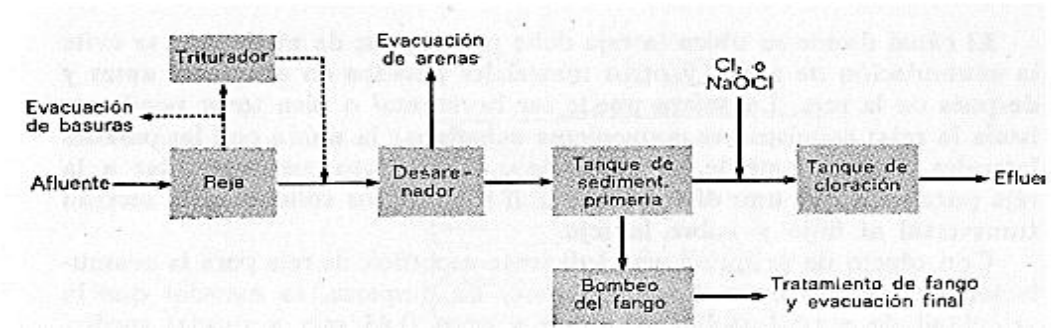



***Figura 2:*** Diagrama Típico de una planta de tratamiento preliminar
**Fuente:** Metcalf y Inc., 1995

**Tabla 4:** *Pre- tratamiento de aguas residuales*

| Pre – Tratamiento | |
|---|---|
| **Desbaste** | Operación empleada para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos. El equipo que se suele utilizar son rejas por las que se hace circular el agua, la distancia o las aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, puede llegarse a eliminar entre un 5 y un 25% de sólidos en suspensión. |
| **Tamizado** | Tiene por objeto la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso. Existen de tres tipos: Tamices estáticos, tamices rotativos, tamices deslizantes. |
| **Desarenado** | El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas superiores a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones. |
| **Desengrasado y desaceitado** | a) El desengrasado tiene como objetivo eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.<br><br>b) El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido mientras que el desengrase es una separación sólido líquido. En ambos casos se elimina mediante insuflación de aire, para des-emulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad. |

**Fuente:** Rossi., 2010

#### 2.3.2.2. Tratamiento primario

Con este nombre se designa a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos y puede ser por: sedimentación o flotación. De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las

aguas residuales de pequeñas localidades es la sedimentación. (Fanola y Gonzales, 2008, p.24)

El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la $DBO_5$ de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%". (García, et al., 2006, p.44)

**Tabla 5:** *Tratamientos primarios de aguas residuales*

| **Tratamiento primario** | |
|---|---|
| **Sedimentación y/o decantación** | Operación física que aprovecha la fuerza de gravedad, haciendo que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta separación de sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos de líquido y el de las partículas, la cual sirve para separar el agua residual de los sólidos en suspensión presentes en ella. A esta operación de sedimentación se le suele llamar decantación. |
| | Esta operación será más eficaz cuando mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación. |
| **Coagulación** | La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de u reactivo químico llamado coagulante. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide, entre los coagulantes más conocidos tenemos: Sales de aluminio, sales de hierro, polímeros, etc. |

| | |
|---|---|
| **Floculación** | El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia.<br><br>La floculación es un proceso de separación de líquido- sólido utilizado para la remoción de partículas sólidas suspendidas en las aguas residuales. Se usa principalmente para la separación de grasas y aceites, material fibroso y otros sólidos de baja densidad, los floculantes más usados son: |
| Los factores que pueden promover la coagulación-floculación, son el gradiente de la velocidad, el tiempo y el pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan. Por otra parte, el pH es un factor prominente en el retiro de coloides. | |

**Fuente:** Rosi., 2010

#### 2.3.2.3. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de las aguas residuales esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario convección como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación. (Metcalf y Inc, 1995, p.142)

**Tabla 6:** *Tratamientos secundarios de aguas residuales*

| **Tratamiento secundario de aguas residuales** | |
|---|---|
| **Lagunas aireadas** | Son embalses de agua servida que ocupan una gran superficie de terreno. El agua servida así dispuesta oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana, este proceso crea una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo de residencia normal de este proceso es de 365 días, tiempo en que las bacterias poseen un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y suponiendo una aireación suficiente, la separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación que demora de 6 a 12 horas. |
| | La calidad del efluente de este proceso es inferior al de lodos activados, cuya diferencia fundamental es que en el primero no hay recirculación de lodos. |
| **Lodos activados** | Tratamiento biológico que consiste básicamente en la agitación y aireación de una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos seleccionados. El uso de microorganismos es para la oxidación de la materia orgánica presente en el agua de desecho y transformarla a una forma más estable, disminuyendo de esta forma la carga orgánica contaminante. Los microorganismos requieren de un medio adecuado que les proporcione oxígeno y alimento, necesarios para su desarrollo, bajo estas condiciones dichos microorganismos se multiplican formando "Biomasa", que oxida los diferentes tipos de materia orgánica presente en las aguas residuales y completan de esta forma el tratamiento biológico. |
| **Humedales** | Son sistemas de Fito-depuración de aguas residuales, el sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de micrófitos enraizados (totora) sobre un lecho de grava impermeable, la acción de los micrófitos hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluente es depurada progresiva y lentamente. |
| | Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización (Stearman, 2003). |
| | El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad |

| | |
|---|---|
| **Proceso anaeróbico** | Consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos, pero es desarrollado principalmente por bacterias, como algunos ejemplos tenemos: tanques sépticos, reactores anaeróbicos que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno y movimiento. Produce una menor cantidad de lodos. |

**Fuente:** Rossi., 2010

#### 2.3.2.4. Tratamiento terciario o avanzado

Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable. Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico. En tal caso, el arreglo de tratamiento terciario debe ser el necesario para alcanzar esa calidad específica, lo cual implica una gran diversidad de posibles combinaciones de operaciones y procesos unitarios. (Noyola, Morgan, y Guereca, 2013, p.25)

**Tabla 7:** *Tratamientos terciarios de aguas residuales*

| **Tratamiento terciario de aguas residuales** | |
|---|---|
| **Carbón activado** | Para la remoción por adsorción de compuestos orgánicos. Su gran capacidad adsorbente de compuestos tóxicos lo hace indispensable en el tratamiento y acondicionamiento del agua potable. |
| **Osmosis inversa** | Es un proceso de filtración que implica mecanismos complejos, a través de los cuales es posible obtener agua de la máxima pureza, ya que por este proceso es posible remover partículas, sólidos totales disueltos, moléculas e iones que puedan contaminar el agua, remueve también contaminantes orgánicos, algunos detergentes, etc.<br>Los sistemas de ósmosis inversa no remueven todos los contaminantes del agua, como el sulfuro de hidrógeno. |
| **Microfiltración ultrafiltración y nano filtración** | Utilizados para la remoción de sólidos residuales de tamaño muy fino, o en el rango de partículas coloidales, que al causar turbidez disminuyan la calidad del agua. También, en la nanofiltración es posible eliminar en el agua tratada de iones y moléculas de gran tamaño. |
| **Ozonización** | Oxidante poderoso que causa la oxidación de ciertos compuestos que precipitan como hidróxidos. También es posible, con el uso del ozono, el rompimiento de moléculas objetables y su conversión a otras especies químicas menos indeseables, capaz de clarificar, desodorizar y manejar la calidad del agua de forma importante. Su uso es fundamental para el logro de una garantía sanitaria y, desde el punto de vista práctico, para dejar el agua lista para su nuevo uso. |
| **Electrocoagulación** | El proceso de electrocoagulación es definido como la desestabilización de especies químicas suspendidas o disueltas presentes en una solución, producto de la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a través de un sistema cátodo-ánodo inmerso en la solución de agua a tratar (Aluminio-Hierro). |

**Fuente:** Rossi., (2010)

#### 2.3.2.5. Clasificación de los métodos de tratamiento de las aguas residuales

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos. Los métodos individuales suelen clasificarse en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios, y procesos biológicos unitarios. A pesar de que estas operaciones y procesos se utilizan conjuntamente en los sistemas de tratamiento, se ha considerado ventajoso estudiar las bases científicas de cada uno de ellos por separado, ya que los principios básicos son comunes. (Metcalf y Inc., 1995., p.162)

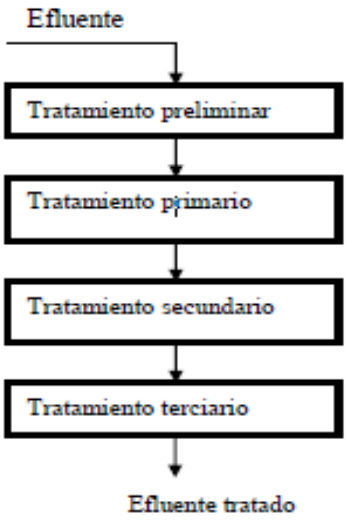



***Figura 3:*** Etapas de tratamiento de aguas residuales
**Fuente:** Rossi., 2010

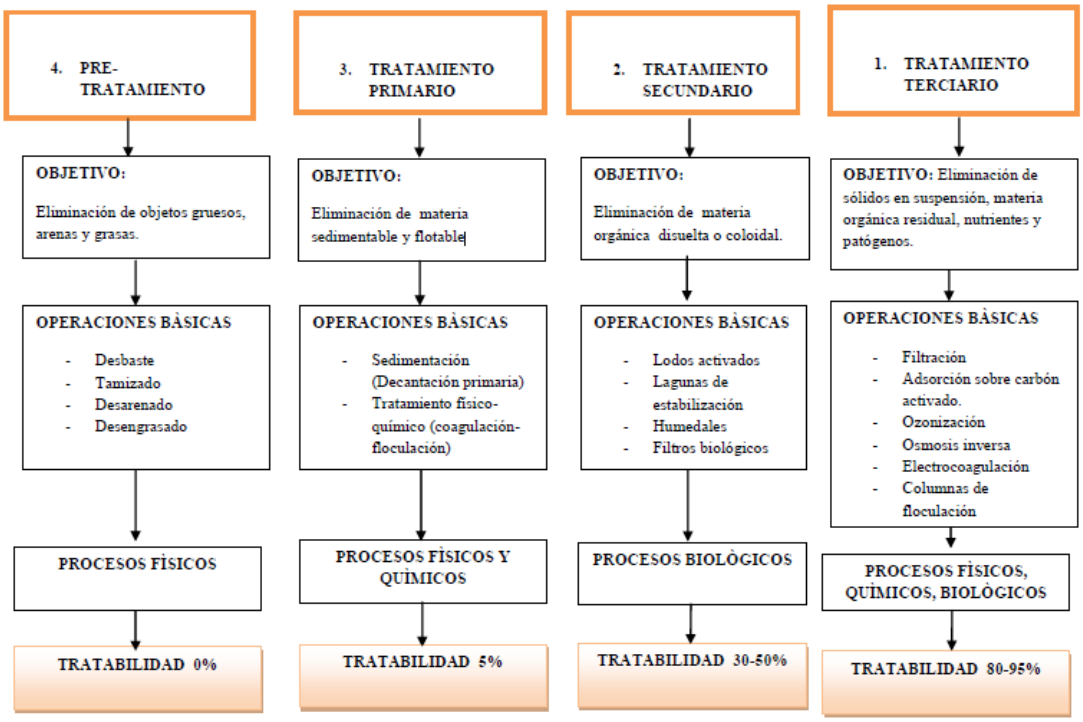



***Figura 4:*** Clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales
**Fuente:** Rossi., 2010

### a. Operaciones físicas unitarias

Los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. Puesto que la mayoría de estos métodos han evolucionado directamente a partir de las primeras observaciones de la naturaleza por parte del hombre, fueron los primeros en ser aplicados al tratamiento de las aguas residuales. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas. (Metcalf y Inc, 1995, p.142)

**b. Procesos químicos unitarios**

Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más común en el tratamiento de las aguas residuales. En la precipitación química, el tratamiento se lleva a cabo produciendo un precipitado que se recoge por sedimentación. En la mayoría de las casas, el precipitado sedimentado no solo contendrá los constituyentes que puedan haber reaccionado con los productos químicos añadidos, sino que también estará compuesto por algunas sustancias arrastradas al fondo durante la sedimentación del precipitado. La adsorción es un proceso mediante el cual se eliminan compuestos específicos de las aguas residuales sobre superficies sólidas basándose en las fuerzas de atracción entre cuerpos. (Metcalf y Inc, 1995, p.142)

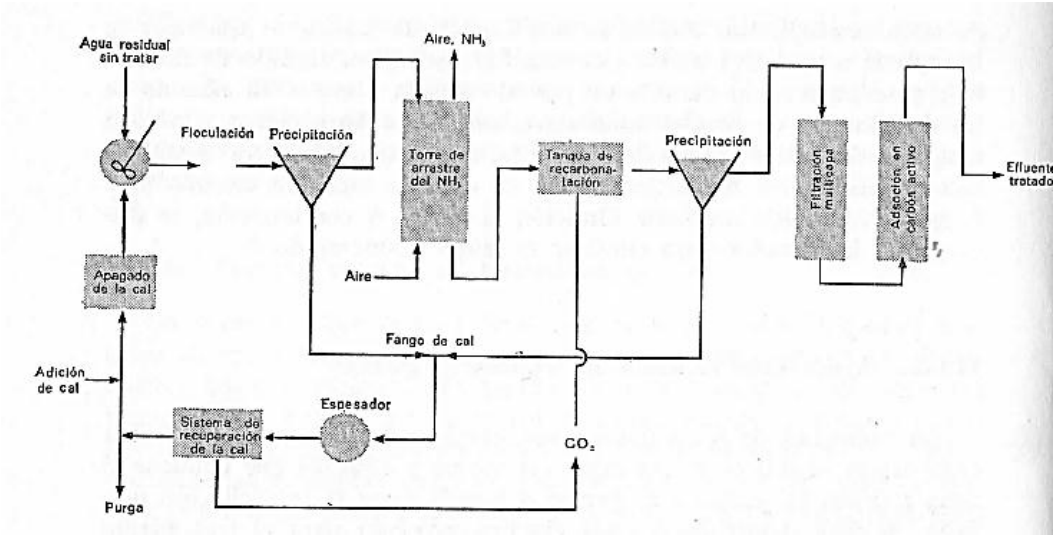



***Figura 5:*** Diagrama de flujo de tratamiento físico – químico completo de un agua residual cruda, incluyendo la eliminación del nitrógeno y fosforo.
**Fuente:** Metcalf y Inc., 1995

### c. Proceso biológico unitario

Los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. Básicamente, estas sustancias se convierten en gases, que se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. Los tratamientos biológicos también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual. Mediante un adecuado control del medio, el agua residual se puede tratar biológicamente en la mayoría de los casos. Por consiguiente, es responsabilidad del ingeniero asegurar la

adecuación y el control efectivo del medio. (Metcalf y Inc, 1995, p.143)

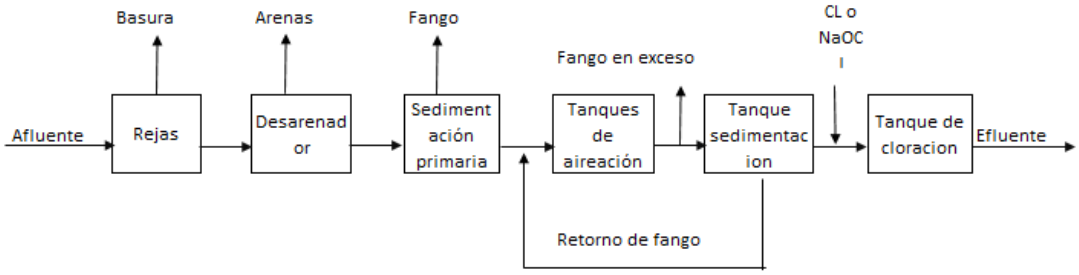



***Figura 6:*** Diagrama de flujo de una planta típica de tratamiento de fangos activados
**Fuente:** Metcalf y Inc, 1995

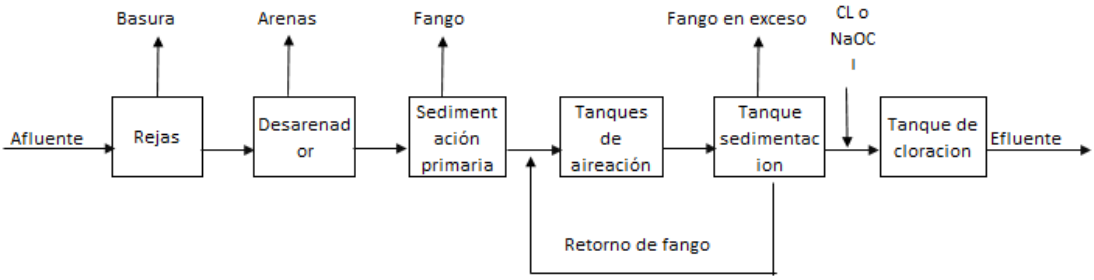



***Figura 7:*** Diagrama de flujo de una planta típica de filtros percoladores
**Fuente:** Metcalf y Inc, 1995

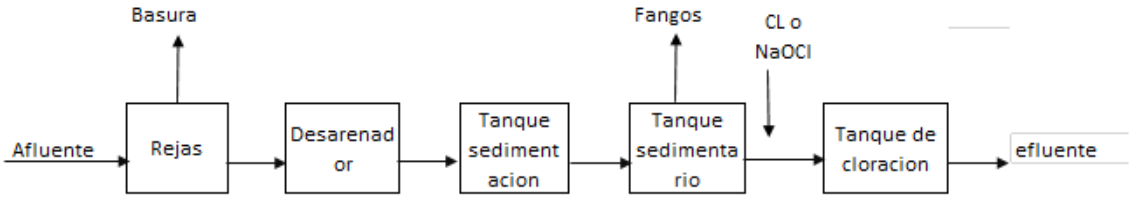



***Figura 8:*** Diagrama de flujo de una planta de tratamiento biológico con: a) Estanques airados, y b) Estanques de estabilización
**Fuente:** Metcalf y Inc, 1995

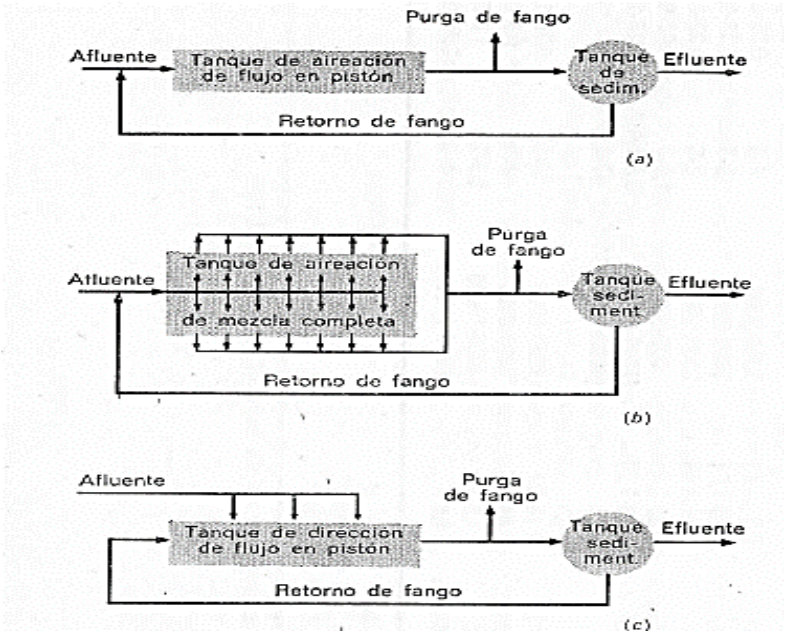



***Figura 9:*** Diagrama de flujo y grafica de demanda y aportación de oxígeno con la relación
**Fuente:** Metcalf y Inc, 1995

### 2.3.2.6. Análisis del posible tratamiento

Una vez que el técnico conozca la naturaleza del problema, las características del agua residual y que haya modificado las operaciones y procesos unitarios, cuando ello sea posible, estará en disposición del seleccionar los métodos que se ajusten más a su proyecto concreto. (Metcalf y Inc, 1995, p.755)

#### a. Exploración preliminar

La finalidad de esta preselección no es otra que la de explorar los posibles procesos de tratamiento aplicables al problema de estudio y elegir los de mayores posibilidades para someterlos a una investigación más profunda. En la mayoría de los casos, los datos

sobre caracterización de residuos deberán indicar el método general del tratamiento que se ajuste mejor al problema en cuestión. (Metcalf y Inc, 1997, p. 755)

En la exploración a la que nos referimos supone una evaluación previa de las posibilidades económicas y operacionales de los demás procesos. Por dicho motivo, el técnico tendrá que consultar a la bibliografía existente sobre este tema a fin de recoger información sobre las distintas formas con que se manipulan los residuos asó como de los nuevos procesos que aún se encuentran en periodo de experimentación. Es muy importante que la investigación se emprenda no se limite a los tipos de proceso considerados, debido a ideas preconcebidas o preferencias personales del ingeniero investigador. Las razones para dejar de investigar un proceso se anotarán y, por supuesto, deberán basarse en argumentos de peso. (Metcalf y Inc, 1997, p.757)

**b. Exploración profunda**

Como consecuencia de esta primera selección quedarán algunos tratamientos, con los cuales deberá realizarse una exploración más profunda para valorar su efectividad para producir un efluente de la calidad deseada. Tal investigación puede entrañar la visita a instalaciones de tratamiento de aguas residuales como procesos unitarios similares para recoger información detallada sobre costes

de construcción y de mantenimiento y rendimientos unitarios. Del mismo modo, se establecerá contacto con fabricantes de equipos y aparatos para conocer con exactitud las capacidades del material disponible. Para distinguir entre los que dice la propaganda de los distintos fabricantes y la realidad, se aconseja que todos los datos recogidos estén debidamente documentados. (Metcalf y Inc, 1995, p.758)

Sin duda alguna, el trabajo más importante a efectuar en esta fase es la realización de estudios en instalaciones experimentales como objeto de valorar la aplicabilidad de los otros procesos utilizando el agua residual de que se trate dado el desembolso de capital que se supone la construcción de instalaciones de tratamiento y puesto que la fiabilidad del proceso es importante, se considera que los estudios de laboratorio son una inversión aconsejable, lo que es particularmente conveniente en el tratamiento de nuevos residuos de los que se conocen pocos datos o ninguno. (Metcalf y Inc., 1995, p.758)

#### 2.3.2.7. Elección de los procesos del tratamiento

El análisis y elección de los procesos de tratamiento que permitan cumplir con los rendimientos de eliminación establecidos en los permisos de vertido es uno de los aspectos más interesantes y sugestivos del proyecto de una planta de

tratamiento. La metodología del análisis de procesos que conducirá a la elección de los procesos de tratamiento para una planta determinada consta de diferentes pasos y evaluaciones que variaran en función de la complejidad del proyecto y de la experiencia del ingeniero proyectista. El análisis de procesos deberá tener en cuenta: (1) factores importantes en la elección de los procesos; (2) análisis cinético; (3) relaciones empíricas; (4) efecto de la variación de los caudales y de las cargas de contaminantes sobre los procesos, (5) fiabilidad del proceso en el cumplimiento de las normativas vigentes. (Metcalf y Inc, 1995, p.191)

#### 2.3.2.8. Factores importantes en la elección de los procesos de tratamiento

Las diferentes combinaciones de procesos y operaciones unitarias de una planta de tratamiento funcionan como un sistema, por lo que el ingeniero debe abordar el proyecto de la planta desde una perspectiva global, en términos de sistemas. La mayor parte de la selección de procesos se centra en la evaluación y valoración de diferentes combinaciones de procesos y operaciones unitarias y sus interacciones. (Metcalf y Inc, 1995, p.192)

**Tabla 8:** *Factores importantes que se deben tener en cuenta en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios*

| Factor | Comentario |
|---|---|
| Potencial de aplicación del proceso | El potencial de aplicación de un proceso se evalúa en base a la experiencia anterior, datos de plantas a escala industrial, y datos obtenidos en estudio en planta piloto. Si se presentan condiciones nuevas o no usuales, los estudios en planta piloto son fundamentales. |
| Intervalo de caudal aplicable | El proceso se debe corresponder con el intervalo de caudales esperado. Por ejemplo, los estanques de estabilización no son adecuados para caudales muy elevados. |
| Variación de caudal aplicable | La mayoría de las operaciones y procesos unitarios trabajan mejor a caudal constante, a pesar de que pueden tolerar algunas variaciones. Si la variación de caudal es demasiado grande, puede ser necesaria su regulación. |
| Características del agua a tratar | Las características del agua a tratar afectan a los tipos de procesos a utilizar (químicos o biológicos) y las exigencias para su adecuada explotación |
| Constituyentes inhibidores y no afectados | ¿Qué constituyentes potencialmente inhibidores están presentes? ¿Bajo qué condiciones se manifiestan? ¿Qué constituyentes no se ven afectados por el tratamiento? |
| Limitaciones climáticas | La temperatura afecta a la velocidad de reacción en la mayoría de los procesos químicos y biológicos, y también puede afectar al funcionamiento de las operaciones físicas. Las temperaturas cálidas pueden acelerar la aparición de olores y limitar la dispersión en la atmósfera. |
| Cinética de reacción y selección del reactor | El dimensionamiento de los reactores se basa en la cinética de reacción que gobierna el proceso. Los datos de las expresiones cinéticas suelen deducirse a partir de la experiencia, de la literatura y de los resultados de estudios en planta piloto. |

| | |
|---|---|
| Eficacia | La eficacia se suele medir en función de la calidad del efluente, que debe estar de acuerdo con las exigencias formuladas respecto al vertido de efluentes. |
| Residuos del tratamiento | Es necesario conocer o estimar los tipos y cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos producidos. A menudo se llevan a cabo estudios en planta piloto para la adecuada identificación de los residuos generados. |
| Tratamiento del fango | ¿Existe alguna limitación que convierta el tratamiento de fangos en un proceso excesivamente caro o inviable? ¿Cómo afecta al rendimiento de las unidades de proceso del líquido las cargas del caudal de recirculación del tratamiento de fangos? La elección del sistema de tratamiento de los fangos debe estar estrechamente relacionada con la elección del sistema de tratamiento de la fracción líquida. |
| Limitaciones ambientales | Factores ambientales tales como la presencia de vientos, direcciones preferentes del viento, o la proximidad a núcleos de población, pueden implicar restricciones sobre la aplicabilidad de determinados procesos de tratamiento, especialmente en el caso de procesos que puedan generar olores. Tanto el tráfico como los ruidos pueden afectar a la ubicación de las instalaciones. Las aguas receptoras cuentan con limitaciones específicas que pueden precisar la eliminación de constituyentes específicos como los nutrientes. |
| Necesidades químicas | ¿Qué recursos y en qué cantidades van a ser necesarios a largo plazo para el desarrollo satisfactorio de las operaciones o procesos unitarios? ¿Qué influencia tiene la adición de productos químicos sobre las características de los residuos del tratamiento y sobre el coste del mismo? |
| Necesidades energéticas | Para proyectar sistemas de tratamiento con una relación coste-efectividad satisfactorio es necesario conocer las necesidades energéticas, así como el coste futuro de la energía. |
| Necesidades de otros | |

| | |
|---|---|
| Recursos | ¿Qué recursos adicionales, si los hubiere, son necesarios para el desarrollo satisfactorio del sistema de tratamiento propuesto, que incluye la operación o proceso unitario en cuestión? |
| Necesidades de personal | ¿Con cuántos empleados, y con qué nivel de preparación, es preciso contar para la explotación del proceso u operación unitaria? ¿ES posible alcanzar rápidamente dichos niveles de preparación? ¿Qué cursos de preparación serán necesarios? |
| Necesidades de explotación mantenimiento | ¿Qué necesidades de explotación y mantenimiento adicionales es necesario cubrir? ¿Qué repuestos serán necesarios? ¿Cuál es su coste y disponibilidad? |
| Procesos auxiliares | ¿Qué procesos auxiliares son necesarios? ¿Cómo afectan a la calidad del efluente, especialmente cuando devienen inoperantes? |
| Fiabilidad | ¿Cuál es la fiabilidad a largo plazo de la operación o proceso unitario en cuestión? ¿Puede desestabilizarse el proceso fácilmente? ¿Puede hacer frente a cargas de choque periódicas? Si es así, ¿Cómo afectan estas circunstancias a la calidad del efluente? |
| Complejidad | ¿Qué grado de complejidad presenta la explotación del proceso, tanto en condiciones rutinarias como de emergencia? ¿Qué nivel de preparación de los operarios es necesario? |
| Compatibilidad | ¿Pueden emplearse de manera satisfactoria las operaciones y procesos unitarios en conjunción con las instalaciones existentes? ¿Se puede ampliar la planta de manera sencilla? |
| Disponibilidad de Espacio | ¿Existe espacio suficiente, no sólo para la implantación de las instalaciones que se están estudiando, sino también para instalaciones futuras? ¿Qué superficie de terreno hay disponible para minimizar el impacto visual de la construcción de las instalaciones? |

**Fuente:** (Metcalf y Inc., 1995)

#### 2.3.2.9. Elección de los diagramas de flujo de procesos y tratamiento

El proyecto de las plantas de tratamiento es uno de los aspectos más sugestivos de la ingeniería ambiental. Tanto el conocimiento teórico, como la experiencia práctica, son necesarios en la elección y análisis de los diagramas de flujo de procesos y tratamientos. Los diagramas de flujo de procesos son representaciones gráficas de las combinaciones de las operaciones y los procesos unitarios que se emplean para alcanzar los objetivos específicos del tratamiento. (Metcalf y Inc, 1995, p.147)

## 2.4. Marco conceptual

### 2.4.1. Agua

"El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación" (Según Dirección general de políticas, normas e instrumentos de gestión ambiental 2012, p.45).

### 2.4.2. Aguas negras domésticas

"Aguas negras derivadas principalmente de las casas, edificios comerciales instituciones y similares, que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales" (Carrión, 2008, p. 53).

### 2.4.3. Aceites y grasas

"Sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia es tanto doméstica como industrial" (García, et al., 2006, p.24).

### 2.4.4. Coliformes fecales

"Los Coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama Escherichia coli y se transmiten por medio de los excrementos" (Carrión, 2008, p. 53).

### 2.4.5. Coliformes totales

"Conjunto de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos" (Carrión, 2008, p. 53).

### 2.4.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Carrión, 2008, p. 54)

### 2.4.7. Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. (Carrión, 2008, p. 54)

### 2.4.8. Proceso de tratamiento preliminar de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento preliminar de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. (Ayala y Gonzales, 2008, p.24)

### 2.4.9. Proceso de tratamiento primario de aguas residuales

"Con este nombre se designa a los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos" (Ayala y Gonzales, 2008, p. 24).

### 2.4.10. Proceso de tratamiento secundario de aguas residuales

Se entiende por tratamiento secundario la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual, mediante un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos que utilizan dicha materia orgánica como nutriente. Su objetivo es, entonces, el de remover la

materia orgánica contaminante, vale decir, reducir la demanda de oxígeno en el agua. (Pañuela y Marató, 2006, p.36)

### 2.4.11. Proceso de tratamiento terciario de aguas residuales

La utilización de los distintos tipos de tratamiento de aguas residuales tiene relación con el cumplimiento de normas específicas de calidad, antes de que estas aguas tratadas vuelvan a utilizarse o sean descargadas a un cuerpo de agua. El tratamiento terciario tiene como objetivo eliminar compuestos específicos que no han sido eliminados por los sistemas primarios y secundarios. Las tecnologías empleadas pueden ser de tipo física, química y/o biológica. (Peñuela y Marató, 2006, p.39)

### 2.4.12. Calidad ambiental

Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. (Dirección general de políticas, normas e instrumentos de gestión ambiental 2012, p.49)

## 2.5. Hipótesis

Si la calidad del agua residual tratada cumple con los límites máximos permisibles, entonces el sistema de tratamiento propuesto es eficiente.

### 2.5.1. Operacionalización de las variables

**Tabla 9:** *Operacionalización de variables*

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicador(es) |
|---|---|---|---|
| **Independiente**<br>Sistemas de tratamiento de aguas residuales | Es un conjunto de procesos en el cual forman un sistema de tratamiento de agua residual y cumplan con la normatividad. | Proceso de pre-tratamiento<br>Proceso de tratamiento primario<br>Proceso de tratamiento secundario<br>Proceso de tratamiento terciario | • Eficiencia en la descontaminación.<br>• Disponibilidad de materiales |
| **Dependiente**<br>Calidad del agua residual de las piscinas municipales. | Es la normatividad vigente en el Perú para que las empresas estatales y/o privadas cumplan con las descargas de sus efluentes hacia el cauce de un río. Para vertimientos hacia cuerpos receptores, se debe cumplir con los LMPs. | Parámetros físicos – químicos<br>Parámetros inorgánicos<br>Microbiológico | • Aceites y grasas<br>• Conductividad<br>• DBO y DQO<br>• Oxígeno Disuelto<br>• pH<br>• Temperatura<br>• Metales<br>• Coliformes termo tolerantes<br>• Sólidos Totales en Suspensión<br>• Detergentes |

**Fuente:** Elaboración propia

# CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

## 3.1.Tipo de investigación

### Investigación aplicativa

La investigación aplicativa plantea resolver problemas o intervenir en la historia natural de la enfermedad. Enmarca a la innovación técnica, artesanal e industrial como la científica. Las técnicas estadísticas apuntan a evaluar el éxito de la intervención en cuando a: proceso, resultados e impacto. Para ello debemos identificar los indicadores apropiados. (Supo, 2012, p.5)

Si el problema surge directamente de la práctica social y genera resultados que pueden aplicarse (son aplicables y tienen aplicación en el ámbito donde se realizan) la investigación se considera aplicada. Es obvio, que la aplicación no tiene forzosamente que ser directa en la producción o en los servicios, pero sus resultados se consideran de utilidad para aplicaciones prácticas. En el ámbito de la medicina clínica, las investigaciones aplicadas pueden contribuir a generar recomendaciones sobre normas de tratamiento, de métodos para diagnóstico o de medidas de prevención secundaria. (Jiménez, 1998, p.14)

Por todo lo anteriormente dicho la investigación es de carácter aplicativo, debido a que se va a realizar una caracterización del efluente de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca, ya que dicha agua es vertida directamente hacia el cauce del rio chonta sin ningún tipo de tratamiento, posteriormente se va evaluar las operaciones unitarias de tratamiento para dicho efluente y finalmente poner en marcha un sistema piloto in situ para terminar

proponiendo un sistema de tratamiento de aguas residuales que ayude a minimizar los impactos hacia el ambiente.

## 3.2.Diseño de la investigación

### 3.2.1. Diseño pre - experimental

"El diseño Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento" (Baptista, Fernández, y Sampieri, 2014, p. 128).

"El diseño pre - experimental consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en éstas" (Sampieri, et al, 2014, p. 141).

El presente trabajo de investigación fue de pre – experimental ya que primeramente se analizará el agua que descarga las piscinas municipales de Baños del Inca hacía el caudal del río Chonta según los parámetros que establece la normatividad vigente de LMP, para posteriormente según los resultados que obtengamos y la bibliografía existente, realizar una simulación de proceso de tratamiento del agua residual para de tal manera poder elegir un modelo óptimo del sistema de tratamiento de agua residual.

## 3.3. Área de investigación

El presente proyecto de investigación está situado en el distrito de los Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca, allí se ubica las piscinas municipales, las cual acogen a diversos turistas en todas las épocas del año, los cuales llegan

para conocer dicho distrito y hacer uso de sus aguas termales, para ello es necesario tener un conocimiento de su temperatura y precipitaciones que se dan en dicho distrito durante el año.

### 3.3.1. Temperatura

**Tabla 10:** *Temperatura multianual (2014 – 2017)*

| Estación: AGUSTO WEBWEBAUER, Tipo convección - Meteorológica | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Departamento: CAJAMARCA | | | **Provincia: CAJAMARCA** | | | | **Distrito: CAJAMARCA** | |
| | **Latitud: 7°10' 2.98"** | | | **Longitud: 78° 29' 35.14"** | | | **Altitud: 2673** | |
| | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | |
| | T° Max | T° Min | T° Max | T° Min | T° Max | T° Min | T° Max | T° Min |
| Enero | 20.96 | 9.48 | 19.82 | 10.18 | 22.94 | 10.14 | 20.48 | 9.83 |
| Febrero | 21.45 | 10.16 | 20.77 | 9.34 | 20.94 | 12.29 | 20.99 | 9.44 |
| Marzo | 19.93 | 10.17 | 20.25 | 10.81 | 22.16 | 10.40 | 20.00 | 10.39 |
| Abril | 21.02 | 8.41 | 20.36 | 9.67 | 21.97 | 9.58 | 20.57 | 9.53 |
| Mayo | 20.77 | 9.02 | 20.62 | 9.22 | 22.54 | 7.66 | 20.64 | 8.73 |
| Junio | 21.49 | 6.01 | 20.87 | 7.43 | 21.44 | 6.31 | 21.08 | 6.73 |
| Julio | 21.44 | 6.38 | 21.42 | 6.11 | 21.83 | 5.21 | 20.75 | 5.52 |
| Agosto | 20.76 | 6.21 | 22.22 | 6.14 | 22.17 | 6.41 | 21.28 | 6.31 |
| Septiembre | 21.06 | 7.55 | 22.38 | 7.59 | 21.92 | 7.54 | 21.22 | 8.12 |
| Octubre | 21.41 | 8.52 | 22.05 | 9.36 | 22.23 | 8.47 | 21.73 | 8.45 |
| Noviembre | 21.25 | 8.61 | 21.84 | 8.82 | 23.16 | 6.16 | 22.31 | 8.17 |
| Diciembre | 20.88 | 10.03 | 22.37 | 10.10 | 20.85 | 9.58 | 20.94 | 9.61 |
| Promedio | 21.03 | 8.38 | 21.25 | 8.73 | 22.01 | 8.31 | 21.00 | 8.40 |

**Fuente:** Elaborado propia

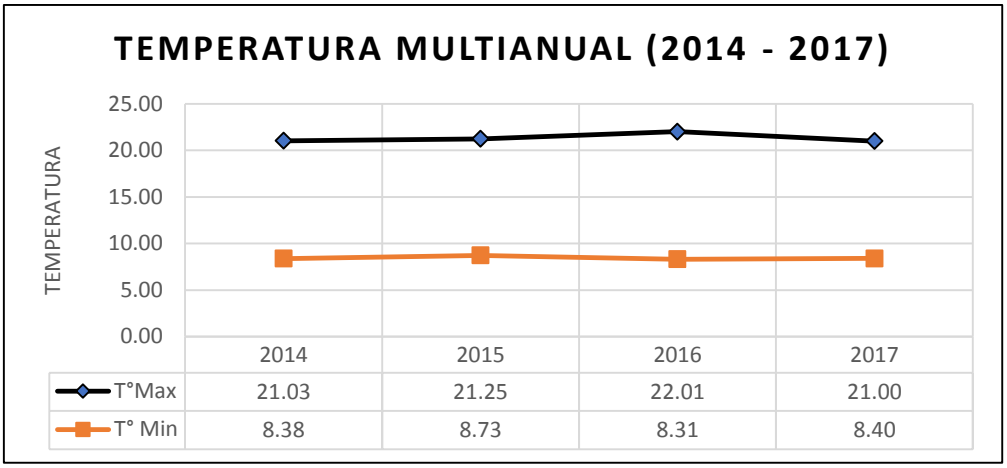



***Figura 10:*** Temperatura multianual (2014 - 2017)
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2. Precipitaciones

**Tabla 11:** *Precipitaciones acumuladas multianual (2014 - 2017)*

| Estación: AGUSTO WEBWEBAUER, Tipo convección – Meteorológica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Departamento: CAJAMARCA | | | **Provincia: CAJAMARCA** | **Distrito: CAJAMARCA** |
| **Latitud: 7° 10' 2.98"** | | | **Longitud: 78° 29' 35.14"** | **Altitud: 2673** |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | Pp(mm) | Pp(mm) | Pp(mm) | Pp(mm) |
| Enero | 71.60 | 205.40 | 74.20 | 69.20 |
| Febrero | 55.30 | 62.90 | 60.90 | 61.60 |
| Marzo | 144.80 | 219.50 | 104.10 | 41.90 |
| Abril | 76.60 | 72.20 | 51.40 | 70.20 |
| Mayo | 25.10 | 187.50 | 5.00 | 41.90 |
| Junio | 3.70 | 2.40 | 1.40 | 10.50 |
| Julio | 1.70 | 4.20 | 1.40 | 1.70 |
| Agosto | 2.80 | 192.10 | 0.70 | 18.90 |
| Septiembre | 47.84 | 27.00 | 43.20 | 17.70 |
| Octubre | 26.50 | 15.20 | 53.50 | 60.30 |
| Noviembre | 46.50 | 21.70 | 14.20 | 57.20 |
| Diciembre | 128.60 | 34.00 | 55.70 | 149.10 |
| Promedio | 52.59 | 87.01 | 38.81 | 50.02 |

**Fuente:** Elaboración propia

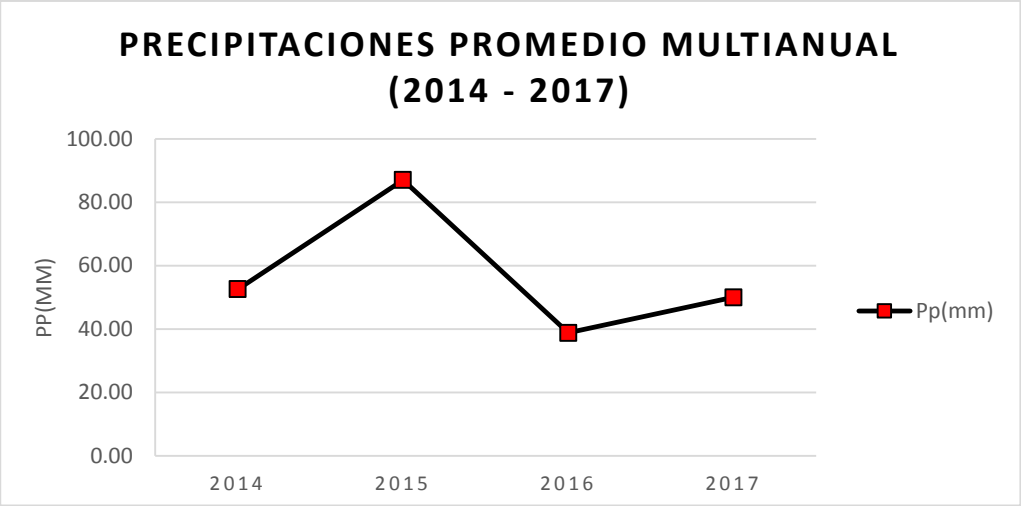



***Figura 11:*** Precipitaciones acumuladas multianual (2014 - 2017)
**Fuente:** Elaboración propia

# PLANO DE UBICACIÓN

***Figura 12:*** Mapa de ubicación
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4. Población

Procesos de tratamiento de aguas residuales.

### 3.5. Muestra

Proceso de Pre - tratamiento.

Proceso de tratamiento primario.

Proceso de tratamiento secundario.

Proceso de tratamiento terciario.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 12:** *Técnica e instrumentos de recolección de datos*

| Variable | Técnica | Instrumentos |
|---|---|---|
| **Independiente**<br><br>Sistemas de tratamiento de aguas residuales | Análisis de características de aguas residuales | • Resultados de ensayos de laboratorio<br>• D.S. N.º 003-2010-MINAM |
| | Análisis documental de procesos unitarios para el tratamiento de aguas residuales | • Fuentes bibliográficas |
| | Elaboración de una planta piloto | • Fuentes bibliográficas |
| **Dependiente**<br>Calidad del agua residual de las piscinas municipales. | Análisis de características de agua tratada | • Resultados de ensayos de laboratorio<br>• D.S. N.º 003-2010-MINAM |
| | Dimensionamiento de la planta escala real | • Planos |

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7.Técnica para el procesamiento y análisis de datos

El análisis estadístico se realizará mediante el uso de los softwares Minitab y Excel. Dichos softwares se emplearán para las siguientes labores:

1. Comparar los resultados obtenidos en la caracterización del efluente de las piscinas municipales con la normatividad vigente de LMP.
2. Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
3. Va a ayudar en el diseño o rediseño según sea el caso de nuevos procesos.
4. Determinar si los parámetros obtenidos del sistema piloto cumplen con la normatividad vigente del LMP.

### 3.8. Interpretación de datos

Para la interpretación de datos obtenido en las pruebas y procesados en Minitab, se tuvo como referencia la teoría que se tiene respecto al tema, así como los estudios anteriormente realizados.

# CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1. Caracterización del agua residual de las piscinas municipales de Baños del Inca

### 4.1.1. Resultados obtenidos

#### 4.1.1.1. Comparación de muestra inicial con parámetros de los límites máximos permisibles (LMP)

Como parte de la investigación se realizó la caracterización del agua residual de las piscinas municipales de baños del inca para ello se realizó dos monitores en diferentes días; un día con mayores frecuencias de bañistas (fin de semana), el primer monitoreo fue realizado el día domingo 14 de octubre del 2018 y el otro monitoreo un día con menor concurrencia de bañistas (entre semana), el segundo monitoreo fue realizado el día miércoles 17 de octubre del 2018.

Según los análisis realizados, con respecto a los LMP se encontró, la presencia de dos parámetros los cuales sobrepasan el límite para el cumplan con la calidad deseada, estos parámetros son sólidos totales en suspensión debido a la frecuencia de bañistas que concurren los fines de semana, el otro parámetro es la temperatura esto se debe a que se trata de aguas termales, adicional a esto también cabe mencionar que en la descarga del efluente se encuentra desechos tales como: Envolturas de champú y de jabón de tocador como se muestran en la figuras 13.

***Figura 13:*** Punto de desfogue de agua de las piscinas
**Fuente:** Toma propia

Asimismo, las piscinas municipales de Baños del Inca arrojan aproximadamente 660 $m^3$/día de agua, siendo un caudal intermitente debido a que durante el día solo se tiene una hora y media de caudal de agua, es decir todos los días a partir de las 5.30 pm a 7.00pm se tiene flujo de agua desechados en dos tuberías distintas que van directamente hacia el rio chonta.

- Código del informe del primer monitoreo: 2PMBI
- Código del informe del segundo monitoreo: 3PMBI

**Tabla 13:** *Evaluación de calidad de agua con los LMP domésticas o municipales*

| LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR DOMÉSTICAS O MUNIPALES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetro** | **Unidades** | **LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS** | **RESULTADOS** | |
| | | | **2PMBI 14/10/18** | **3PMBI 17/10/18** |
| **Aceites y Grasas** | mg/L | 20 | <0.4 | <0.4 |
| **Coliformes Termotolerantes** | NMP/100ml | 10,000 | 540.0 | <1.8 |
| **Demanda Bioquímica de Oxigeno** | mg/L | 100 | 3.5 | <2.6 |
| **Demanda Química de Oxigeno** | mg/L | 200 | 42.4 | 40.6 |
| **pH** | unidad | 6.5-8.5 | 7.35 | 7.32 |
| **Solidos Totales en Suspensión** | mg/L | 150 | 185 | <3 |
| **Temperatura** | °C | <35 | 47.1 | 46.3 |

**Fuente:** Elaboración propia

**a. Aceites y grasas**

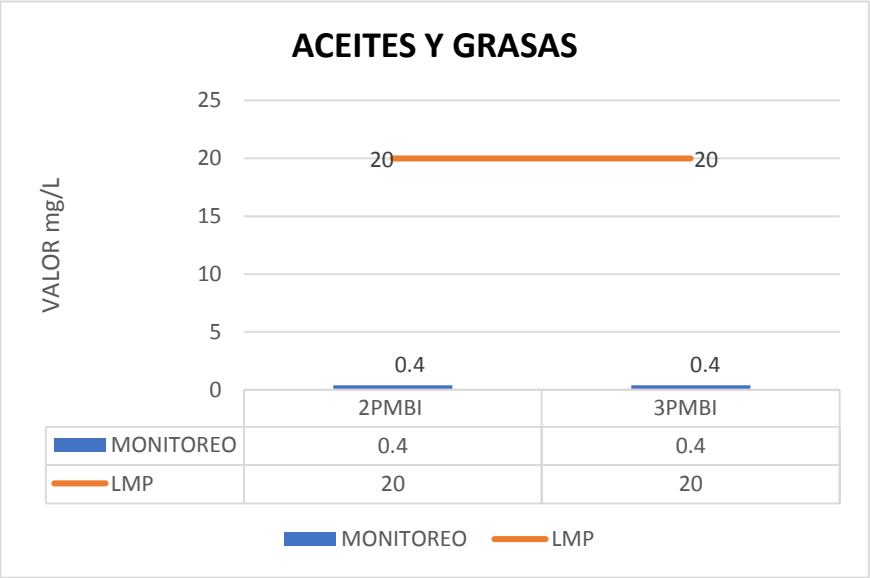



***Figura 14:*** Aceites y grasas
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Para evaluar dicho parámetro se tomó dos muestras, en las cuales se obtuvo el mismo resultado (<0.4 mg/l), con respecto a la comparación con los LMP, el valor establecido en dicha norma es de 20 mg/l. Entonces podemos afirmar que el parámetro de aceites y grasas no sobrepasan los LMP, por ende, se está cumpliendo con la normatividad vigente.

**b. Coliformes termotolerantes**

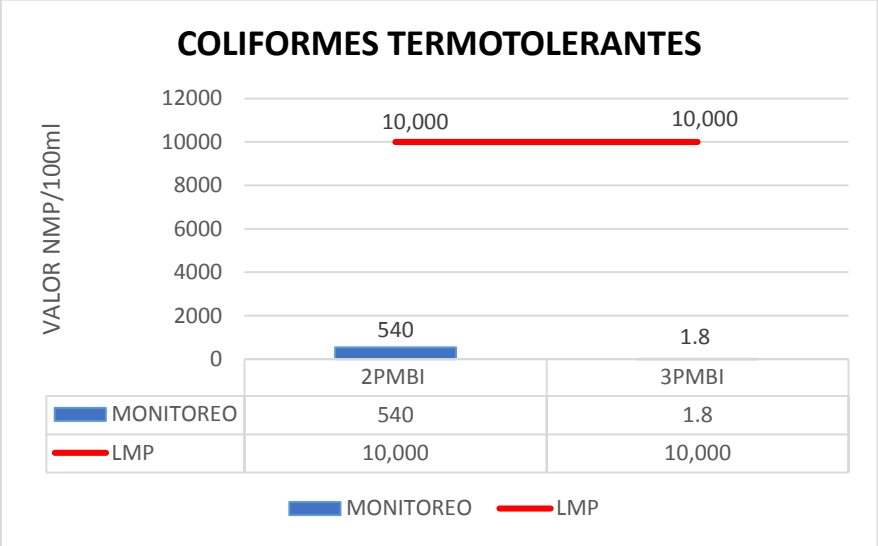



***Figura 15:*** Coliformes termotolerantes
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En el monitoreo realizado a las aguas residuales de las piscinas municipales de los Baños del Inca con respecto al parámetro de coliformes termotolerantes se evidencia un valor más alto que el otro, esto se debe a la mayor incidencia de bañistas ya

que la primera muestra (2PMBI) se tomó un fin de semana, y la segunda entre semana (3PMBI).

Sin embargo, podemos evidenciar que el valor de la primera y segunda muestra con respecto al LMP no sobre pasan el límite establecido, ya que el valor del LMP es de 10000 NMP/100ml y el valor de la muestra 2PMBI es de 540 NMP/100ml y de la muestra 3PMBI es de <1.8 NMP/100ml por ende concluimos que cumple con LMP de aguas residuales.

**c. Demanda bioquímica de oxígeno**

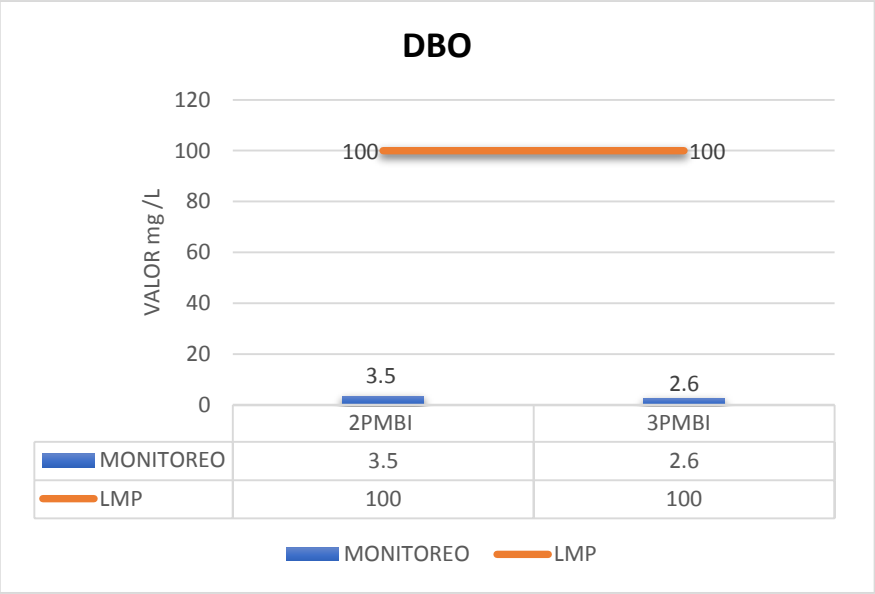



***Figura 16:*** Comparación de DBO
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En el primer montero realizado 2PMBI nos da como valor de 3.5 mg/L el cual fue realizado un fin de semana donde hubo mayor incidencia de bañistas y el segundo monitoreo 3PMBI el cual se realizó entre semana se obtuvo como valor de 2.6 mg/L el cual se nota una pequeña diferencia de valores ya que el fin de

semana hay una mayor concentración de DBO sin embargo para que sobrepasen el LMP está muy lejos por lo que tiene una concentración de 100 mg/L.

Se concluye que el agua residual de las piscinas municipales del distrito de los baños del Inca si cumple con el parámetro de DBO según los LMP de aguas residuales.

**d. Demanda química de oxígeno**

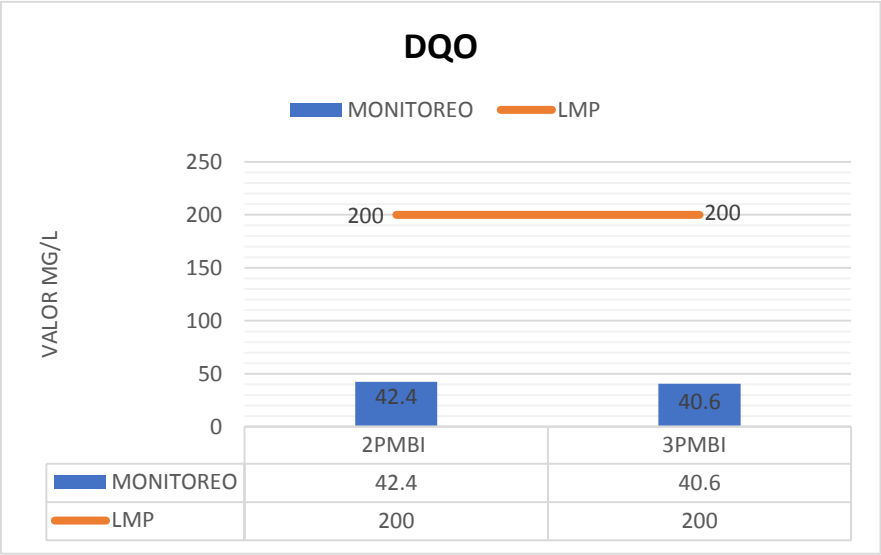



***Figura 17:*** Comparación de DQO
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En los monitoreos realizados se determinó que la concentración de DQO del efluente de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca se encuentran dentro de los parámetros establecidos en los LMP, ya que en el primer monitoreo realizado obtuvimos 42.4 mg/L y en el segundo monitoreo 40.6 mg/l y la concentración según el LMP de aguas residuales es de 200 mg/l.

**e. Potencial de hidrógeno (pH)**

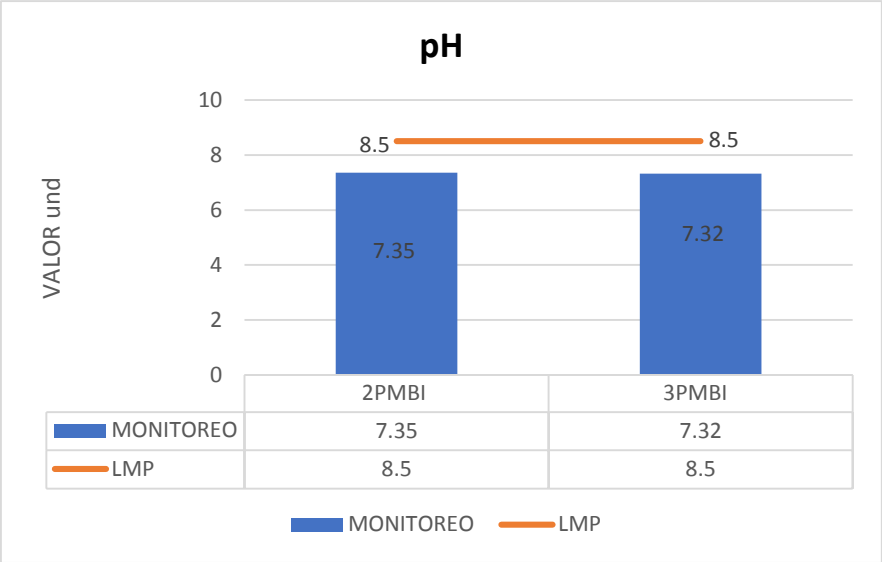



***Figura 18:*** Comparación del pH
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En los dos monitoreos realizados los resultados del parámetro de pH son muy similar.

Debido a esto se afirma que: el pH del efluente de las piscinas municipales de baños del inca se encuentra dentro de los parámetros que nos indica los LMP de aguas residuales.

**f. Sólidos totales en suspensión**

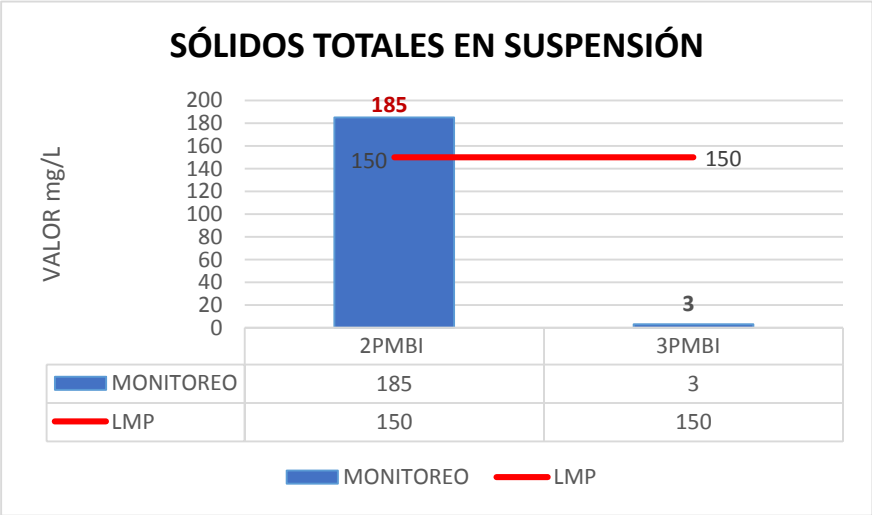



***Figura 19:*** Comparación de Sólidos totales en suspensión
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En el monitoreo realizado al parámetro de sólidos totales en suspensión el fin de semana en donde hubo mayor incidencia de bañistas la concentración fue de 185 mg/l el cual sobre paso el valor dado por el LMP de aguas residuales ya que este es de 150 mg/l, y en segundo monitoreo realizado tenemos que este parámetro se encuentra muy por debajo de la concentración dada por el LMPs.

**g. Temperatura**

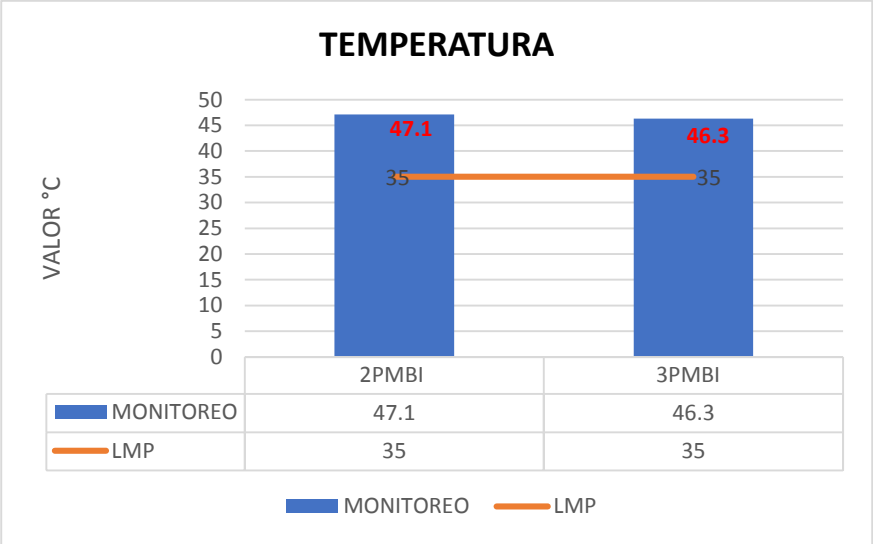



***Figura 20:*** Comparación de la temperatura
***Fuente:*** Elaboración propia

**Interpretación**

La temperatura del agua en los dos monitoreos realizados al efluente de las piscinas municipales de los Baños del Inca sobrepasa el valor dado por el LMP de aguas residuales, ya que el valor establecido por el LMP es de <35ºC, los valores obtenidos en el primer monitoreo realizado son de 47.1ºC y en el segundo monitoreo es de 46.3ºC.

#### 4.1.1.2. Comparación de muestra inicial con parámetros de los estándares de calidad ambiental (ECA)

Adicionalmente a los parámetros de los límites máximos permisibles se realizó una caracterización con los estándares de calidad ambiental del agua categoría A3, parámetros para riego de vegetales; para ello se realizó dos monitores en diferentes días: un día con mayores frecuencias de bañistas (fin de semana), el primer monitoreo se realizado el día domingo 14 de octubre del 2018 y el otro día con menor concurrencia de bañistas (entre semana). El segundo monitoreo realizado el día miércoles 17 de octubre del 2018. Los parámetros para evaluar fueron: detergentes, conductividad, turbidez, metales totales y metales disueltos.

- Código del informe del primer monitoreo: 2PMBI
- Código del informe del segundo monitoreo: 3PMBI

**Tabla 14:** *Evaluación de calidad de agua con el ECA categoría 3*

| ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL - CATEGORIA 3 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CATEGORIAS** | | **ECA AGUA: CATEGORIA 3** | | |
| **Parámetro** | **Unidades** | **PARÁMETROS PARA RIESO DE VEGETALES** | **DOMINGO** | **MIERCOLES** |
| | | **D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO** | **2PMBI 15/10/18** | **3PMBI 17/10/18** |
| **Detergentes (SAAM)** | mg/L | 0.2 | 5.663 | 2.677 |
| **Conductividad** | (uS/cm) | 2 500 | 700 | 711 |
| **Turbidez** | NTU | | 4.8 | 3.5 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**a. Detergentes (SAAM)**

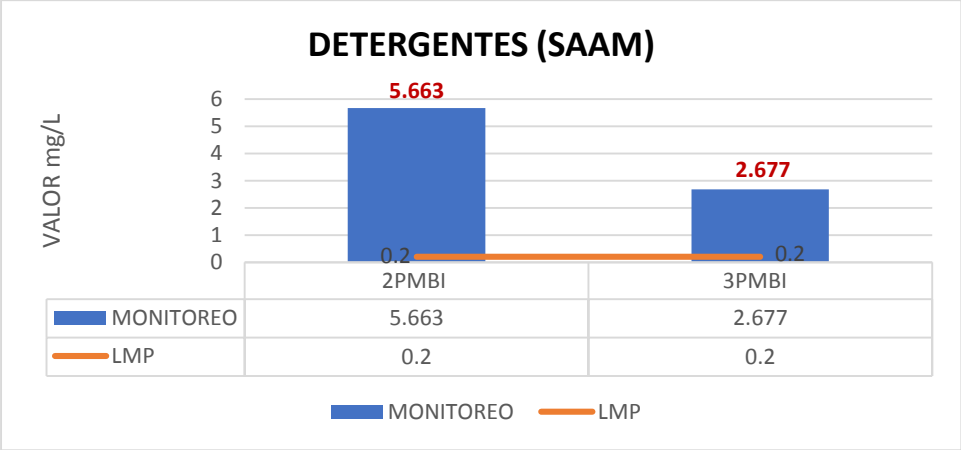



***Figura 21:*** Comparación de Detergentes (SAAM)
***Fuente:*** Elaboración propia

**Interpretación**

En los dos monitoreos realizados al parámetro de detergentes (SAAM se tiene como resultado 5.663mg/L y 2.677mg/L respectivamente, dichos resultados arrojan presencia de detergentes en los dos días evaluados los cuales sobrepasan los estándares de calidad ambiental 0.2mg/L, siendo el día de mayor concurrencia de público en donde se reveló mayor presencia de detergentes.

**b. Conductividad eléctrica**

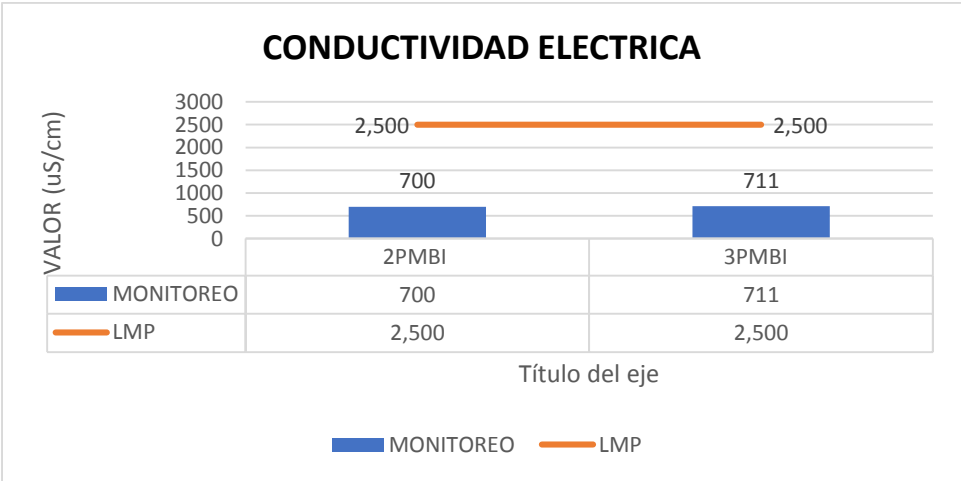



***Figura 22:*** Comparación de conductividad eléctrica
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En los dos monitoreos realizados se puede apreciar que la conductividad eléctrica es similar, dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros que estipula los estándares de calidad ambiental de aguas residuales categoría A3.

**c. Turbidez**

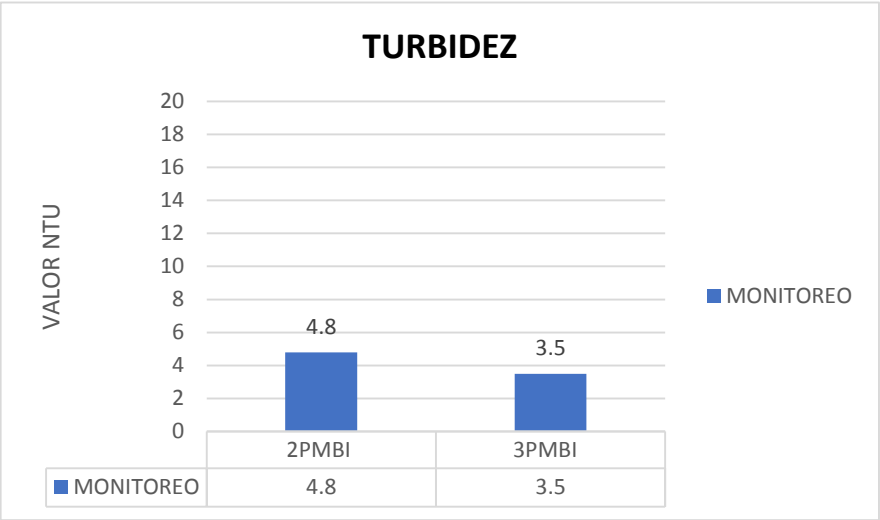



***Figura 23:*** Comparación de la turbidez
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En los dos monitoreos realizados se puede apreciar que la turbidez es muy baja, por consecuencia dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros que estipula los estándares de calidad ambiental de aguas residuales categoría A3.

**d. Metales totales y disueltos**

Se realizó una evaluación de metales disueltos y totales del agua residual de las piscinas municipales de los Baños del Inca, en donde ningún parámetro está por encima de los estándares de calidad ambiental del agua.

Por ello el agua que es desechada de las piscinas municipales directamente hacía el cauce del río se encuentra en óptimas condiciones con respecto a metales totales y disueltos, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 15:** *Evaluación de calidad del agua con respecto a los metales totales y disueltos*

| | | | | **ECA Categoría 3** | | **D.S. N°031-2010-SA** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetro** | **Unidades** | **PMBI** | | **D1: Riego de vegetales** | **D2: Bebida de animales** | |
| **Físicos químicos** | | **2PMBI 14/10/18** | **2PMBI 14/10/18** | **Agua para riego no restringido (c)** | **Agua para rego restringido** | **Bebida de animales** |
| **Inorgánicos** | | **Metales totales** | **Metales disueltos** | | | |
| Aluminio | mg/L | 0.05 | <0.003 | 5 | 5 | 0.2 |
| Arsénico | mg/L | <0.003 | <0.002 | 0.1 | 0.2 | 0.01 |
| Bario | mg/L | 0.06 | 0.05 | 0.7 | ** | 0.7 |
| Berilio | mg/L | <0.002 | <0.002 | 0.1 | 0.1 | - |
| Cadmio | mg/L | <0.002 | <0.002 | 0.01 | 0.05 | 0.003 |
| Cobre | mg/L | 0.005 | <0.002 | 0.2 | 0.5 | 2 |
| Cobalto | mg/L | <0.002 | <0.002 | 0.05 | 1 | - |
| Cromo total | mg/L | 0.005 | <0.002 | 0.1 | 1 | 0.05 |
| Hierro | mg/L | <0.3 | <0.1 | 5 | ** | 0.3 |
| Magnesio | mg/L | 9.081 | 7.628 | ** | 250 | - |
| Manganeso | mg/L | <0.002 | <0.002 | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| Mercurio | mg/L | <0.0005 | <0.0005 | 0.001 | 0.01 | 0.001 |
| Níquel | mg/L | <0.002 | <0.003 | 0.2 | 1 | 0.02 |
| Plomo | mg/L | <0.001 | 0.794 | 0.05 | 0.05 | 0.01 |
| Selenio | mg/L | <0.005 | <0.002 | 0.02 | 0.05 | 0.01 |
| Zinc | mg/L | 0.01 | <0.002 | 2 | 24 | 3 |

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2. Procesos unitarios más relevantes a nivel de laboratorio (sistema Bach).

Luego de una revisión exhaustiva de bibliografía sobre tratamiento de aguas residuales municipales y de acuerdo con los resultados obtenidos de los parámetros

analizados en los dos monitores para la caracterización del efluente de las piscinas municipales del distrito de los Baños del Inca.

Se optó por los siguientes procesos unitarios.

***Figura 24:*** Procesos unitarios más relevantes
***Fuente:*** Elaboración propia.

### 4.2.1. Proceso de rejillas

#### 4.2.1.1.Resultados obtenidos

Según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente de las piscinas municipales del distrito de los Baños del Inca, se optó por considerar rejillas debido a que existe una gran cantidad de sólidos de mayor tamaño tales como: envolturas de champú y de jabón de tocador como se puede apreciar en la figura 13.

#### 4.2.1.2.Discusión de resultados del proceso de rejillas

Tal y como muestra en la figura 13 existe una gran cantidad de solidos grandes que son vertidos directamente hacía el cauce del río Chonta, para lo cual tenemos que tener presente lo que nos dice Ramalho (1993) en su libro “tratamiento de aguas residuales” que: las rejillas de solidos tienen aberturas de 5mm o menos. Generalmente están fabricada de malla metálica de acero, o en base

a placas o chapas de acero perforado y se usan muchas veces en lugar de tanques de sedimentación. Sin embargo, aunque puede llegarse a eliminar entre un 5 y un 25% de sólidos en suspensión, de un 40 a un 60% se eliminan por sedimentación.

Por lo que es necesario implementar un sistema de cribado para proteger al sistema y no saturarlo o que se obstruya el proceso de tratamiento, sin embargo, debemos tener en cuenta que habrá una eliminación del 100% de solidos gruesos y un 20 a 30 % de efectividad de atrapamiento de solidos finos.

### 4.2.2. Proceso de enfriamiento

#### 4.2.2.1. Resultados obtenidos

Se consideró el proceso de enfriamiento, debido a que la temperatura del agua de las piscinas municipales de Baños del Inca es alta, siendo uno de los 3 parámetros que superan el límite establecido en la norma.

Para lograr reducir la temperatura se tiene los siguientes procesos más relevantes: convección forzada (mediante agitación) y convección natural (pozas de enfriamiento), ambos procesos se pusieron a prueba obteniendo los siguientes resultados.

**a. Proceso convección forzada (agitación)**

Para evaluar este proceso se realizaron las siguientes pruebas a nivel de laboratorio (sistema Bach).

**Tabla 16:** *Diseño de experimento de agitación*

| Vaso de precipitación de 0.5L | | |
|---|---|---|
| **RPM** | **Volumen de muestra (L)** | **Tiempo de agitación (min)** |
| 80 | 0.3 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 80 | 0.4 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 80 | 0.5 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 160 | 0.3 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 160 | 0.4 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 160 | 0.5 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| **Balde de plástico de 4L** | | |
| 160 | 2 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 160 | 3 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 160 | 4 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |

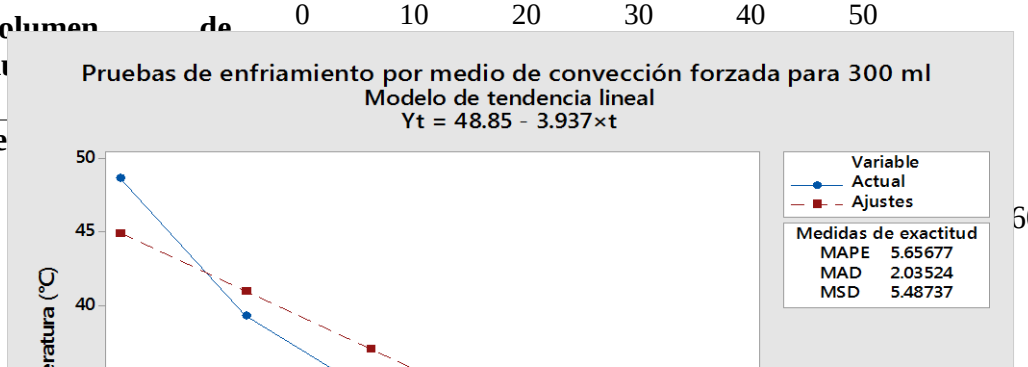
**Fuente:** Elaboración propia

- **Pruebas realizadas en vaso de precipitación de 500ml**

Todas las pruebas se realizaron en el test de jaras, las 3 primeras pruebas se realizaron en tres vasos de precipitación con diferentes volúmenes de agua; 300ml, 400ml y 500ml de agua de muestra, a 80 RPM obteniendo como resultado los siguientes valores.

**Tabla 17:** *Pruebas de enfriamiento por medio de convección forzada – agitación a 80 RPM*

| Pruebas de enfriamiento por medio de convección forzada - agitación | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Prueba realizada en un vaso de precipitación de 500ml** | | | | | | A 80 RPM |
| | Tiempo(min) de agitación | | | | | |
| **Volumen de mu** | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |




**Fue**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **300** | 48.6 | 39.3 | 34.1 | 31.6 | 29.2 | 27.6 |
| **400** | 48.6 | 41 | 36.7 | 33.6 | 31.3 | 29.8 |
| **500** | 48.6 | 41.7 | 37.5 | 34.5 | 32.1 | 30.2 |

***Figura 25:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 300ml
**Fuente:** Elaboración propia

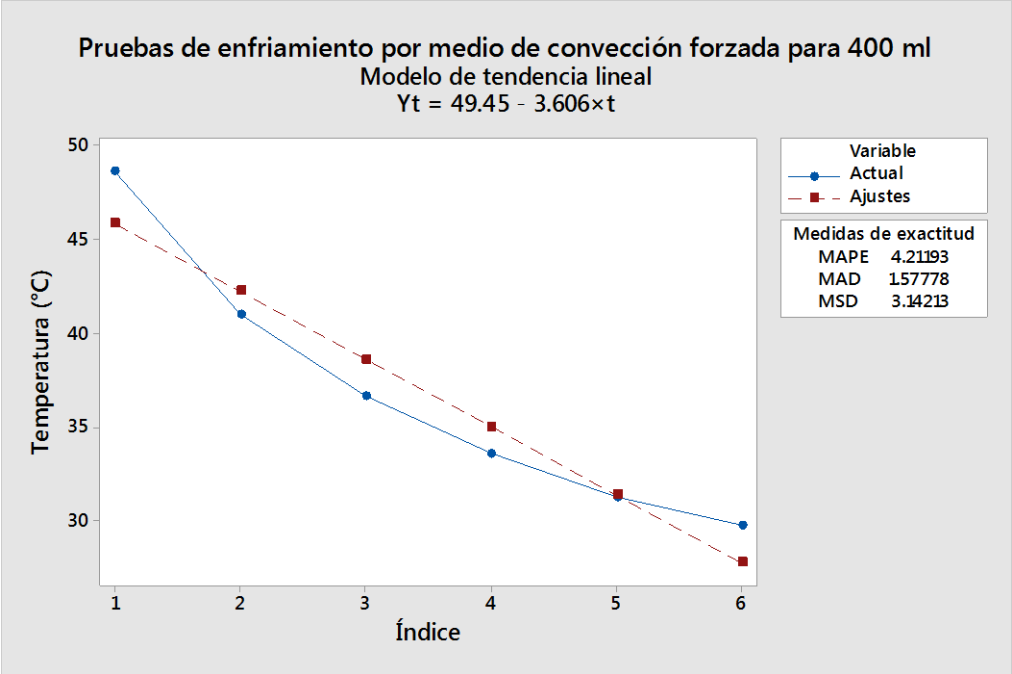



***Figura 26:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 400ml
**Fuente:** Elaboración propia

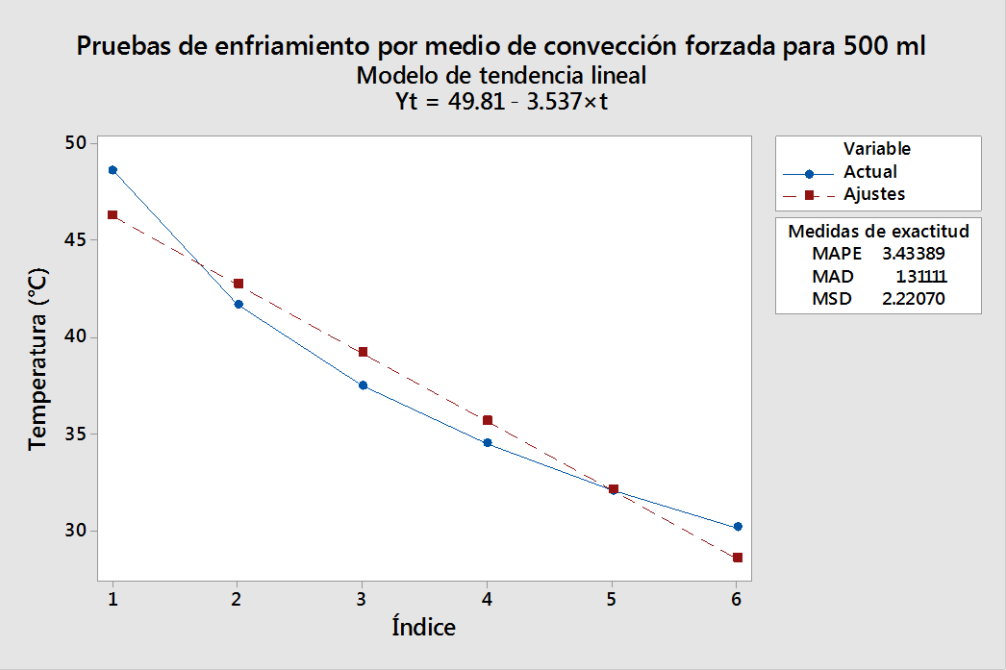



***Figura 27:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 500ml
***Fuente:*** Elaboración propia

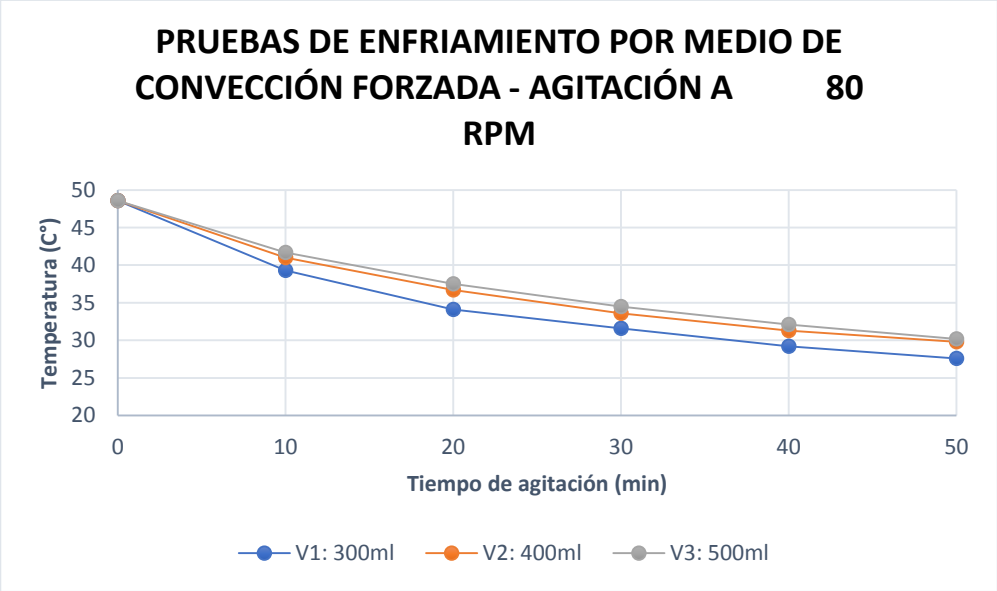



***Figura 28:*** Enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 80 RPM
***Fuente:*** Elaboración propia

**Interpretación**

En las tres primeras pruebas realizadas podemos observar que: a) se logra bajar la temperatura, b) la temperatura de los tres

volúmenes puestos a prueba es similares, es decir que el volumen no influye totalmente en la temperatura y; por último, c) se necesita aproximadamente 30 minutos de agitación a 80 RPM para lograr bajar la temperara por debajo del valor establecido en los límites máximos permisibles.

Las 3 pruebas siguientes se realizó también en tres vasos de precipitación con los mismos volúmenes de agua de muestra; 300ml, 400ml y 500ml, la diferencia a las 3 primeras son las revoluciones por minuto ya que en este caso se programó a 160 RPM, obteniendo como resultado los siguientes valores.

**Tabla 18:** *Pruebas de enfriamiento por medio de convección forzada – agitación a 160 RPM*

| **Pruebas de enfriamiento por medio de convección forzada - agitación** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pruebas realizadas en vaso de precipitación de 500ml** | | | | | | A 160 RPM |
| **Volumen de muestra (ml)** | Tiempo(min) de agitación | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| | **RESULTADOS DE TEMPERATURA (°C)** | | | | | |
| **300** | 48.8 | 37.6 | 32.9 | 30 | 28.2 | 26.8 |
| **400** | 48.8 | 38.9 | 34.5 | 31.7 | 29.9 | 27.6 |
| **500** | 48.8 | 39.4 | 35.4 | 32.3 | 30.4 | 28.2 |

**Fuente:** Elaboración propia

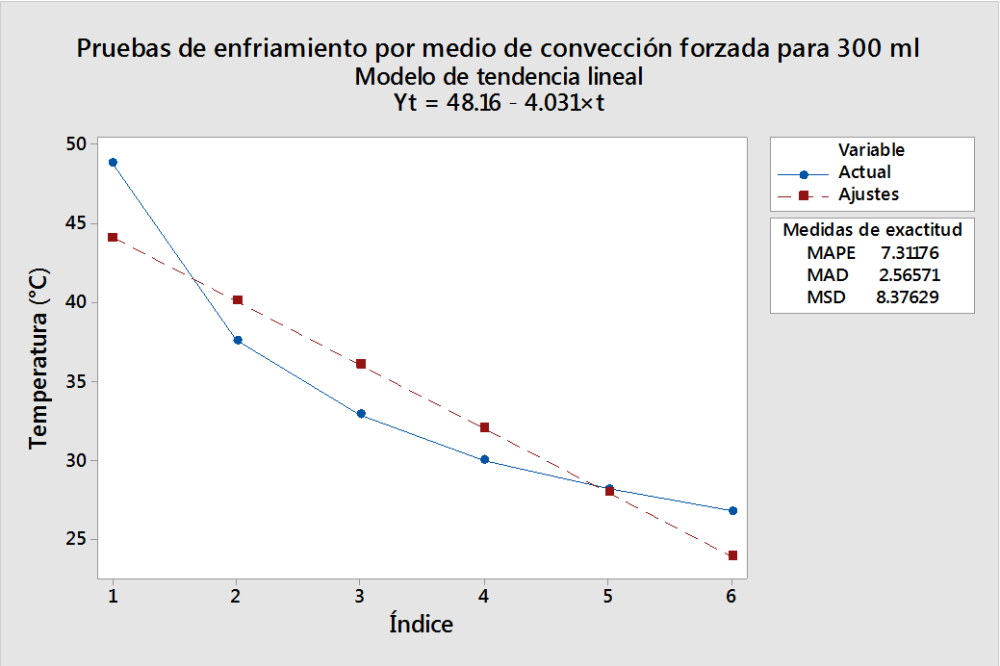



***Figura 29:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 300ml
**Fuente:** Elaboración propia

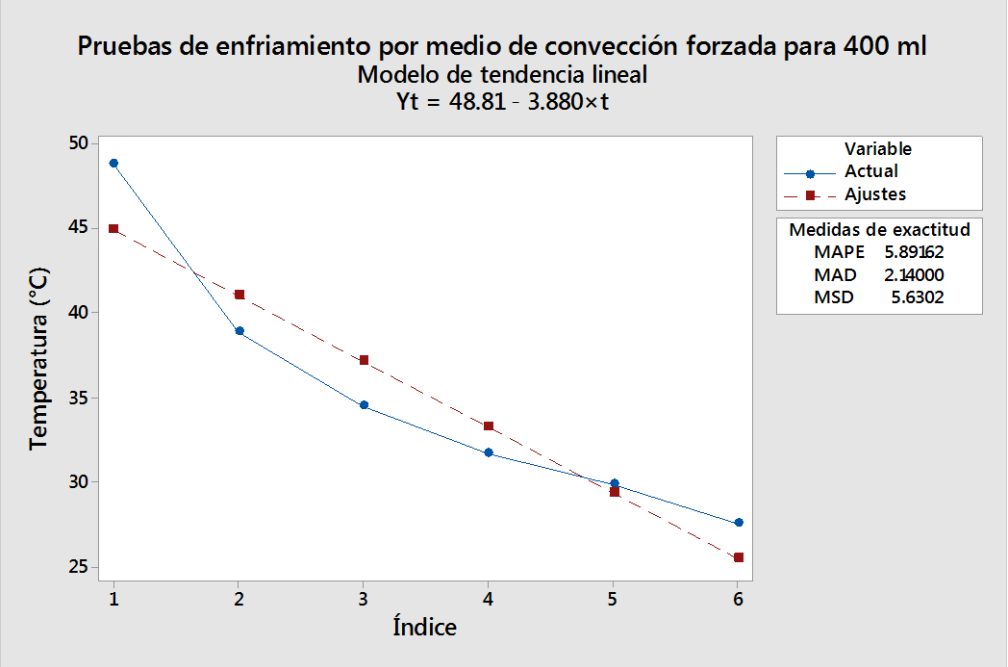



***Figura 30:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 400ml
**Fuente:** Elaboración propia

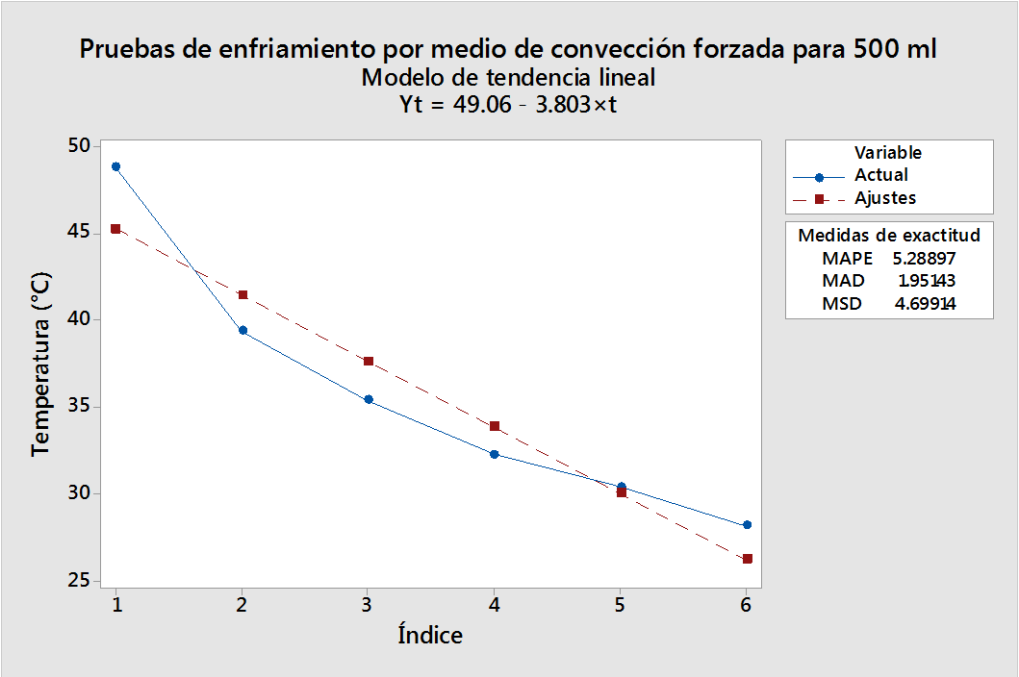



***Figura 31:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 500ml
**Fuente:** Elaboración propia

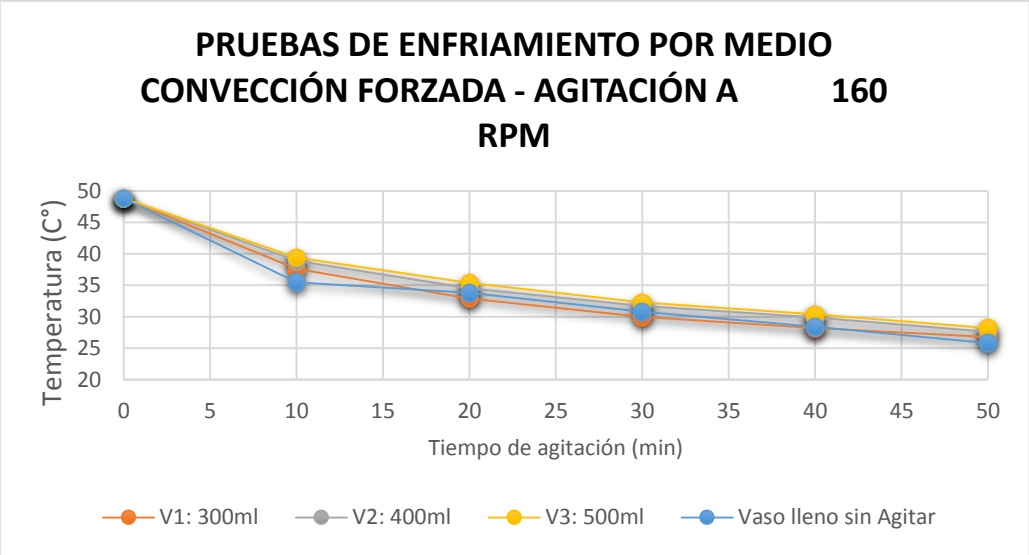



***Figura 32:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para a 160 RPM
***Fuente:*** Elaboración propia

**Interpretación**

Los resultados obtenidos son muy parecidos a las tres primeras pruebas también necesitamos media hora para lograr el objetivo que es bajar la temperatura por debajo del límite máximo permisible.

**Tabla 19:** *Comparación de resultados de temperatura a 30 minutos de agitación*

| Volumen de muestra (ml) | TIEMPO 30min | |
|---|---|---|
| | 80RPM | 160RPM |
| | TEMPERATURA °C | |
| 300 | 31.6 | 30 |
| 400 | 33.6 | 31.7 |
| 500 | 34.5 | 32.3 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Como se puede observar en el cuadro anterior los valores tienen una ligera diferencia, es decir que se pude trabajar con cualquier RPM dentro del rango 80 -160 RPM. Por otro lado, se afirma que se necesita 30 minutos para tener una temperatura por debajo de 35°C para un volumen de agua de 300, 400 y 500ml en un vaso de precipitación de 500ml. También se puede notar que los resultados entre diferentes volúmenes no son muy pronunciados.

- **Pruebas realizadas en balde de plástico de 4 litros**

Las ultimas 3 pruebas de enfriamiento por convección forzada (agitación) se realizaron en tres baldes de plástico de 4 litros cada uno con diferente volumen de agua de muestra; 2, 3 y 4 litros, estas pruebas fueron programadas a 160 RPM debido

a que en las primeras pruebas se definió que se podría trabajar en el rango de 80 – 160 RPM, obteniendo como resultado los siguientes valores.

**Tabla 20:** *Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada – agitación a 160 RPM*

| **Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada - agitación** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Volumen de muestra (L)** | Tiempo(min) de agitación | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| | **RESULTADOS DE TEMPERATURA (°C)** | | | | | |
| **2** | 48.7 | 41.9 | 38.8 | 36.4 | 33.8 | 33.1 |
| **3** | 48.7 | 43.1 | 40.5 | 38.4 | 36.7 | 35.2 |
| **4** | 48.7 | 43.7 | 41.4 | 39.4 | 37.9 | 36.6 |

**Fuente:** Elaboración propia

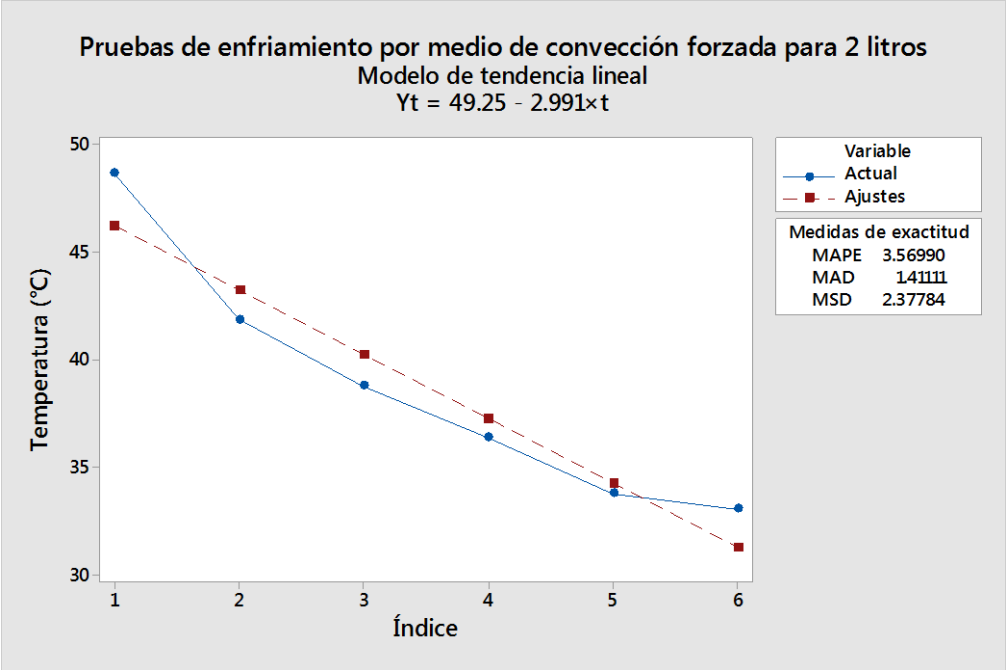



***Figura 33:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 2 Litros
**Fuente:** Elaboración propia

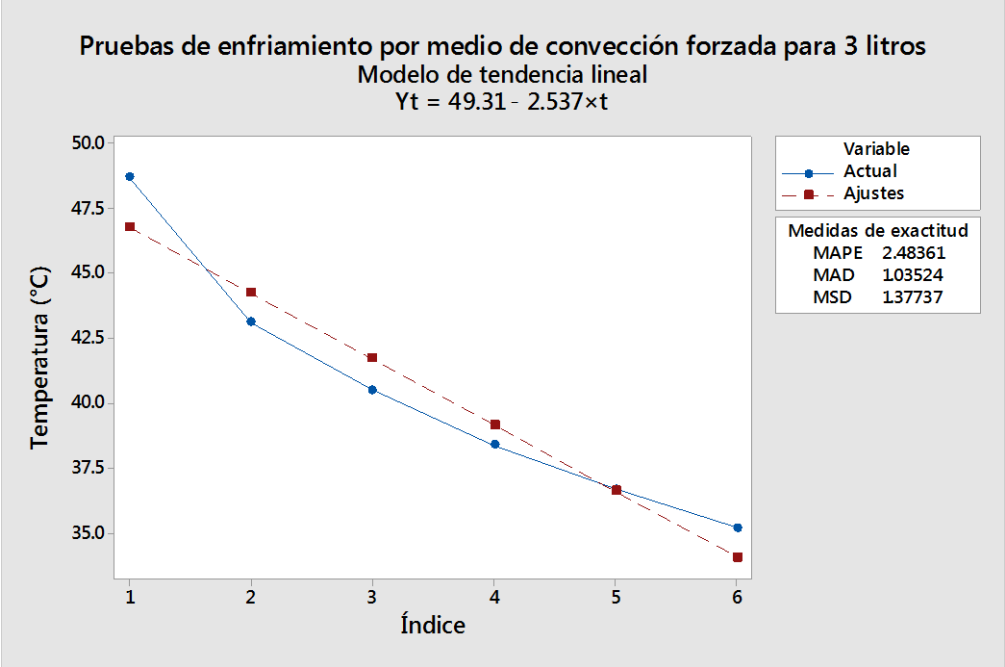



***Figura 34:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 3 Litros
**Fuente:** Elaboración propia

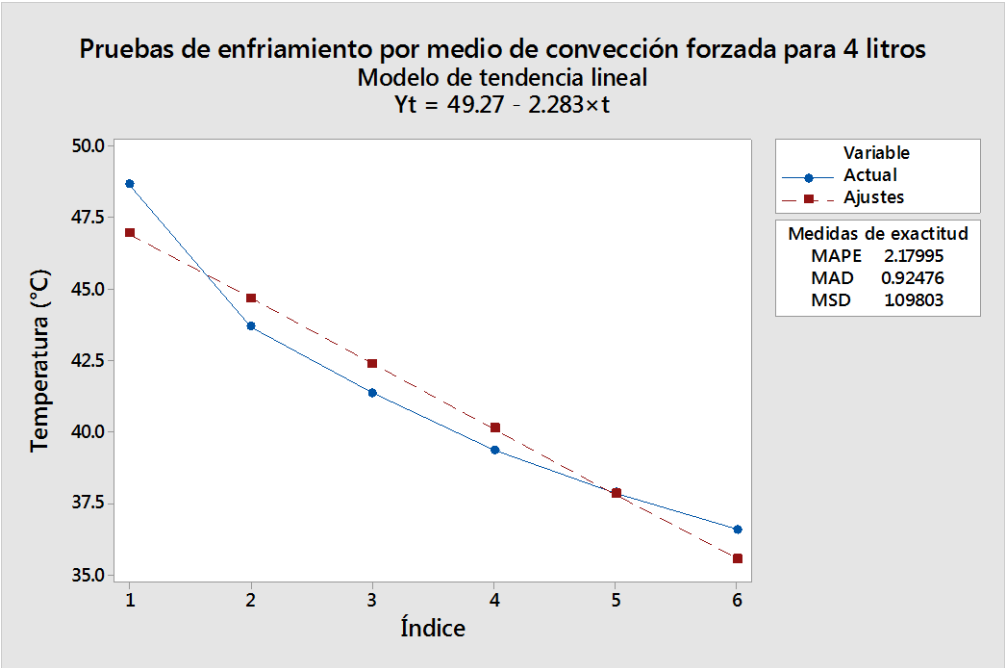



***Figura 35:*** Pruebas de enfriamiento por medio convección forzada para 4 Litros
**Fuente:** Elaboración propia

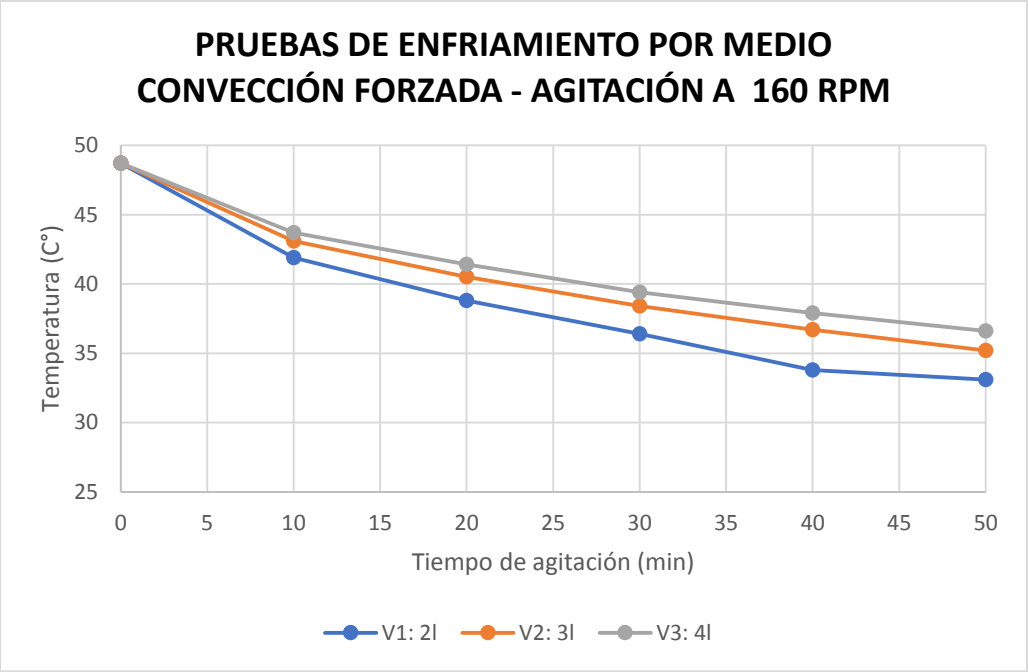



***Figura 36:*** Enfriamiento por medio convección forzada (agitación) a 160 RPM
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Los resultados nos muestran que: a) se logra bajar la temperatura por debajo del límite máximo permisible, b) el objetivo se logra en 40 minutos a diferencia que en las primeras pruebas se lograban en 30 minutos esto se debe al incremento de volumen de agua.

También cabe mencionar que los resultados obtenidos en 2, 3 y 4 litros durante 40 minutos de agitación son similares es decir para el diseño de los tanques del piloto y del sistema general se pueden tomar como referencia cualquiera de los tres volúmenes.

**b. Proceso de convección natural (pozas de enfriamiento)**

Para evaluar este proceso se realizaron 8 pruebas, todas las pruebas se realizaron en las mismas condiciones que las pruebas de enfriamiento

por medio convección forzada (agitación), para posteriormente quedarnos con el proceso óptimo. Para logra la meta se realizaron las siguientes pruebas a nivel de laboratorio (sistema Bach).

**Tabla 21:** *Diseño de experimento de convección natural (pozas de enfriamiento)*

| **Vaso de precipitación de 0.5L** | | |
|---|---|---|
| **RPM** | **Volumen de muestra (L)** | **Tiempo de enfriamiento (min)** |
| 0 | 0.3 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | 0.4 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | 0.5 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | Vaso de precipitación lleno (600ml) | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| **Balde de plástico de 4L** | | |
| 0 | 2 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | 3 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | 4 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |
| 0 | Balde lleno (5l) | 0, 10, 20, 30, 40, 50 |

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Pruebas realizadas en vaso de precipitación de 500ml**

Todas las pruebas se realizaron en las mismas condiciones que las pruebas de enfriamiento por medio convección forzada (agitación), las 4 primeras pruebas se realizaron en cuatro vasos de precipitación con diferentes volúmenes de muestra; 300ml, 400ml, 500ml y vaso lleno de agua de muestra, donde se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 22:** *Resultados de pruebas de enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) -vaso de precipitación*

| **Pruebas de enfriamiento por medio convección natural - pozas de enfriamiento** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Volumen de muestra (ml)** | Tiempo de enfriamiento (min) | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| | **RESULTADOS DE TEMPERATURA (°C)** | | | | | |
| **300** | 48.6 | 36.1 | 31.5 | 27.8 | 25.8 | 23.2 |
| **400** | 48.6 | 38.7 | 34.4 | 31.6 | 28.8 | 24.3 |
| **500** | 48.6 | 39.1 | 35.4 | 32 | 29.4 | 25.4 |
| **Vaso de precipitación lleno (600ml)** | 48.6 | 35.5 | 33.8 | 30.8 | 28.4 | 25.8 |

**Fuente:** Elaboración propia.

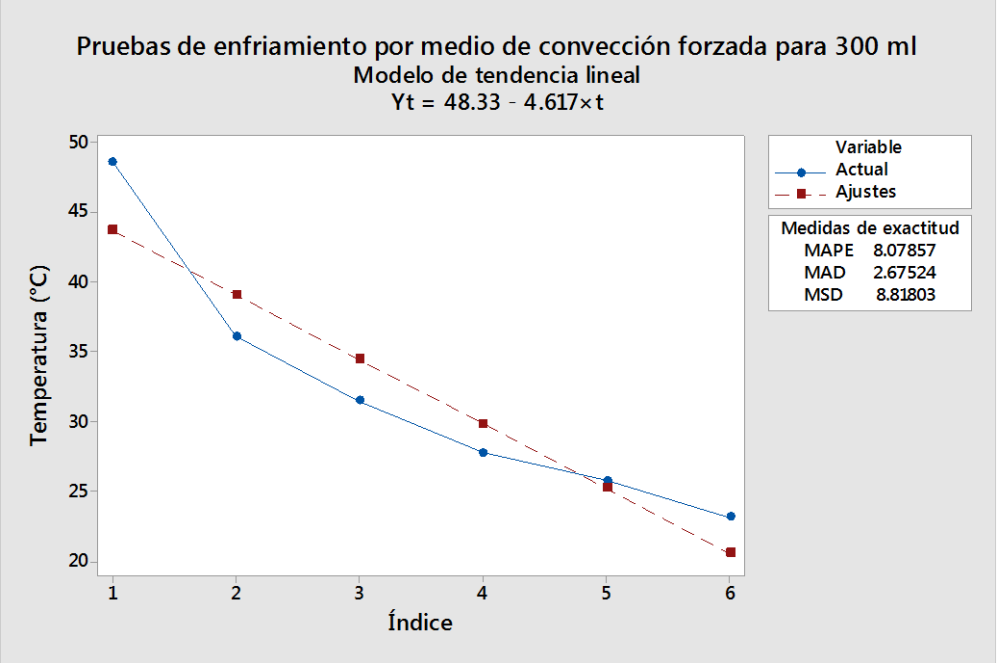



***Figura 37:*** Enfriamiento por medio convección natural para 300ml
**Fuente:** Elaboración propia

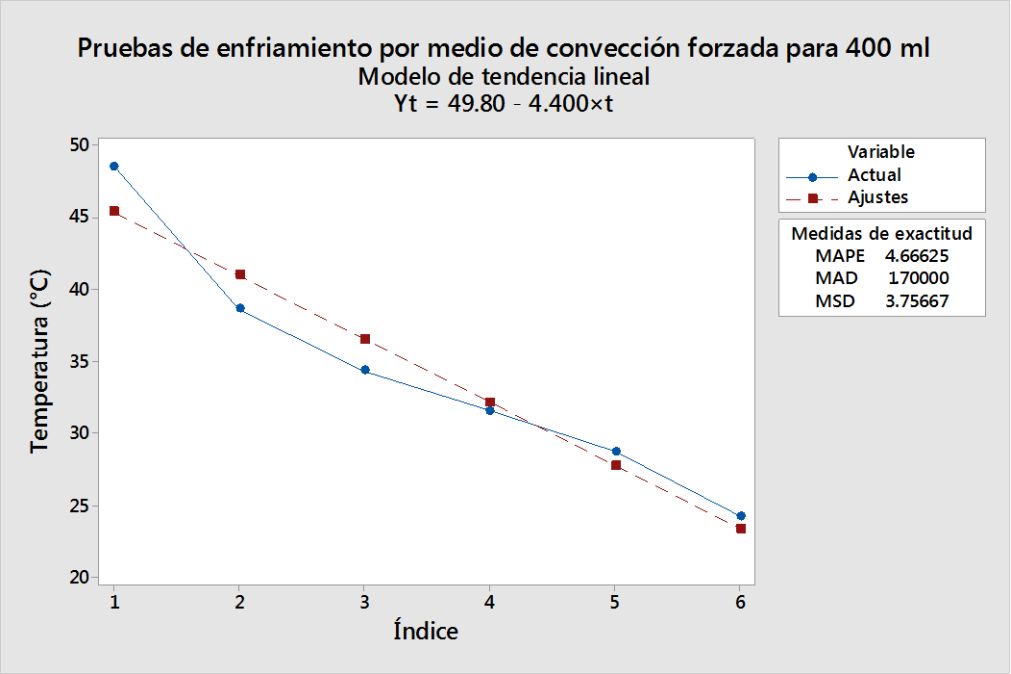



***Figura 38:*** Enfriamiento por medio convección natural para 400ml
**Fuente:** Elaboración propia

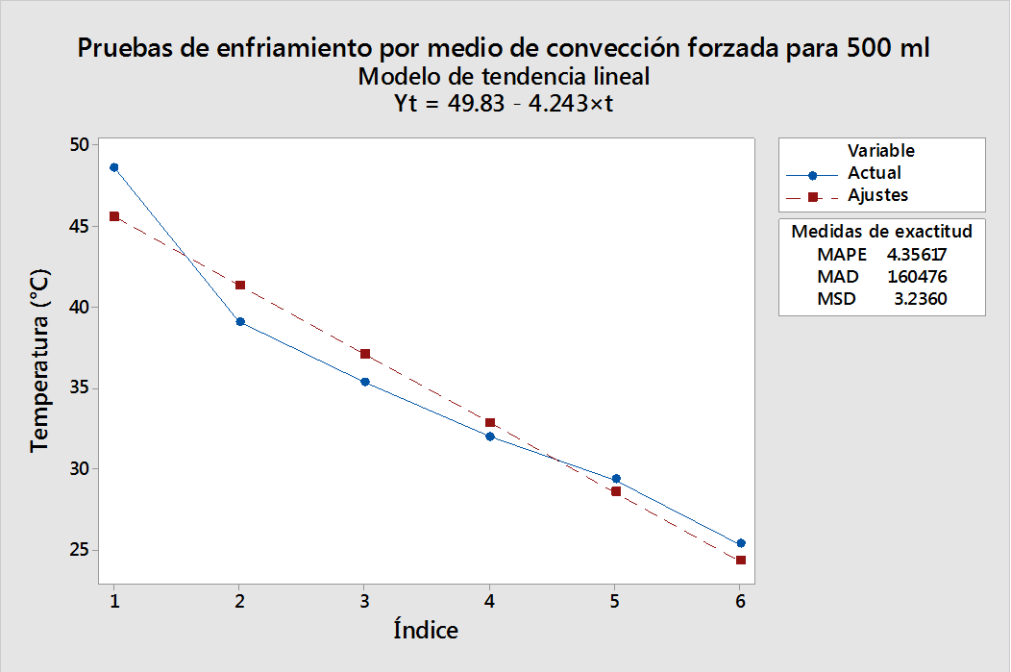



***Figura 39:*** Enfriamiento por medio convección natural para 500ml
**Fuente:** Elaboración propia

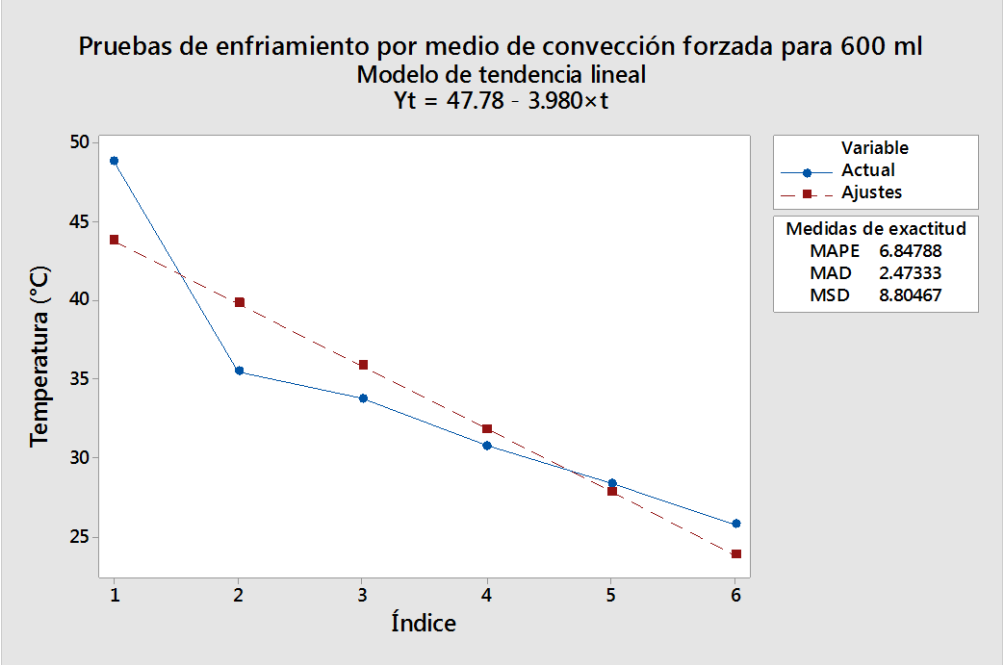



***Figura 40:*** Enfriamiento por medio convección natural para vaso de precipitación lleno (600ml)
**Fuente:** Elaboración propia

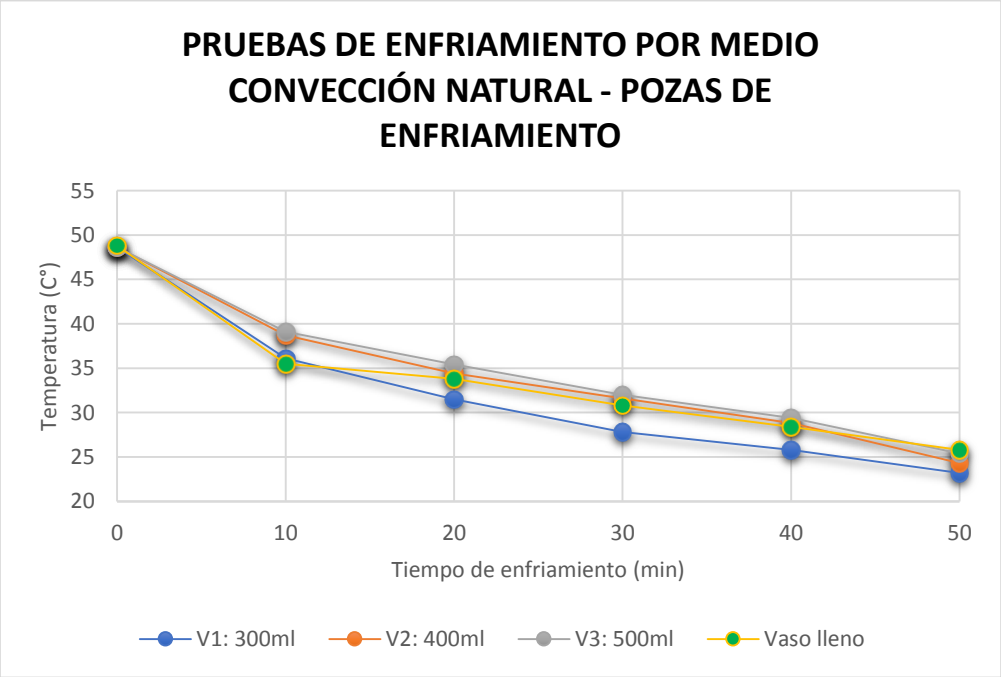



***Figura 41:*** Enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En las cuatro pruebas realizadas podemos observar que: a) se logró bajar la temperatura, b) las temperaturas de los cuatro volúmenes puestos a prueba son similares, es decir que el volumen no influye totalmente en la temperatura para este método y; por último, c) el tiempo requerido para disminuir la temperatura y cumplir con los LMP es de 20 a 30 minutos aproximadamente.

- **Pruebas realizadas en balde de plástico de 4 litros**

Las ultimas 4 pruebas de enfriamiento por convección natural (pozas de enfriamiento) se realizaron en cuatro baldes de plástico de 4 litros cada uno con diferente volumen de agua de muestra; 2, 3, 4 litros y balde lleno, obteniendo como resultado los siguientes valores.

**Tabla 23:** *Resultados de pruebas de enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) - balde de plástico*

| **Pruebas de enfriamiento por medio convección natural - pozas de enfriamiento** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RESULTADOS | | | | | | |
| Volumen de muestra (ml) | Tiempo de enfriamiento(min) | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 2l | 48.6 | 40.6 | 37.9 | 34.8 | 32.6 | 31.5 |
| 3l | 48.6 | 41.5 | 38.2 | 35.2 | 33.4 | 31.9 |
| 4l | 48.6 | 41.8 | 38.4 | 35.9 | 33.9 | 32.4 |
| 5L | 48.6 | 42.1 | 39.2 | 36.6 | 34.3 | 32.8 |

**Fuente:** Elaboración propia

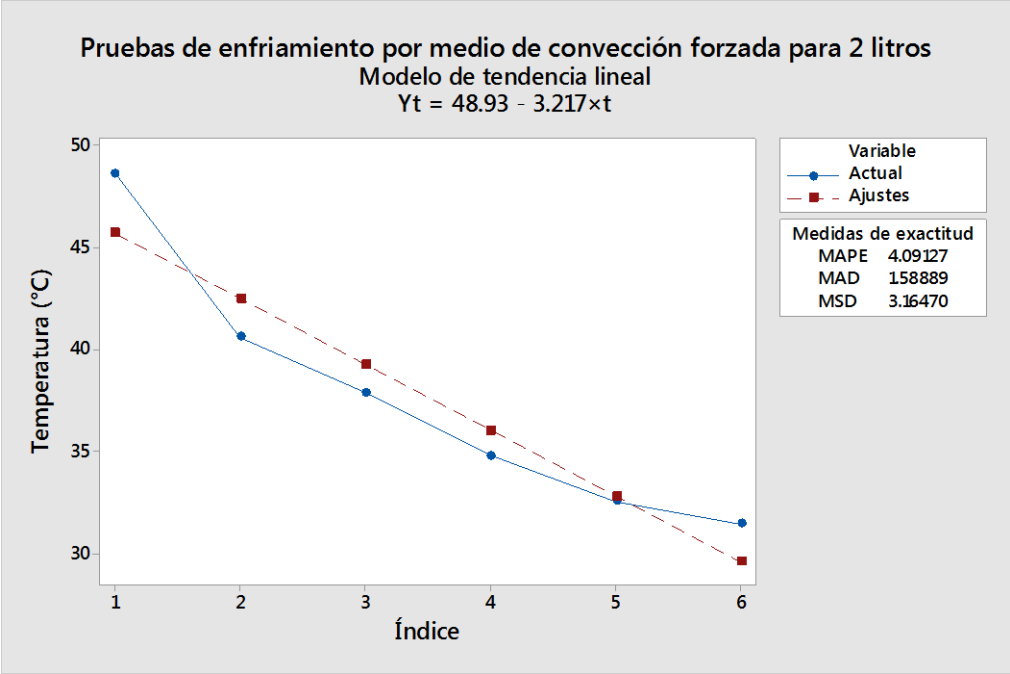



***Figura 42:*** Enfriamiento por medio convección natural para 2 litros
**Fuente:** Elaboración propia

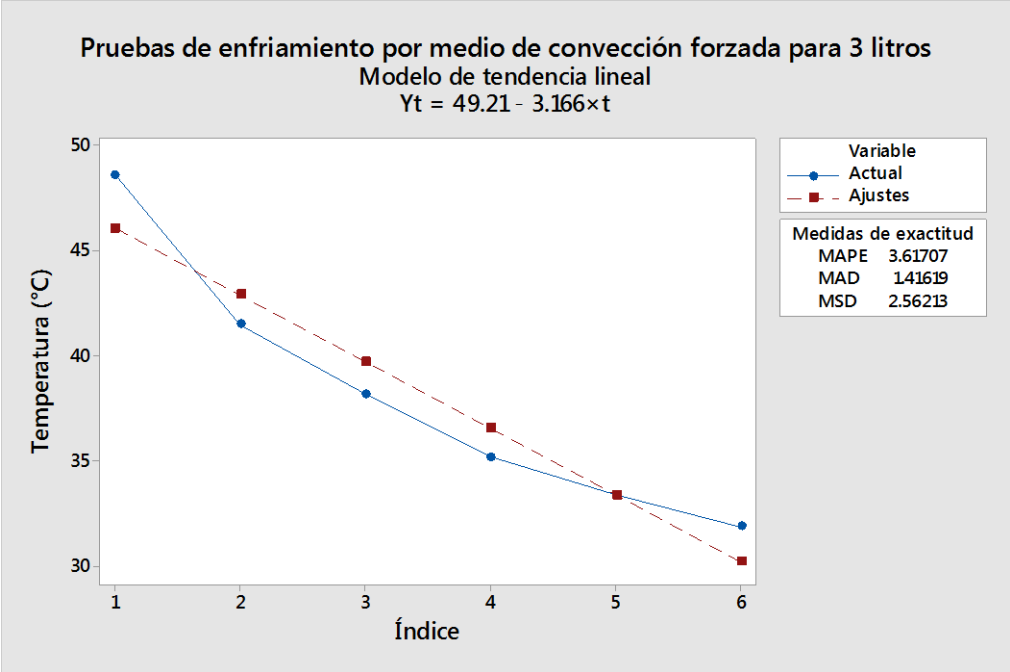



***Figura 43:*** Enfriamiento por medio convección natural para 3 litros
**Fuente:** Elaboración propia

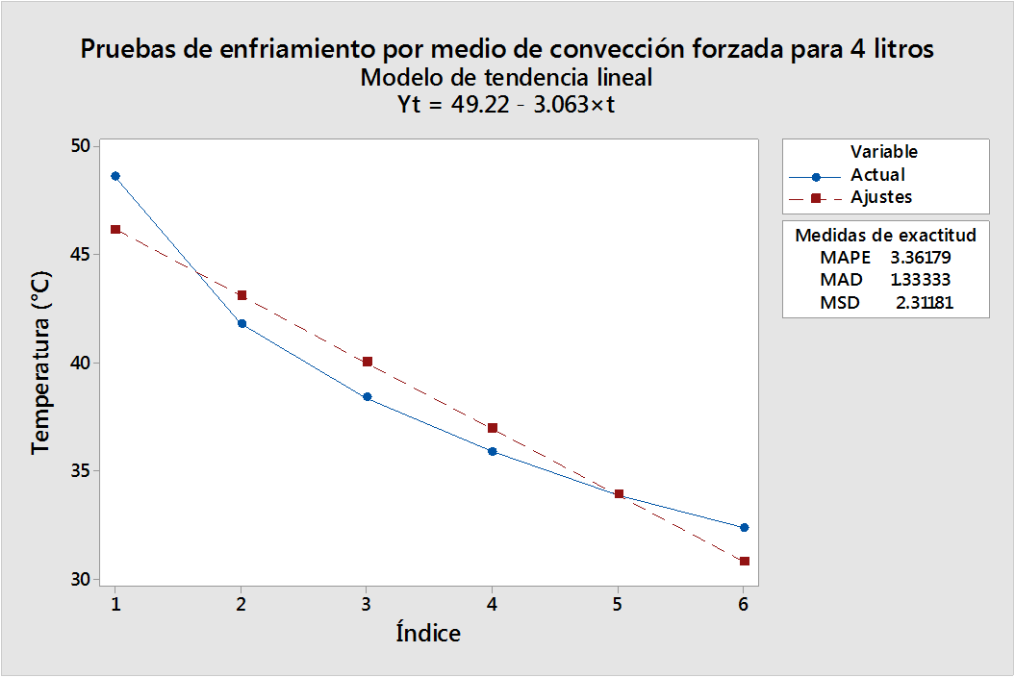



***Figura 44:*** Enfriamiento por medio convección natural para 4 litros
**Fuente:** Elaboración propia

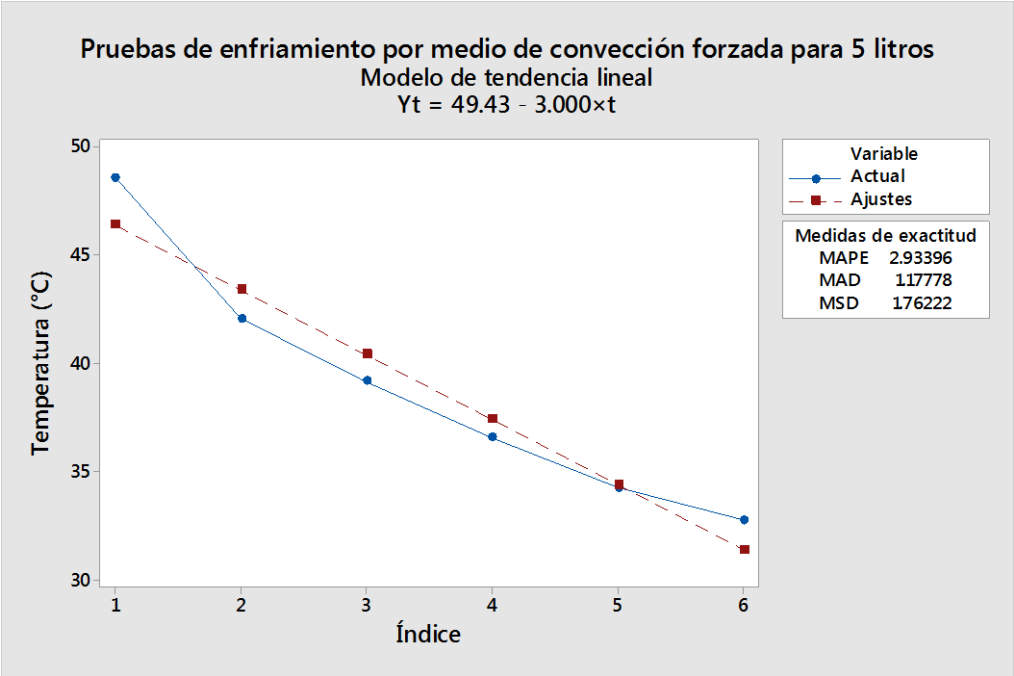



***Figura 45:*** Enfriamiento por medio convección natural para 5 litros
***Fuente:*** Elaboración propia

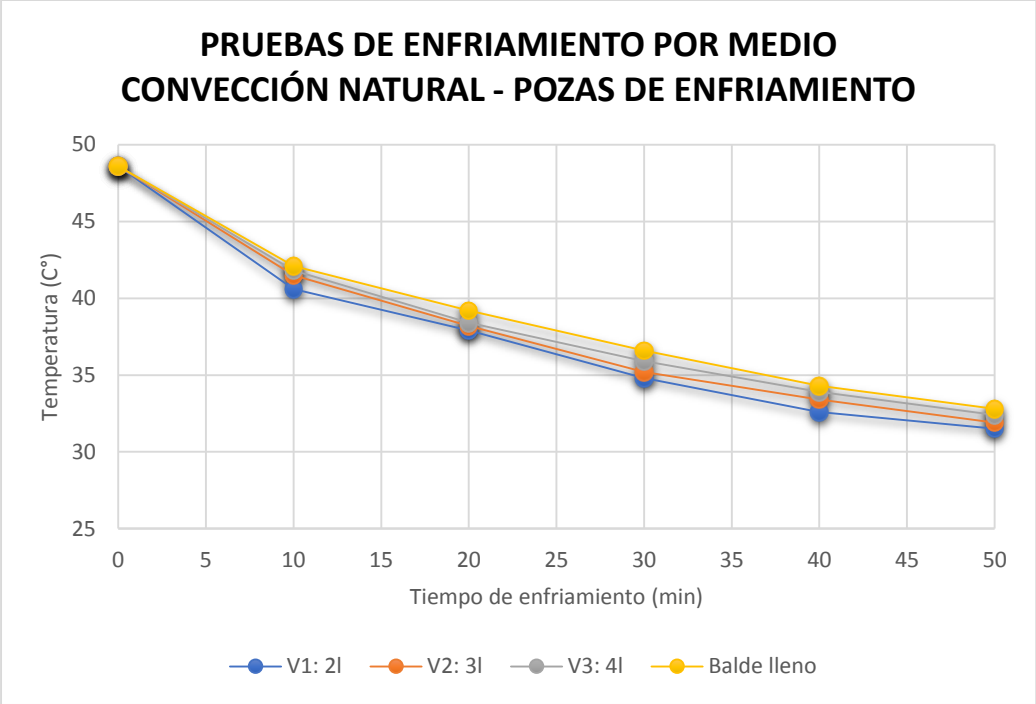



**Figura 46:** *Enfriamiento por medio convección natural (pozas de enfriamiento) – balde de plástico*
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

- Los resultados nos muestran que: a) se logra bajar la temperatura por debajo del límite máximo permisible, b) el objetivo se logra entre 30 y 40 minutos a diferencia que en las primeras pruebas se lograban entre 20 y 30 minutos, esto se debe al incremento de volumen de agua.

- También cabe mencionar que las temperaturas de los cuatro volúmenes puestos a prueba en 40 minutos son similares, es decir que el volumen no influye totalmente en la temperatura para este método, debido a esto para el diseño de los tanques tanto del sistema piloto como del sistema general se pueden tomar como referencia cualquiera

de los cuatro volúmenes, nosotros recomendamos el tercer volumen ya que de esta manera se tiene una menor área de construcción.

- Las pruebas de enfriamiento convección natural se realizaron en dos tipos de material (vidrio y plástico); esto se realizó para determinar si el material afectaba al proceso y también para evaluar áreas, según las pruebas realizas se puede afirmar que: el material no afecta el proceso, debido a que los valores de temperatura son similares en ambos materiales.

**CABEMENCIONAR QUE:** El agua de muestra para las diferentes pruebas, es la combinación del efluente de dos tuberías, estas son las que arrojan el agua de las piscinas municipales de baños del inca hacia el cauce del rio chonta, cabe mencionar que la mezcla se realizó en partes iguales es decir 40L de cada tubería.

**c. Análisis estadístico respecto al proceso de enfriamiento**

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Agitación con respecto a las pruebas realizadas en vaso de precipitación**

**Tabla 24:** *Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs agitación – vaso de precipitación*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 25:** *Análisis de varianza para temperatura vs agitación – vaso de precipitación*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Agitación | 2 | 60.80 | 30.40 | 0.54 | 0.586 |
| Error | 51 | 2871.59 | 56.31 | | |
| Total | 53 | 2932.39 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 25, no existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.586 es mayor a α= 0.05.

**Tabla 26:** *Medias para temperatura vs agitación – vaso de precipitación*

| Agitación | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 18 | 33.85 | 8.22 | (30.30, 37.40) |
| 80 | 18 | 36.44 | 6.86 | (32.89, 40.00) |
| 160 | 18 | 35.01 | 7.37 | (31.46, 38.56) |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 26, la media más baja es la de 0 agitación es decir el método de convección natural (pozas de enfriamiento).

**Tabla 27:** *Comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación – vaso de precipitación*

| Agitación | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 80 | 18 | 36.44 | A |
| 160 | 18 | 35.01 | A |
| 0 | 18 | 33.85 | A |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 27, comparación en parejas de Tukey para temperatura vs agitación – vaso de precipitación, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que tenemos una sola agrupación representada por A.

**Tabla 28:** *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para temperatura vs agitación – vaso de precipitación*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 - 0 | 2.59 | 2.50 | (-3.44, 8.63) | 1.04 | 0.557 |
| 160 - 0 | 1.16 | 2.50 | (-4.87, 7.19) | 0.46 | 0.888 |
| 160 - 80 | -1.43 | 2.50 | (-7.46, 4.60) | -0.57 | 0.835 |

*Nivel de confianza individual = 98.05%*

**Fuente:** Elaboración propia

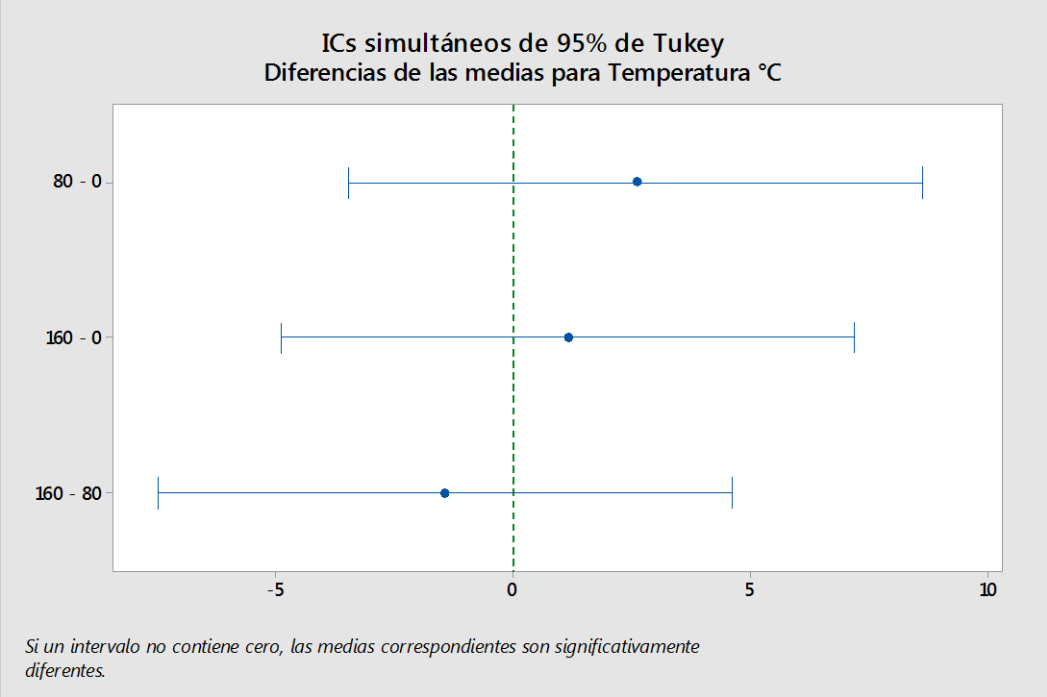



***Figura 47:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 28 y la figura 47:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.05%, lo que indica que existe un 98.05% de seguridad que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo.

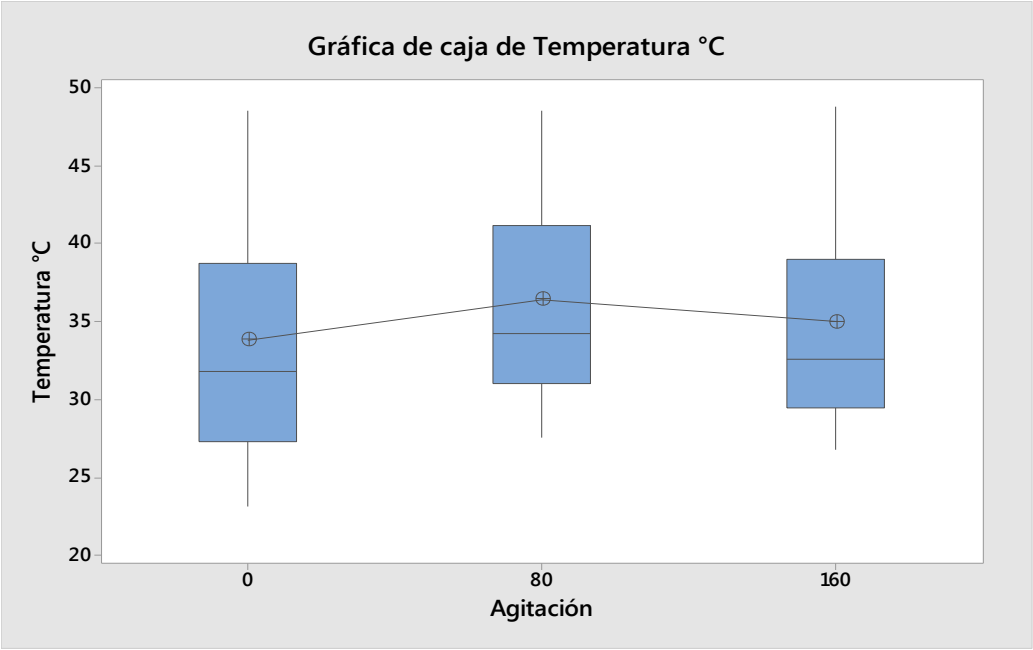



***Figura 48:*** Gráfica de cajas para temperatura vs agitación – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 48, gráfica de cajas, las medias de disminución de temperatura tienen una ligera diferencia.

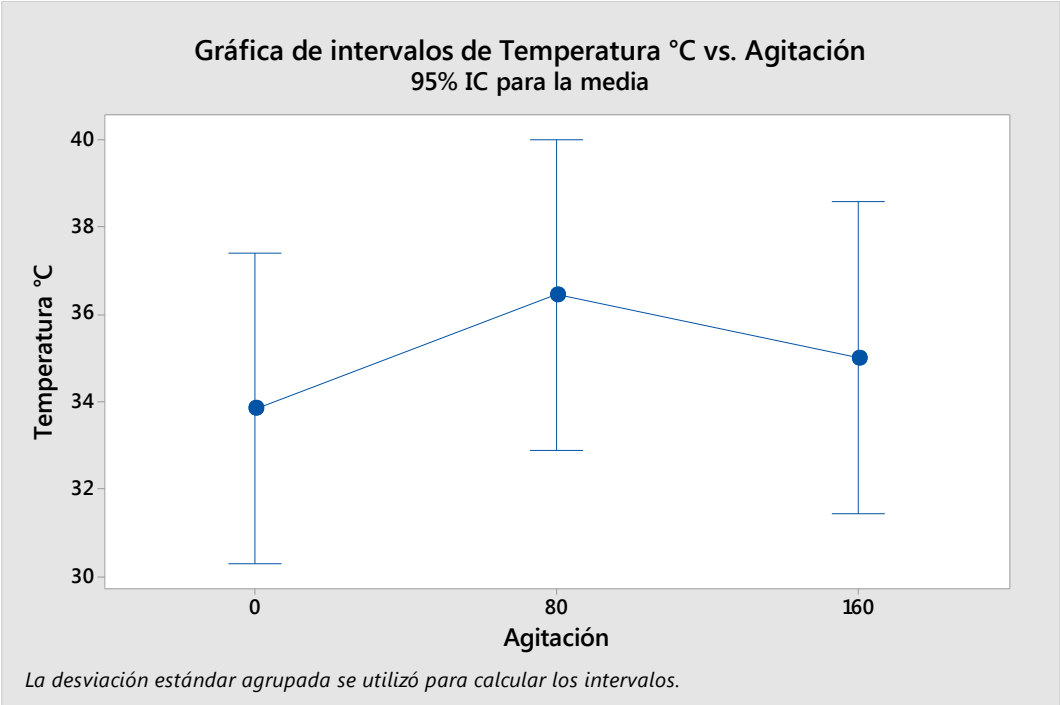



***Figura 49:*** Gráfica de intervalos para temperatura vs agitación – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 49, gráfica de intervalos para temperatura vs agitación – vaso de precipitación, la media más baja es la de 0 agitación es decir el método de convección natural (pozas de enfriamiento), por ende, tiene el mayor porcentaje de disminución de temperatura por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Volumen de muestra con respecto a las pruebas realizadas en vaso de precipitación**

**Tabla 29:** *Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 30:** *Análisis de varianza para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Agitación | 2 | 51.42 | 25.71 | 0.46 | 0.637 |
| Error | 51 | 2871.59 | 56.49 | | |
| Total | 53 | 2932.39 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 31:** *Medias para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación*

| Volumen (mL) | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 300 | 18 | 33.76 | 8.01 | (30.20, 37.32) |
| 400 | 18 | 35.49 | 7.37 | (31.93, 39.05) |
| 500 | 18 | 36.06 | 7.14 | (32.50, 39.61) |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 32:** *Pruebas simultáneas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 400 - 300 | 1.73 | 2.51 | (-4.31, 7.77) | 0.69 | 0.771 |
| 500 - 300 | 2.29 | 2.51 | (-3.75, 8.34) | 0.92 | 0.633 |
| 500 - 400 | 0.57 | 2.51 | (-5.47, 6.61) | 0.23 | 0.972 |

Nivel de confianza individual = 98.05%

**Fuente:** Elaboración propia

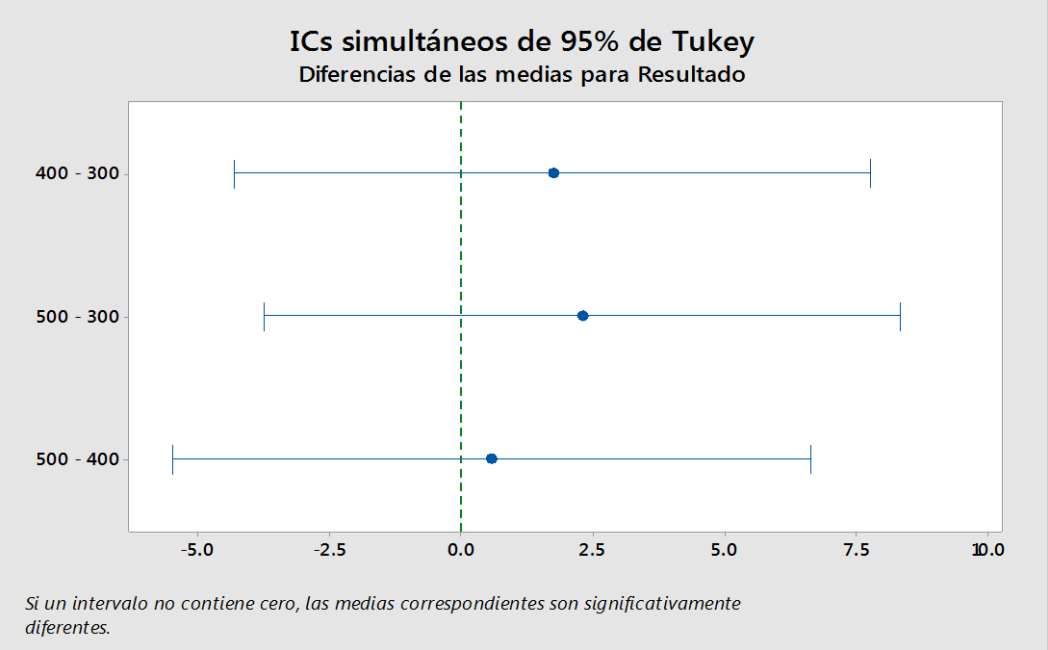



***Figura 50:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 32 y la figura 50:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.

- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.05%, lo que indica que existe un 98.05% de seguridad que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de

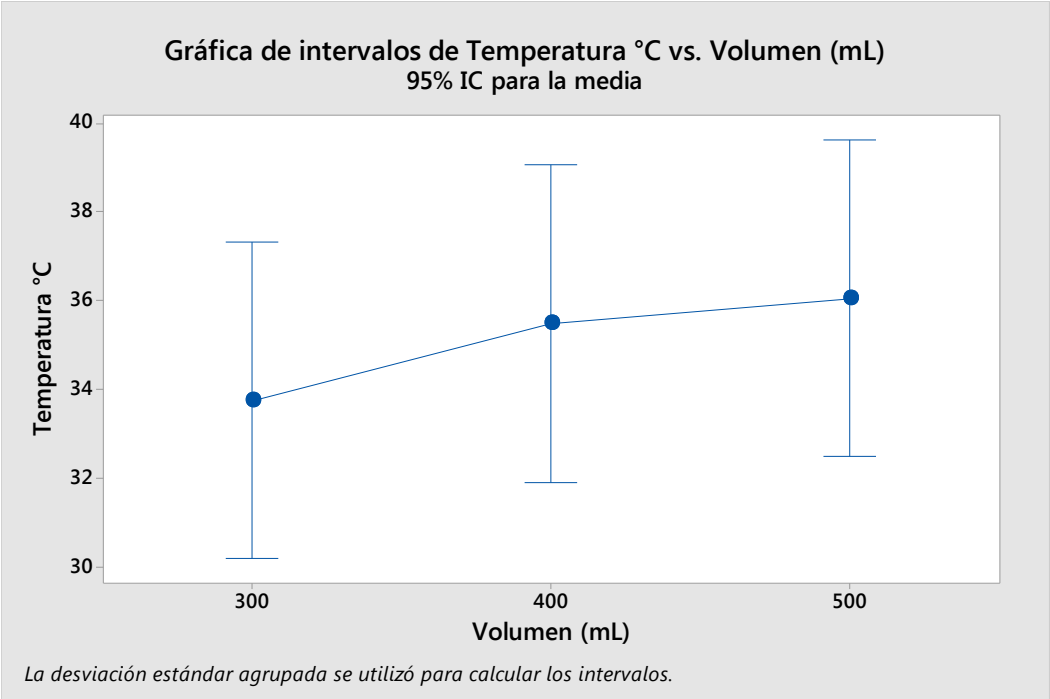



***Figura 51:*** Gráfica de intervalos para para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 51, gráfica de intervalos para temperatura vs volumen de muestra – vaso de precipitación, en las medias existe una ligera diferencia, siendo la más eficiente la media de 300 ml, por ende, tiene el mayor porcentaje de disminución de

temperatura por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Tiempo de enfriamiento con respecto a las pruebas realizadas en vaso de precipitación**

**Tabla 33:** *Medias para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación*

| Tiempo | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 9 | 48.6667 | 0.1000 | (47.4806, 49.8527) |
| 10 | 9 | 39.089 | 1.656 | (37.903, 40.275) |
| 20 | 9 | 34.711 | 1.830 | (33.525, 35.897) |
| 30 | 9 | 31.678 | 1.937 | (30.492, 32.864) |
| 40 | 9 | 29.456 | 1.834 | (28.269, 30.642) |
| 50 | 9 | 27.011 | 2.360 | (25.825, 28.197) |

**Fuente:** Elaboración propia

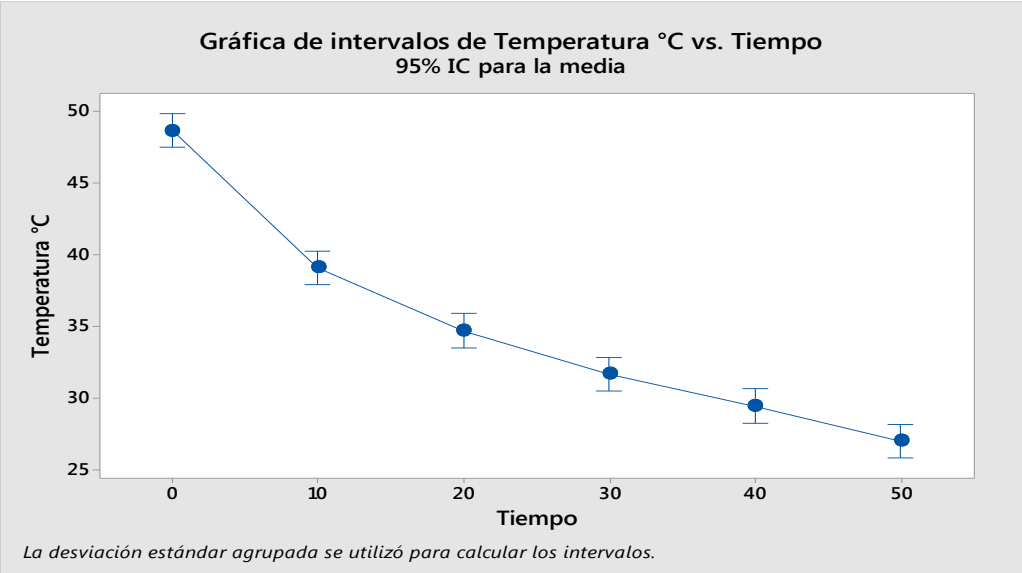



***Figura 52:*** Gráfica de intervalos para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 33 y la figura 52, de acuerdo con las medias se necesita aproximadamente 30 min de tiempo de enfriamiento para lograr disminuir la temperatura por debajo de 35 °C valor establecido en los LMPs.

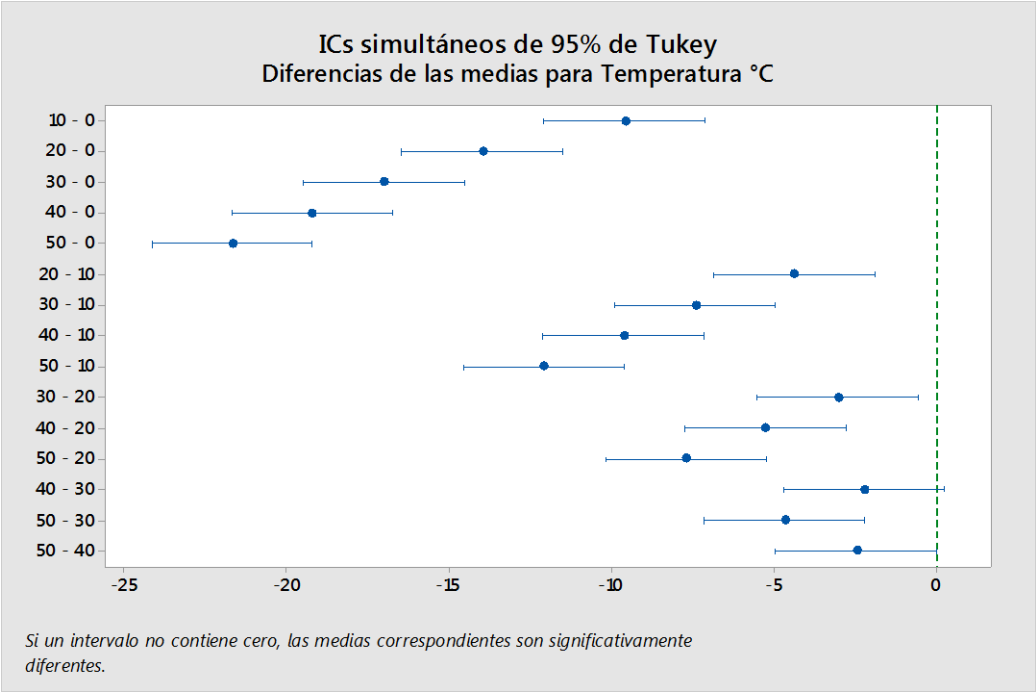



***Figura 53:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs tiempo de enfriamiento – vaso de precipitación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 53 todos los intervalos de confianza no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente es significativa entre estos pares.

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Agitación con respecto a las pruebas realizadas en balde de plástico**

**Tabla 34:** *Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs agitación - balde de plástico*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 35***: Análisis de varianza para temperatura vs agitación - balde de plástico*

| fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Agitación | 1 | 38.44 | 38.44 | 1.33 | 0.256 |
| Error | 34 | 979.96 | 28.82 | | |
| Total | 35 | 1018.40 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 35, no existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.256 es mayor a α= 0.05.

**Tabla 36:** *Medias para temperatura vs agitación - balde de plástico*

| Agitación | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 18 | 38.10 | 5.80 | (35.53, 40.67) |
| 160 | 18 | 40.17 | 4.90 | (37.60, 42.74) |
| *Desv.Est. agrupada = 5.36865* | | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 36, la media más baja es la de 0 agitación es decir el método de convección natural (pozas de enfriamiento) lo cual consta las primeras pruebas realizadas en vasos de precipitación.

**Tabla 37:** *Comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación - balde de plástico*

| Agitación | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 160 | 18 | 40.17 | A |
| 0 | 18 | 38.10 | A |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 37, comparación en parejas de Tukey para el proceso de enfriamiento respecto a las pruebas en balde de plástico, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que tenemos una sola agrupación representada por A.

**Tabla 38:** *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las para temperatura vs agitación - balde de plástico*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 160 - 0 | 2.07 | 1.79 | (-1.57, 5.70) | 1.15 | 0.256 |

*Nivel de confianza individual = 95.00%*

**Fuente:** Elaboración propia

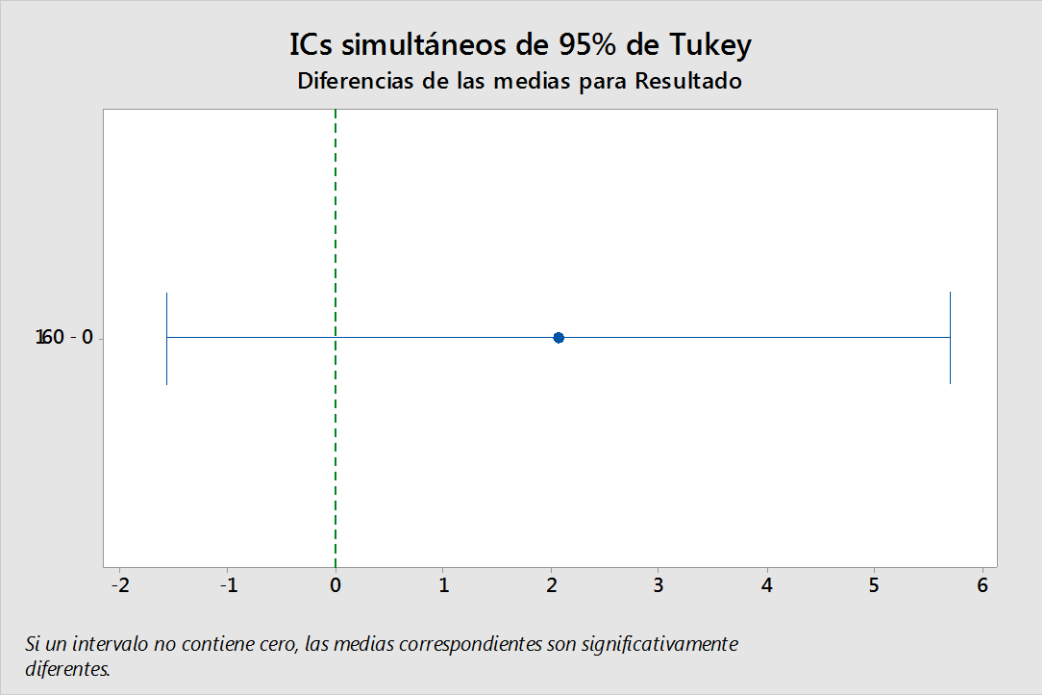



***Figura 54:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs agitación - balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 38 y la figura 54:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo y el individual es de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

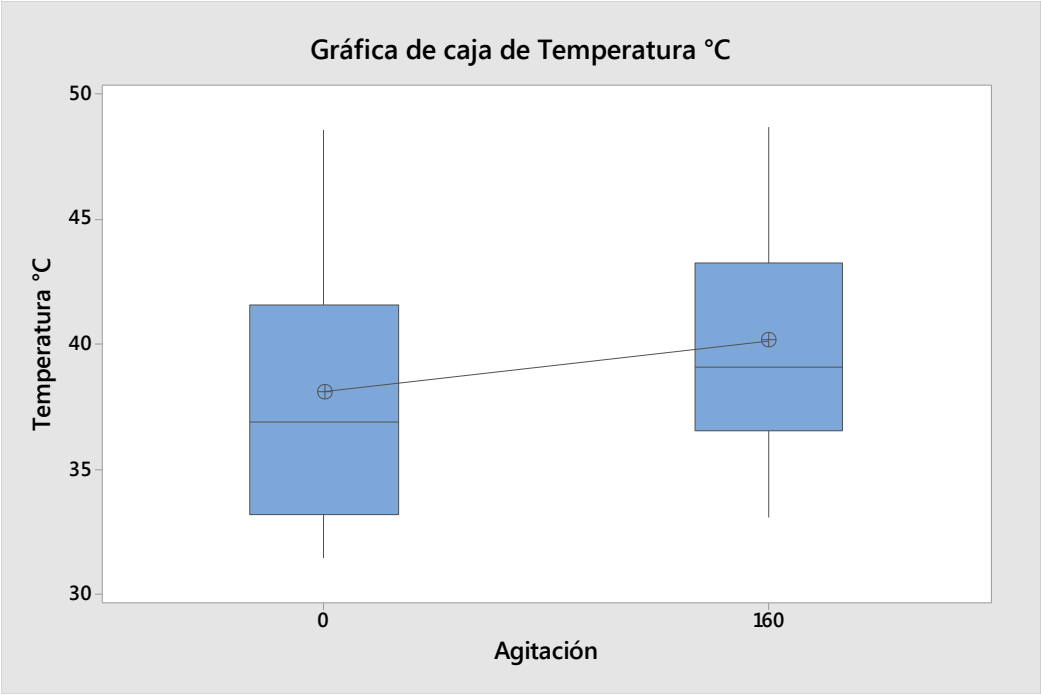



***Figura 55:*** Gráfica de cajas para temperatura vs agitación - balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 55, gráfica de cajas, las medias de disminución de temperatura con respecto a las revoluciones por minuto (RPM), tienen una ligera diferencia siendo el más eficiente el de 0 agitación es decir el método de convección natural.

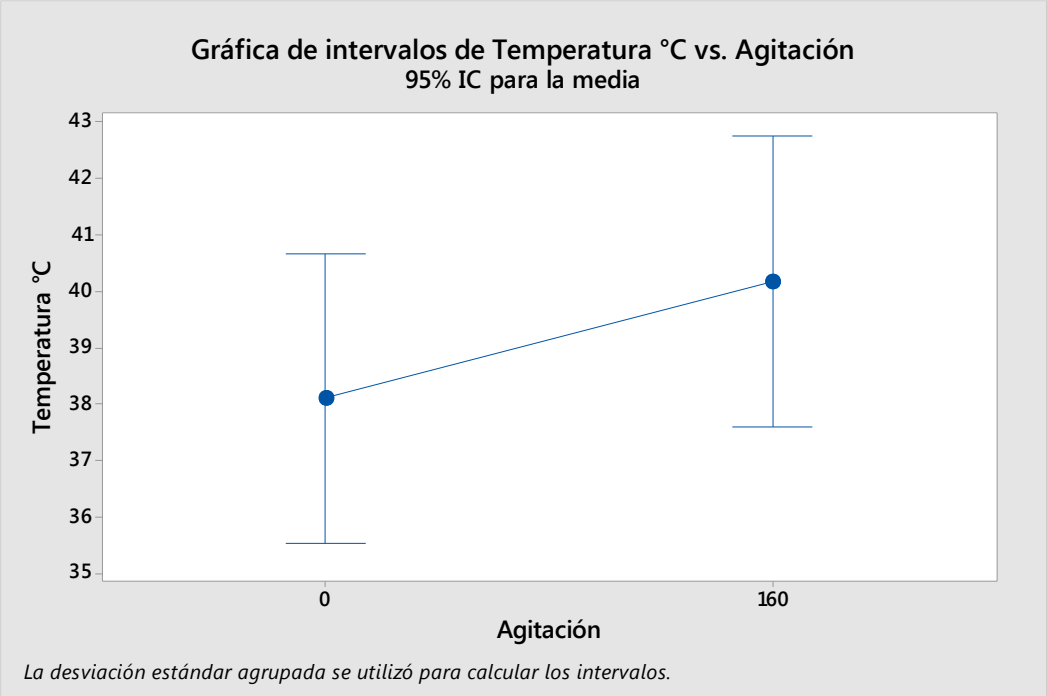



***Figura 56:*** Gráfica de intervalos para temperatura vs agitación - balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 56, gráfica de intervalos para el proceso de enfriamiento respecto a las pruebas en balde de plástico, la media más baja es la de 0 agitación es decir el método de convección natural (pozas de enfriamiento), por ende, tiene el mayor porcentaje de disminución de temperatura por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Volumen de muestra con respecto a las pruebas realizadas en balde de plástico**

**Tabla 39:** *Hipótesis estadística de ANOVA para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 40:** *Análisis de varianza para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Agitación | 2 | 17.07 | 8.536 | 0.28 | 0.757 |
| Error | 33 | 1001.33 | 30.343 | | |
| Total | 35 | 1018.40 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 41:** *Medias para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico*

| Volumen (mL) | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 12 | 38.23 | 5.84 | (34.99, 41.46) |
| 3000 | 12 | 39.28 | 5.46 | (36.05, 42.52) |
| 4000 | 12 | 39.89 | 5.21 | (36.66, 43.13) |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 42:** *Pruebas simultáneas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 3000 - 2000 | 1.06 | 2.25 | (-4.46, 6.58) | 0.47 | 0.886 |
| 4000 - 2000 | 1.67 | 2.25 | (-3.85, 7.18) | 0.74 | 0.741 |
| 4000 - 3000 | 0.61 | 2.25 | (-4.91, 6.13) | 0.27 | 0.961 |
| Nivel de confianza individual = 98.04% | | | | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

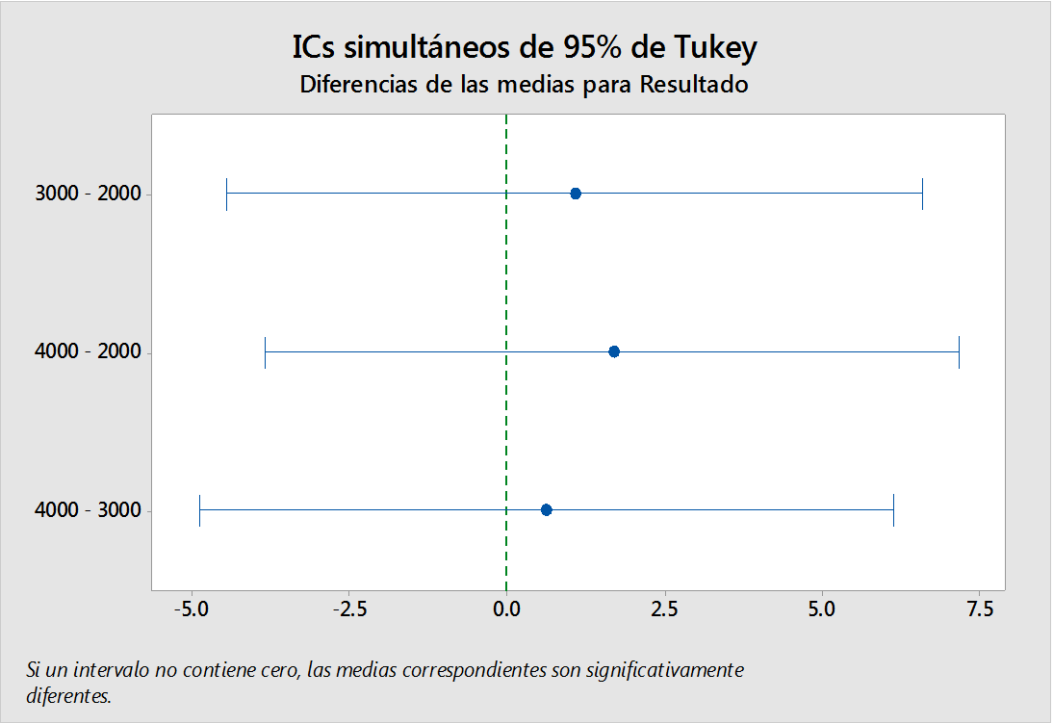



***Figura 57:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 42 y la figura 57:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.05%, lo que indica que existe un 98.04% de seguridad que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de

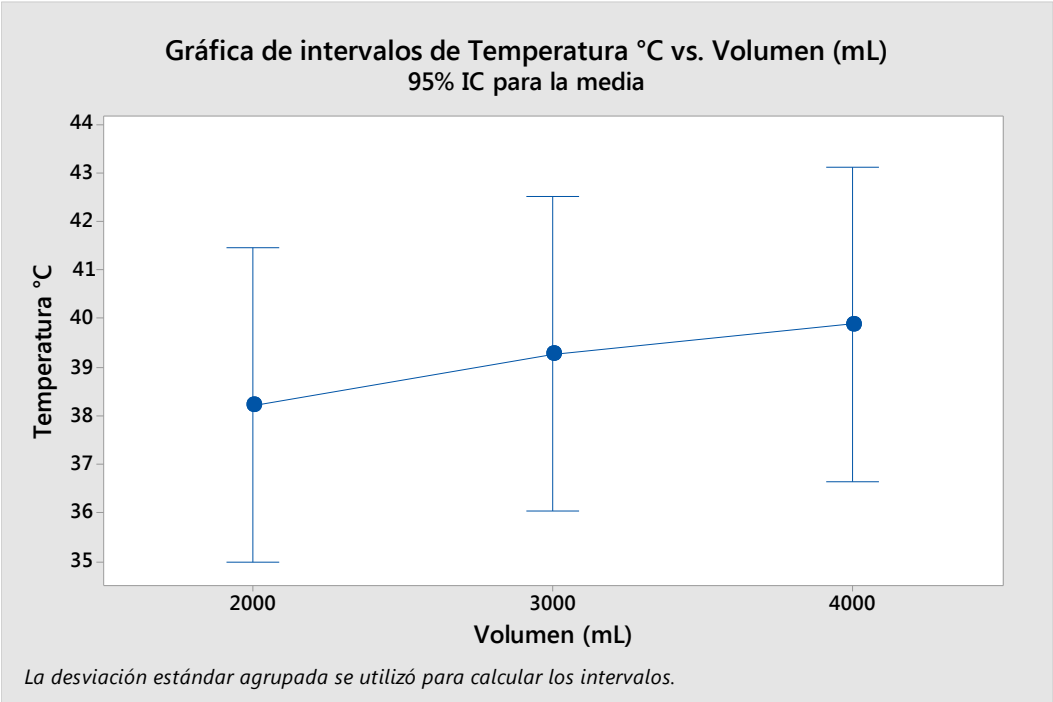



***Figura 58:*** Gráfica de intervalos para para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 58, gráfica de intervalos para temperatura vs volumen de muestra – balde de plástico, en las medias existe una ligera diferencia, siendo la más eficiente la media de 300 ml, por ende, tiene el mayor porcentaje de disminución de temperatura por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Temperatura vs Tiempo de enfriamiento con respecto a las pruebas realizadas en balde de plástico**

**Tabla 43:** *Medias para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico*

| Tiempo | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 6 | 48.6500 | 0.0548 | (47.3290, 49.9710) |
| 10 | 6 | 42.100 | 1.122 | (40.779, 43.421) |
| 20 | 6 | 39.200 | 1.416 | (37.879, 40.521) |
| 30 | 6 | 36.683 | 1.831 | (35.362, 38.004) |
| 40 | 6 | 34.717 | 2.088 | (33.396, 36.038) |
| 50 | 6 | 33.450 | 2.021 | (32.129, 34.771) |

**Fuente:** Elaboración propia

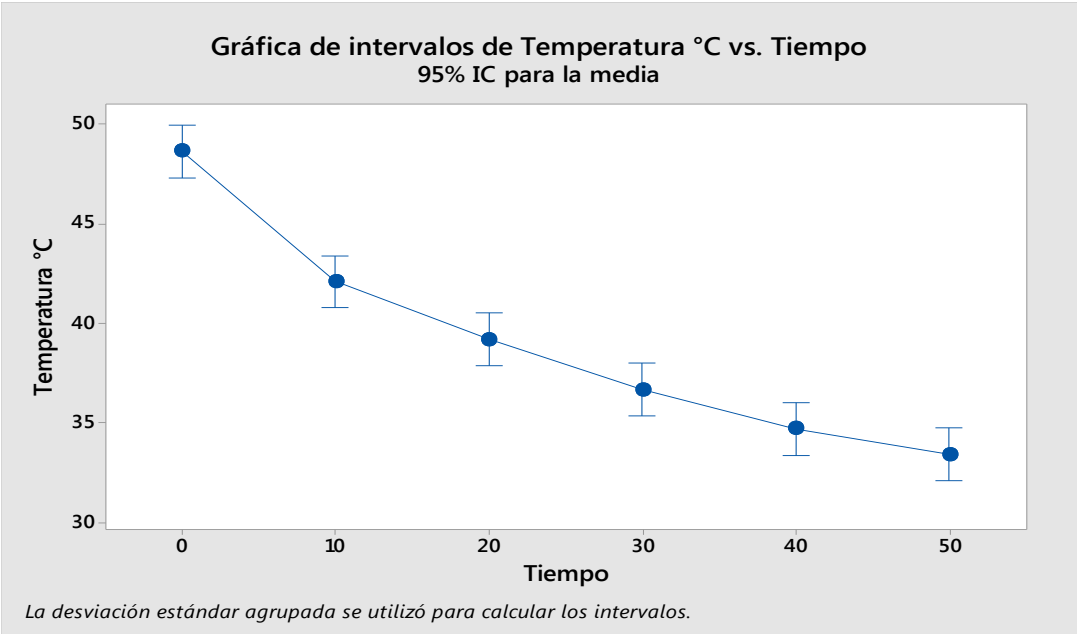



***Figura 59:*** Gráfica de intervalos para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 43 y la figura 59, de acuerdo con las medias se necesita aproximadamente 40 min de tiempo de enfriamiento para lograr disminuir la temperatura por debajo de 35 °C valor establecido en los LMPs.

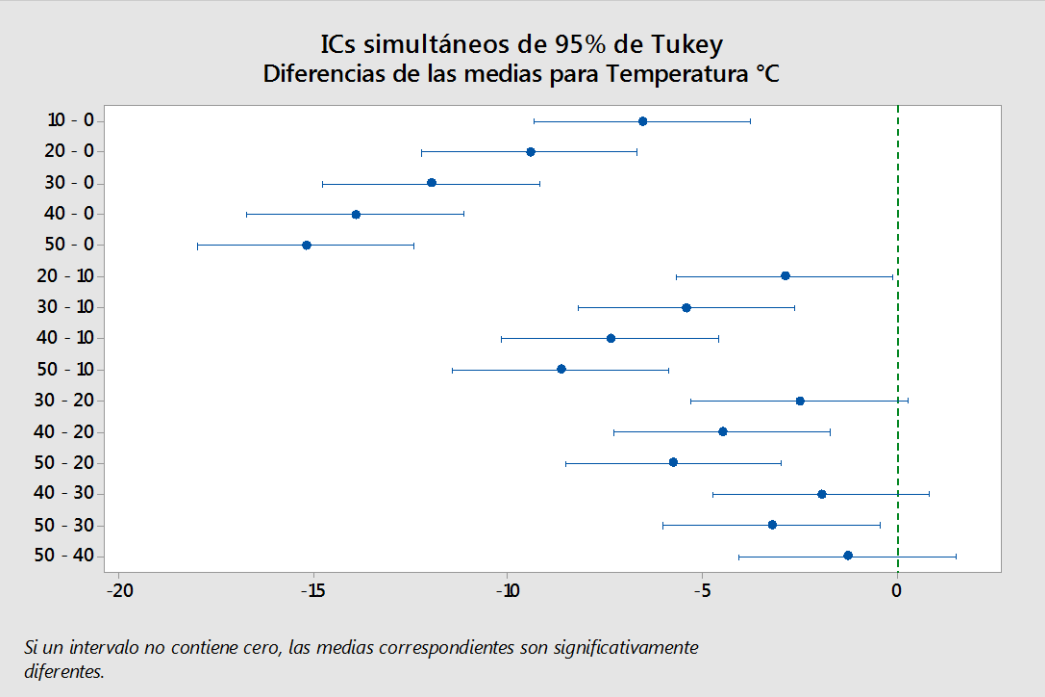



***Figura 60:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para temperatura vs tiempo de enfriamiento – balde de plástico
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 60 tres intervalos de confianza (30-20, 40-30 y 50-40) incluyen el cero es decir que la diferencia estadísticamente es significativa entre estos pares, mientras que en los otros intervalos de confianza no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente es significativa entre estos pares.

### d. Evaluación de los resultados más relevantes de ambos procesos

**Tabla 44:** *Evaluación de los resultados más relevantes de ambos procesos de enfriamiento*

| Evaluación de los resultados más relevantes de ambos procesos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vaso de precipitación | | | Balde de plástico | |
| | TIEMPO 40min | | | TIEMPO 40min | |
| Volumen de muestra (ml) | C. Forzada | C. Natural | Volumen de muestra (L) | C. Forzada | C. Natural |
| | **TEMPERATURA °C** | | | **TEMPERATURA °C** | |
| **300** | 28.2 | 25.8 | **2** | 33.8 | 32.6 |
| **400** | 29.9 | 28.8 | **3** | 36.7 | 33.4 |
| **500** | 30.4 | 29.4 | **4** | 37.9 | 33.9 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según los resultados mostrados en la tabla 44 se puede afirmar que: a) los resultados de ambos procesos son muy similares, b) los dos procesos son eficientes, debido a que ambos procesos logran reducir la temperatura.

Para el diseño del sistema se optó por el proceso de enfriamiento de convección natural debido a que tiene la misma eficiencia y es menos costoso que el proceso de convección forzada (agitación), así mismo se optó por este proceso aprovechando que tenemos un caudal intermitente es decir todos los días a partir de las 5.30 pm a 7.00pm se tiene flujo de agua. Entonces nosotros vamos a aprovechar el factor de la temperatura ambiente para enfriar el agua; es decir se va a construir pozas de enfriamiento para depositar el agua y durante toda la noche se enfrié el agua que se teniente de las piscinas municipales de Baños del Inca.

#### 4.2.2.2.Discusión de resultados del proceso de enfriamiento

El proceso de enfriamiento del efluente que vertido hacía el río chonta tiene una temperatura elevada por lo que afecta la calidad del agua y la vida acuática presente en cuerpo de agua receptor, por ello que se realizó dos posibles métodos en los cuales se pretendió determinar cuál es de mayor efectividad, una con agitación durante un periodo de 50 minutos y el otro de forma natural por mismo periodo de tiempo, determinado según las pruebas realizadas el más efectivo es realizar dos pozas de enfriamiento de forma natural, además de ser el más conveniente porque no tenemos un flujo de agua constante.

Como es normal en ambos casos en el proceso de agitación y de forma natural en menor volumen de agua se enfrió en menos tiempo y el de mayor volumen demoró un poco más. En la agitación se tuvo dos velocidades en las pruebas de jarras una de 80 RMP y la otra de 160 RPM como es evidente en la de mayores revoluciones bajo mayor la temperatura, sin embargo, el proceso de enfriamiento de manera natural fue más efectivo.

### 4.2.3. Proceso de coagulación - floculación

#### 4.2.3.1. Resultados obtenidos

Se consideró el proceso de coagulación – floculación debido a la alta presencia de detergentes (SAAM) que existe en el agua de las piscinas municipales de Baños del Inca, siendo uno de los 3 parámetros que superan el límite establecido en la norma.

Para logar reducir la concentración de detergentes se tiene los siguientes métodos más relevantes:

- Cloruro férrico como coagulante
- Minerales arcillosos (montmorillonita y bentonita) como coagulantes.
- Polielectrolitos como coagulante

Según la revista International Journal of Chemical and Environmental Engineering Volumen 1, No.2 – 2010. Afirma que los tres métodos ayudan a disminuir la concentración de detergentes teniendo el siguiente porcentaje de remoción de detergentes 71%, 84% y 87% respectivamente. Siendo el más eficiente el método de polielectrolitos como coagulante, así mismo este tipo de coagulante es el más comercial en el mercado y menos costoso que los otros dos métodos, por esta razón se optó por poner a prueba el método de polielectrolitos como coagulante siguiendo las especificaciones y datos que utilizaron para realizar su método experimental en dicha revista.

Según la revista International Journal of Chemical and Environmental Engineering Volumen 1, No.2 – 2010. Se delimita los siguientes datos.

Datos limitados (no cambiables):

- RPM: 150
- Tiempo de agitación: 5min
- Concentración: 0.05g/L

Establecido estos términos para evaluar este proceso se diseñó el proceso de experimentos y se realizó las siguientes pruebas a nivel de laboratorio (sistema Bach).

**a. Diseño de experimental del proceso de coagulación - floculación**

**Tabla 45:** *Diseño de experimento de coagulación - floculación*

| Diseño de experimento de coagulación - floculación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N° de prueba | RPM | Volumen de muestra (ml) | Tiempo de sedimentación (min) | Volumen de coagulante (ml) | Temperatura |
| 1 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 0.5 | Ambiente (20°C) |
| 2 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 1 | Ambiente (20°C) |
| 3 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 2 | Ambiente (20°C) |
| 4 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 3 | Ambiente (20°C) |
| 5 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 4 | Ambiente (20°C) |
| 6 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 0.5 | 35°C |
| 7 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 1 | 35°C |
| 8 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 2 | 35°C |
| 9 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 3 | 35°C |
| 10 | 150 | 500 | 0, 10, 20, 30, 40, 50 | 4 | 35°C |

**Fuente:** Elaboración propia

**b. Pruebas de coagulación – floculación a temperatura ambiente**

Todas las pruebas se realizaron en el test de jaras en vasos de precipitación de 500ml, para realizar estas pruebas

se dividió en dos partes de la 1 a la 5 y de la 6 a la 10 obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 46:** *Resultados de las pruebas de coagulación - floculación (a 20°C de temperatura)*

| **Pruebas de coagulación – floculación** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° de prueba | Volumen(ml) de Coagulante | Tiempo(min) de Sedimentación | | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| | | RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) | | | | | | |
| 1 | 0.5 | 2.74 | 0.68 | 0.52 | 0.51 | 0.58 | 0.63 | 0.5 |
| 2 | 1 | 2.74 | 0.82 | 0.54 | 0.53 | 0.44 | 0.6 | 0.56 |
| 3 | 2 | 2.74 | 1.26 | 0.78 | 0.68 | 0.72 | 0.48 | 0.65 |
| 4 | 3 | 2.74 | 0.58 | 0.5 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.55 |
| 5 | 4 | 2.74 | 0.87 | 0.72 | 0.65 | 0.61 | 0.54 | 0.58 |

**Fuente:** Elaboración propia

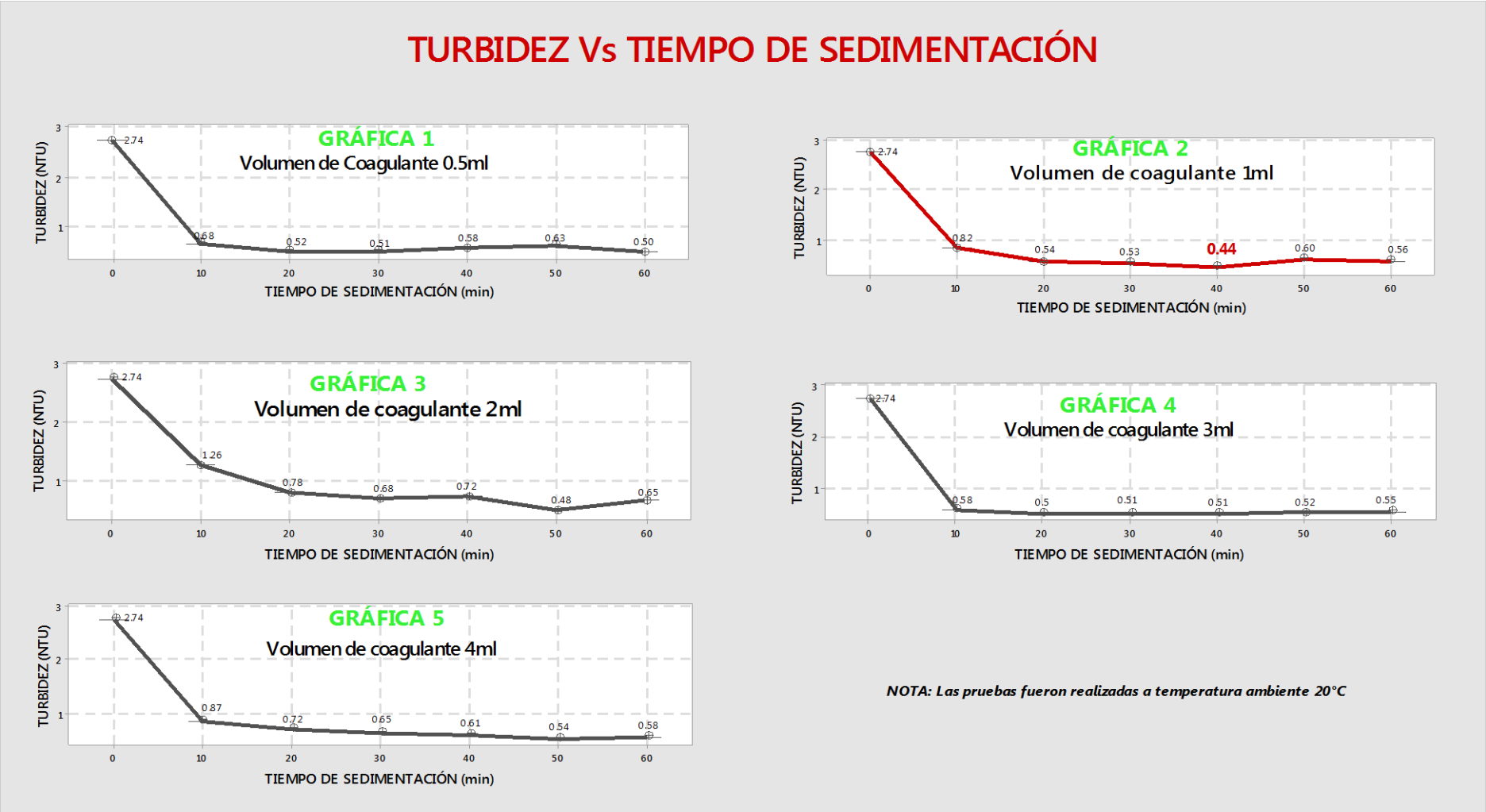



***Figura 61:*** Gráficas de caja de turbidez vs tiempo de sedimentación (a 20°C de temperatura)
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según los resultados mostrados en los gráficos de caja de la figura 61, se puede notar que, si se logra bajar la turbiedad considerablemente, por consecuencia se afirma que también se está disminuyendo la concentración de detergentes (SAAM), esto se da debido que la función del coagulante es juntar las partículas pequeñas y convertirlo en más grandes las cuales tienden a caer al fondo del recipiente.

Comparando las 5 graficas de la figura 6, se tiene que en la gráfica 2 se encuentra el valor más bajo, esto quiere decir que 1ml de coagulante es la dosificación más eficiente para este tipo de agua, debido que se logra bajar la turbidez de 2.74 a 0.44NTU.

**c. Pruebas de coagulación – floculación a 35°C de temperatura**

Igual que las primeras pruebas estas se realizaron también en el test de jarras en vasos de precipitación de 500ml, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 47:** *Resultados de las pruebas de coagulación - floculación (a 35°C de temperatura)*

| **Pruebas de coagulación – floculación** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **RESULTADOS DE TURBIDEZ (NTU) A DIFERENTES TIEMPOS DE SEDIMENTACIÓN** | | | | | | | | |
| N° de prueba | Volumen(ml) de Coagulante | Tiempo(min) de Sedimentación | | | | | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 6 | 0.5 | 3.68 | 0.89 | 0.52 | 0.63 | 0.67 | 0.67 | 0.57 |
| 7 | 1 | 3.68 | 0.57 | 0.49 | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.47 |
| 8 | 2 | 3.68 | 0.83 | 0.65 | 0.57 | 0.52 | 0.53 | 0.51 |
| 9 | 3 | 3.68 | 0.64 | 0.5 | 0.54 | 0.61 | 0.6 | 0.52 |
| 10 | 4 | 3.68 | 0.72 | 0.68 | 0.52 | 0.58 | 0.55 | 0.72 |

**Fuente:** Elaboración propia

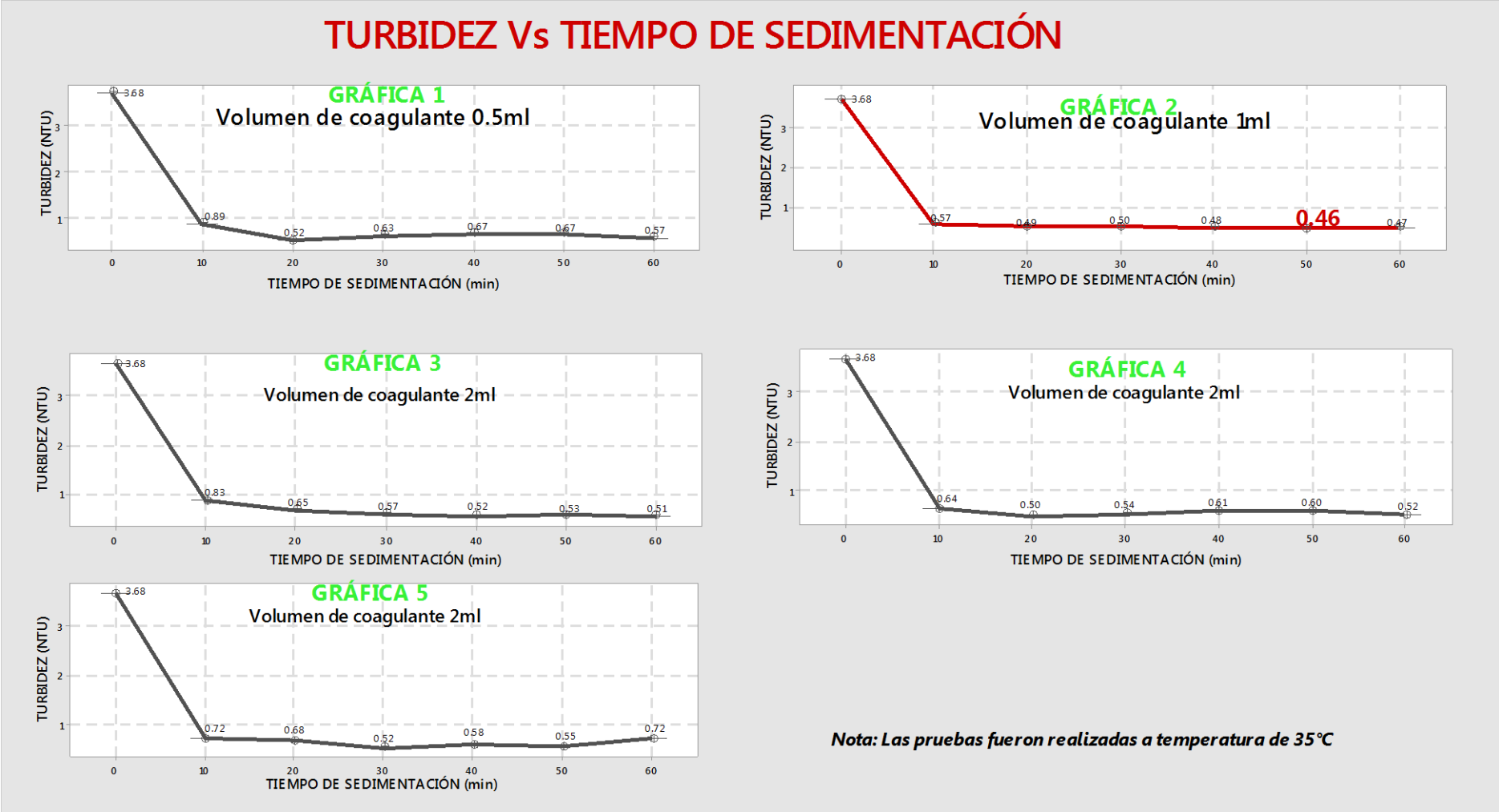



***Figura 62:*** Gráficas de caja de turbidez vs tiempo de sedimentación (a 35°C de temperatura)
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

De acuerdo con las pruebas realizadas a nivel de laboratorio (sistema Bach) se obtiene que: En la gráfica 2 de la figura 62 se encuentra el valor más bajo, esto quiere decir que igual que en las primeras pruebas el volumen más eficiente de coagulante es 1ml debido que se logra bajar la turbiedad de 3.68 a 0.46 NTU.

Los resultados son muy similares a los realizados a temperatura ambiente (20°c), ya que las pruebas se realizaron en las mismas condiciones y mismas cantidades. Esto nos conlleva a afirmar que el cambio de temperaturas no afecta el proceso.

**d. Comparación de las gráficas más relevantes de las pruebas de coagulación – floculación**

En este apartado se comparó las dos graficas en las cuales se obtuvo los mejores resultados es decir con la dosificación de 1ml de coagulante para 500ml de muestra.

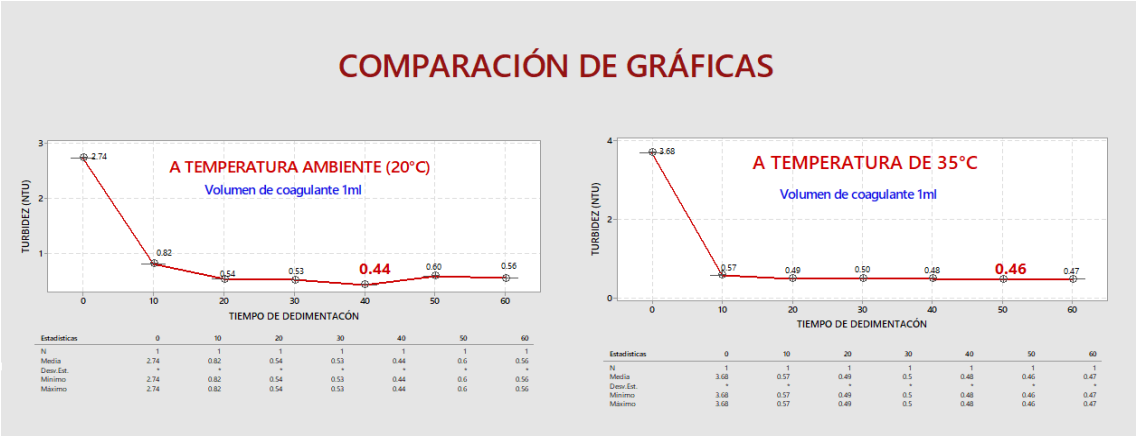



***Figura 63:*** Comparación de gráficas más relevantes de las pruebas de coagulación - floculación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se realizó la comparación de las dos graficas con las cuales obtuvimos los mejores resultados.

Sin lugar a duda el volumen de coagulante que más baja la turbiedad es un 1ml/0.5L, como se puede observar los resultados de ambas graficas son muy parecidos ya que a 20°C de temperatura el resultado más bajo fue de 0.44NTU y a 35°C de temperatura el resultado fue de 0.46NTU. Esto nos conlleva a concluir con la siguiente afirmar que el cambio de temperaturas no afecta al proceso.

**e. Análisis estadístico respecto al proceso de coagulación – floculación**

- **ANOVA de un solo factor: Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)**

**Tabla 4841:** *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 49:** *Análisis de varianza para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Volumen de coagulante(mL) | 4 | 0.1565 | 0.03913 | 0.04 | 0.997 |
| Error | 65 | 61.2636 | 0.94252 | | |
| Total | 69 | 61.4201 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 49, no existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.997 es mayor a α= 0.05.

**Tabla 50:** *Medias para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)*

| Volumen de coagulante(mL) | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 14 | 0.985 | 0.966 | (0.467, 1.503) |
| 1.0 | 14 | 0.920 | 0.992 | (0.402, 1.438) |
| 2.0 | 14 | 1.043 | 0.957 | (0.525, 1.561) |
| 3.0 | 14 | 0.929 | 0.985 | (0.410, 1.447) |
| 4.0 | 14 | 1.011 | 0.954 | (0.493, 1.530) |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 50, la media más baja se encuentra en el volumen de 1ml de coagulante.

**Tabla 51:** *Comparaciones en parejas de Tukey para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)*

| Volumen de coagulante(mL) | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 2.0 | 14 | 1.043 | A |
| 4.0 | 14 | 1.011 | A |
| 0.5 | 14 | 0.985 | A |
| 3.0 | 14 | 0.929 | A |
| 1.0 | 14 | 0.920 | A |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 51, comparación en parejas de Tukey para turbidez vs volumen de coagulante, indica que no existe

diferencia significativa entre las medias debido, a que tenemos una sola agrupación representada por A.

**Tabla 52:** *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para Turbidez vs Volumen de coagulante (ml)*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 - 0.5 | -0.065 | 0.367 | (-1.095, 0.965) | -0.18 | 1.000 |
| 2.0 - 0.5 | 0.058 | 0.367 | (-0.972, 1.088) | 0.16 | 1.000 |
| 3.0 - 0.5 | -0.056 | 0.367 | (-1.087, 0.974) | -0.15 | 1.000 |
| 4.0 - 0.5 | 0.026 | 0.367 | (-1.004, 1.057) | 0.07 | 1.000 |
| 2.0 - 1.0 | 0.123 | 0.367 | (-0.907, 1.153) | 0.33 | 0.997 |
| 3.0 - 1.0 | 0.009 | 0.367 | (-1.022, 1.039) | 0.02 | 1.000 |
| 4.0 - 1.0 | 0.091 | 0.367 | (-0.939, 1.122) | 0.25 | 0.999 |
| 3.0 - 2.0 | -0.114 | 0.367 | (-1.144, 0.916) | -0.31 | 0.998 |
| 4.0 - 2.0 | -0.031 | 0.367 | (-1.062, 0.999) | -0.09 | 1.000 |
| 4.0 - 3.0 | 0.083 | 0.367 | (-0.947, 1.113) | 0.23 | 0.999 |

**Fuente:** Elaboración propia

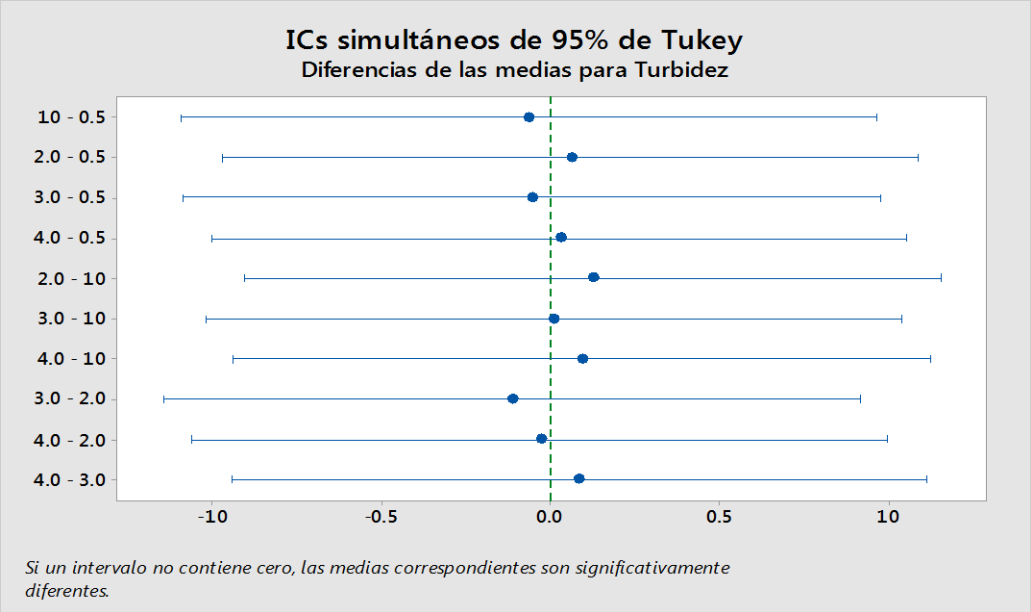



***Figura 64:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs volumen de coagulante
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 52 y la figura 64:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo y el individual es de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

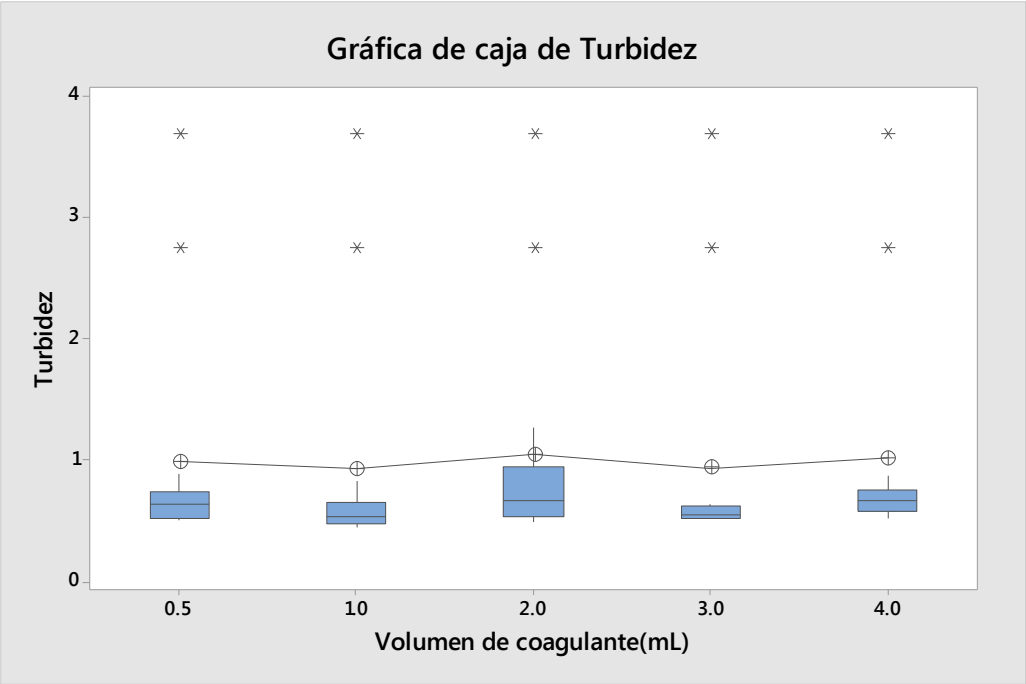



**Figura 65:** *Gráfica de cajas para turbidez vs volumen de coagulante*
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 65, gráfica de cajas, las medias de disminución de turbidez con respecto a los diferentes volúmenes de coagulante tienen una ligera diferencia siendo el más eficiente el de 1ml de coagulante.

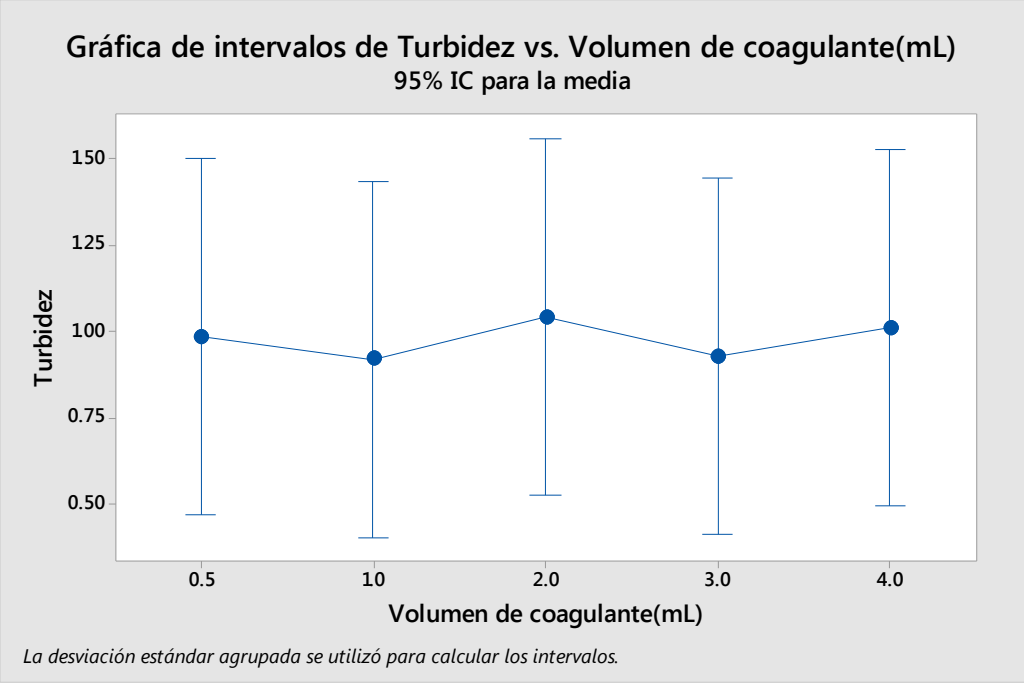



**Figura 66:** *Gráfica de intervalos para turbidez vs volumen de coagulante*
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 66, gráfica de intervalos para turbidez vs volumen de coagulante, la media más baja es la de 1ml de coagulante, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Turbidez vs Temperatura de la muestra (°C)**

**Tabla 53:** *Hipótesis estadística de ANOVA para turbidez vs temperatura de la muestra*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 54:** *Análisis de varianza para turbidez vs temperatura de la muestra*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura de la muestra °C | 1 | 0.2052 | 0.2052 | 0.23 | 0.635 |
| Error | 68 | 61.2149 | 0.9002 | | |
| Total | 69 | 61.4201 | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 54, no existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.635 es mayor a α= 0.05.

**Tabla 55:** *Medias para turbidez vs temperatura de la muestra*

| Temperatura de la muestra °C | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 35 | 0.923 | 0.767 | (0.603, 1.243) |
| 35 | 35 | 1.032 | 1.101 | (0.712, 1.352) |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 55, las medias tienen una ligera diferencia siendo la más baja la que se encuentra a 35°C de temperatura de muestra.

**Tabla 56:** *Comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs temperatura de la muestra*

| Temperatura de la muestra °C | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 35 | 35 | 1.032 | A |
| 20 | 35 | 0.923 | A |

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 56, comparación en parejas de Tukey para turbidez vs temperatura de la muestra, indica que no existe diferencia significativa entre las medias debido, a que tenemos una sola agrupación representada por A.

**Tabla 57:** *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para turbidez vs temperatura de la muestra*

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|---|---|---|---|---|---|
| 35 - 20 | 0.108 | 0.227 | (-0.344, 0.561) | 0.48 | 0.635 |
| Nivel de confianza individual = 95.00% | | | | | |

**Fuente:** Elaboración propia

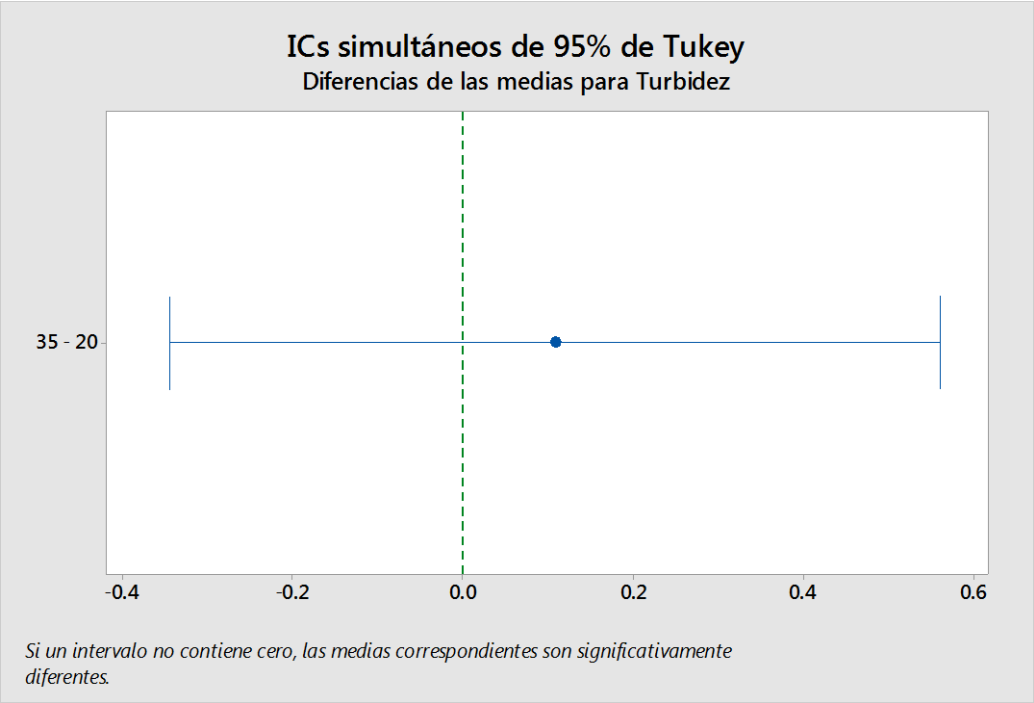



***Figura 67:*** Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para turbidez vs temperatura de muestra

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 57 y la figura 67:

- Todos los intervalos de confianza incluyen el cero, lo que indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre estos pares.
- El nivel de confianza simultáneo y el individual es de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

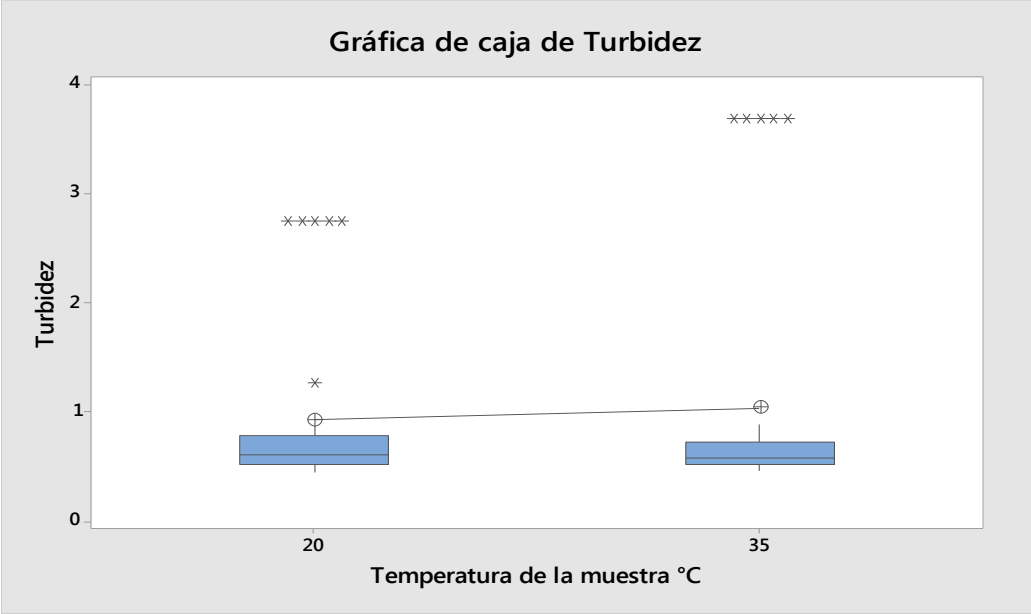



***Figura 68:*** Gráfica de cajas para turbidez vs temperatura de muestra
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 68, gráfica de cajas, las medias de disminución de turbidez con respecto a las diferentes temperaturas tienen una ligera diferencia siendo el más eficiente la temperatura de 35°C.

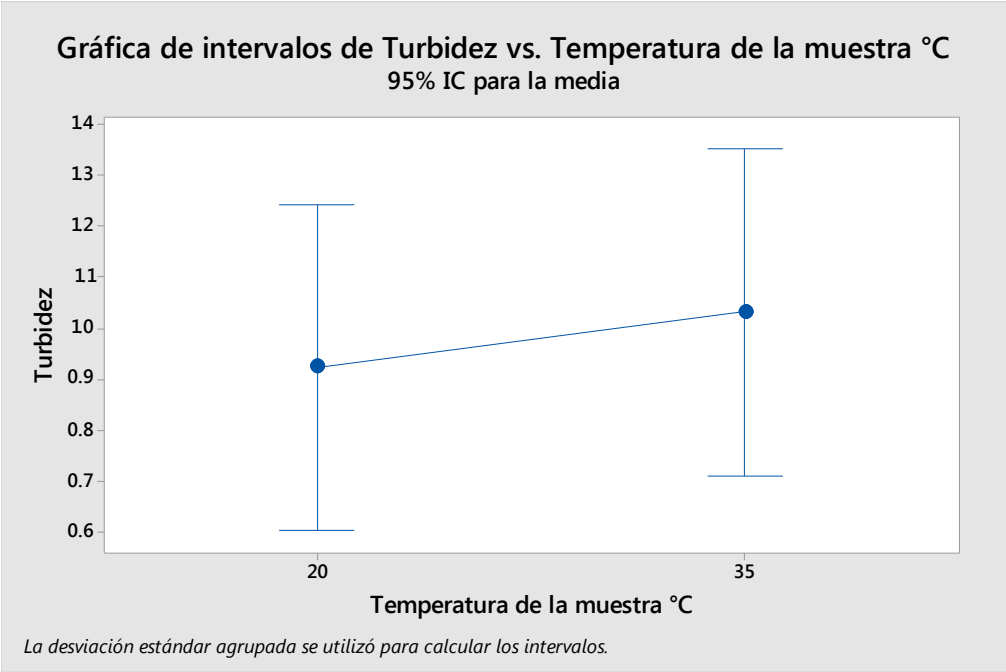



***Figura 69:*** Gráfica de intervalos para turbidez vs temperatura de muestra
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la figura 69, gráfica de intervalos para turbidez vs temperatura de muestra, las medias tienen una ligera diferencia siendo la más baja la que se encuentra a 35°C de temperatura de muestra, por ende, tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

- **ANOVA de un solo factor: Turbidez vs Tiempo de sedimentación**

**Tabla 58:** *Hipótesis estadística de ANOVA para Turbidez vs Tiempo de sedimentación*

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 59:** *Medias para Turbidez vs Tiempo de sedimentación*

| Tiempo de sedimentación | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 10 | 3.210 | 0.495 | (3.075, 3.345) |
| 10 | 10 | 0.7860 | 0.2032 | (0.6509, 0.9211) |
| 20 | 10 | 0.5900 | 0.1071 | (0.4549, 0.7251) |
| 30 | 10 | 0.5640 | 0.0657 | (0.4289, 0.6991) |
| 40 | 10 | 0.5720 | 0.0863 | (0.4369, 0.7071) |
| 50 | 10 | 0.5580 | 0.0663 | (0.4229, 0.6931) |
| 60 | 10 | 0.5630 | 0.0745 | (0.4279, 0.6981) |

**Fuente:** Elaboración propia

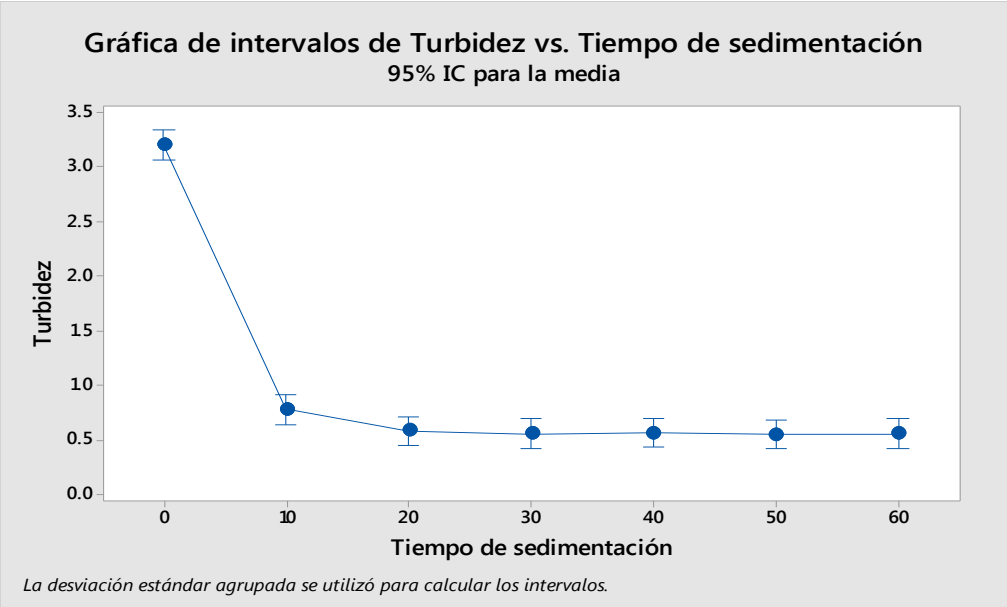



***Figura 70:*** Gráfica de intervalos para turbidez vs tiempo de sedimentación
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Según la tabla 59 y la figura 70, las medias de 20, 30, 40, 50 y 60 minutos tienen una ligera diferencia siendo la más baja la que se encuentra a 50 minutos de tiempo de sedimentación, por ende,

tiene el mayor porcentaje de remoción de turbidez por lo cual se considera como el control de la investigación.

#### 4.2.3.2. Discusión de resultados del proceso de coagulación - floculación

Se trabajó con la contracción de coagulante (polímero orgánico) en base a lo que nos dice Aygun y Ylmaz (2005) en su artículo "mejora del proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de aguas residuales utilizando coagulantes" que: la dosis de coagulante de cloruro férrico osciló entre 0,5 g / L y 3 g / L, mientras que las concentraciones de polielectrolitos y minerales arcillosos variaron entre 5-75 mg / L y 25-750 mg / L, respectivamente.

Por ello se trabajó en base a lo que ellos referencian, pero esto puede variar según la concentración de detergente (SAAM) existente en el agua o así mismo de acuerdo al volumen de agua existente

Como nos dice Metcalf, y Inc., E. (1995) en su libro "Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización" que la coagulación: normalmente, se utiliza para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementadas con la sedimentación.

### 4.2.4. Proceso filtración

#### 4.2.4.1.Resultados obtenidos

Según los resultados obtenidos en el proceso de coagulación – floculación, se propone un filtro lento de arena.

Según la norma OS – 020. El proceso consiste en filtrar el agua floculada lentamente a través de un lecho poroso de arena, conformado por tres capas de grava tratada (6mm, 10mm, 12mm) y de dos capas de arena tratada (0.02 mm, 0.2mm). El agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. Que soporta la arena, un sistema de sub - drenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración. Las principales ventajas de este proceso unitario es retener los sólidos suspendidos y disminución de la turbidez.

| | | |
|---|---|---|
| | 40cm | NIVEL DE AGUA |
| 70cm de material filtrante | 30cm | ARENA TRATADA DE 0.02mm |
| | 10cm | ARENA TRATADA DE 0.2mm |
| | 10cm | GRAVA TRATADA DE 06mm |
| | 10cm | GRAVA TRATADA DE 10mm |
| | 10cm | GRAVA TRATADA DE 12mm |

***Figura 71:*** Diseño de filtro lento de arena
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.4.2. Discusión de resultados del proceso de filtración

Se hizo un constante monitoreo de turbidez porque están relacionados directamente con los sólidos totales en suspensión como indica Suárez y Peña (2009) en su artículo llamado Análisis de la movilización de solidos totales en suspensión en una cuenca urbana separativa mediante la aplicación del muestreo en continuo de la turbidez “nos refiere que: Aunque la turbidez no es parámetro que representa directamente ninguna propiedad física del agua es una medida que proporciona una estimación indirecta de partículas en suspensión a partir de la medida de reflexión de un haz de luz que incide sobre la misma .

## 4.3. Resultados de la calidad del agua del sistema piloto.

### 4.3.1. Resultados obtenidos

**Tabla 60:** *Comparación de estándares de calidad ambiental – Categoría 3 – Detergentes SAAM.*

| ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL - CATEGORIA 3 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CATEGORIAS** | | **ECA AGUA: CATEGORIA 3** | | | | | | | |
| **Parámetro** | **Unidades** | **PARÁMETROS PARA RIESO DE VEGETALES** | **VIERNES** | **SABADO** | **DOMINGO** | **LUNES** | **MARTES** | **MIERCOLES** | **JUEVES** |
| | | **D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO** | **4PMBI 08/03/19** | **5PMBI 09/03/19** | **6PMBI 10/03/19** | **7PMBI 11/03/19** | **8PMBI 12/03/19** | **9PMBI 13/03/19** | **10PMBI 14/03/19** |
| **Detergentes (SAAM)** | mg/L | 0.2 | 0.089 | 0.085 | 0.082 | 0.085 | 0.095 | 0.079 | 0.061 |

**Fuente:** Elaboración propia.

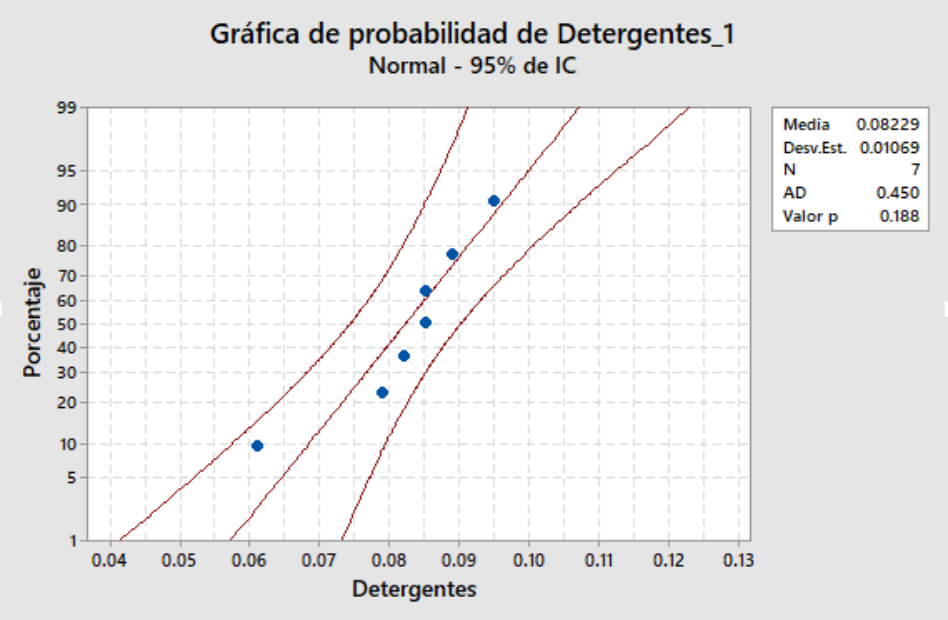



***Figura 72:*** Grafica de probabilidad de detergentes normal – 95% de IC
**Fuente:** Elaboración propia

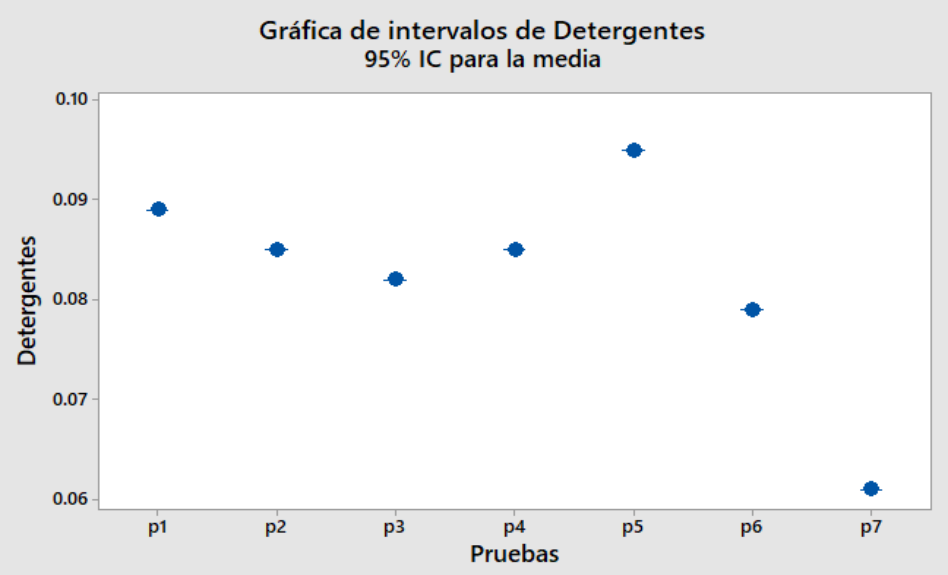



***Figura 73:*** Gráfica de intervalos de detergentes 95% IC para la media
**Fuente*:*** Elaboración propia

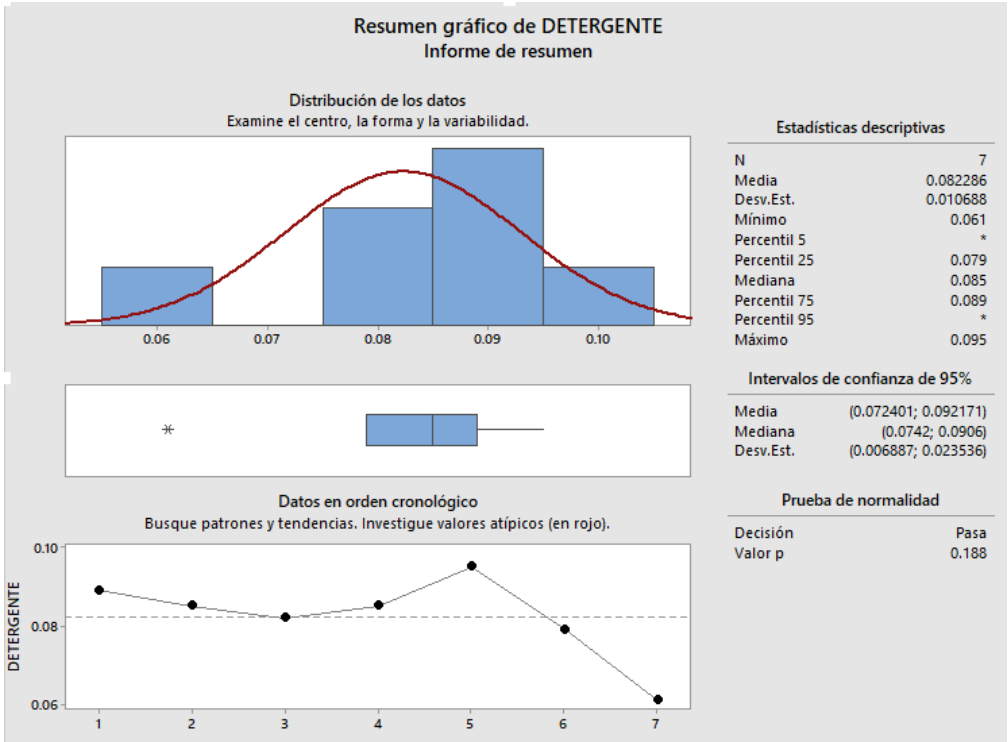



***Figura 74:*** Gráfica de los resultados del SAAM
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Los resultados obtenidos al emplear dicho sistema fueron muy favorables, en lo que respecta a los detergentes SAAM, ya que el agua que hacía contacto directo de las piscinas a con el medio ambiente sin ningún tipo de tratamiento sobrepasaba el valor establecido por el ECA del agua.

El sistema ayuda a minimizar la concentración de detergentes en el agua tal como se puede apreciar en los resultados obtenidos en monitoreo realizado.

**Tabla 61:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ – día 1*

**RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA**

| Fecha | | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU | Q L/min | Hora |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.52 | 7.25 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.35 | 18.8 | 375 | 8.26 | | |
| | Agua de salida | | | | | | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.52 | 8.30 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 18.9 | 380 | 8.22 | | |
| | Agua de salida | | | | | | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 8.57 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.28 | 19.4 | 375 | 8.26 | | |
| | Agua de salida | 7.25 | 19.6 | 396 | 5.86 | 0.5 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 10.00 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 2.3 | | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 10.30am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.55 | 0.51 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 10.50 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.03 | 0.51 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 11.30 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.02 | 0.51 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 12.00 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.01 | 0.51 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 12.30 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |
| | Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.01 | 0.51 | |
| **Viernes 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 | 0.53 | 1.00 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.2 | 386 | 8.05 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Agua de salida | 7.28 | 19 | 398 | 1.02 | 0.51 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 62:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 1*

| Etapas de monitoreo | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU |
|---|---|---|---|---|
| Agua sin tratamiento | 7.24 | 19.8 | 370 | 5.46 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.32 | 19.15 | 383.2 | 8.11 |
| salida del filtro | 7.28 | 19.09 | 397.75 | 1.85 |

**Fuente:** Elaboración propia

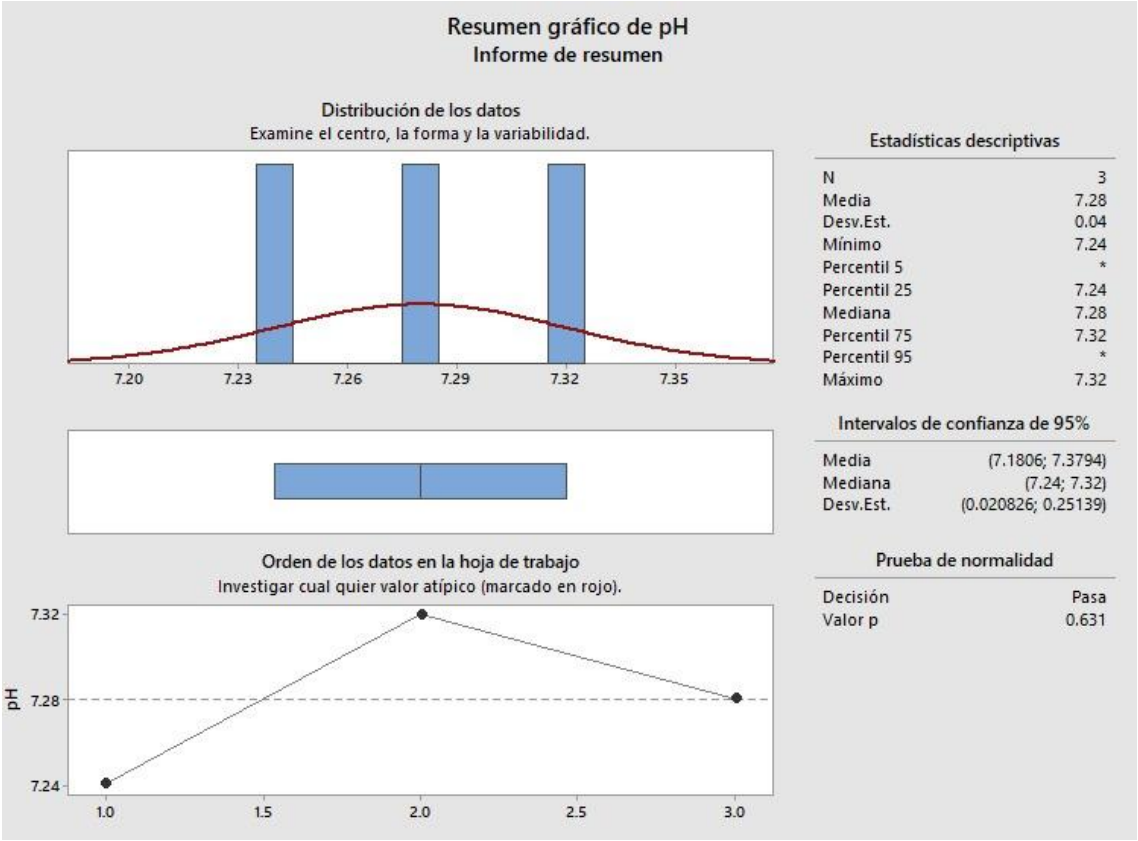



***Figura 75:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con 7.24 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.32, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.28.

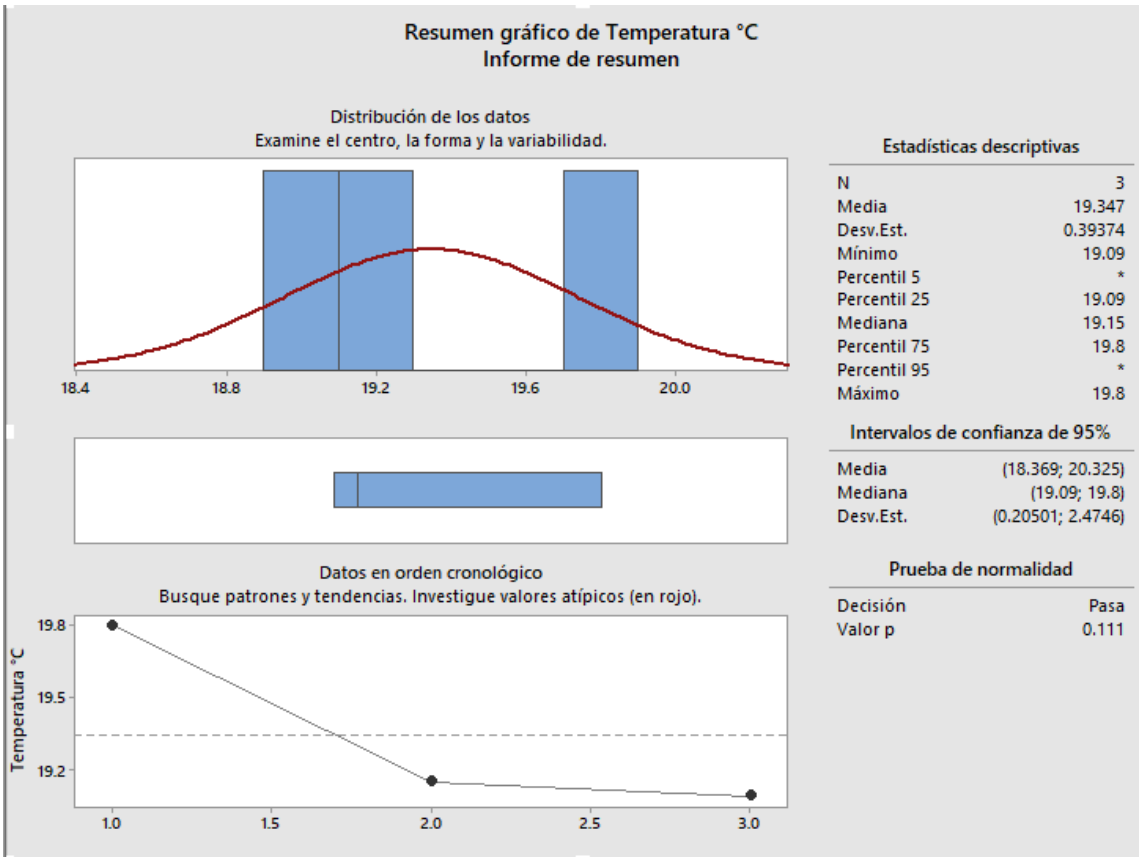



***Figura 76:*** Estadística de los resultados del comportamiento de temperatura °C
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el primer día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 19.8 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 19.15 °C por último salió con una tempera de 19.09 °C.

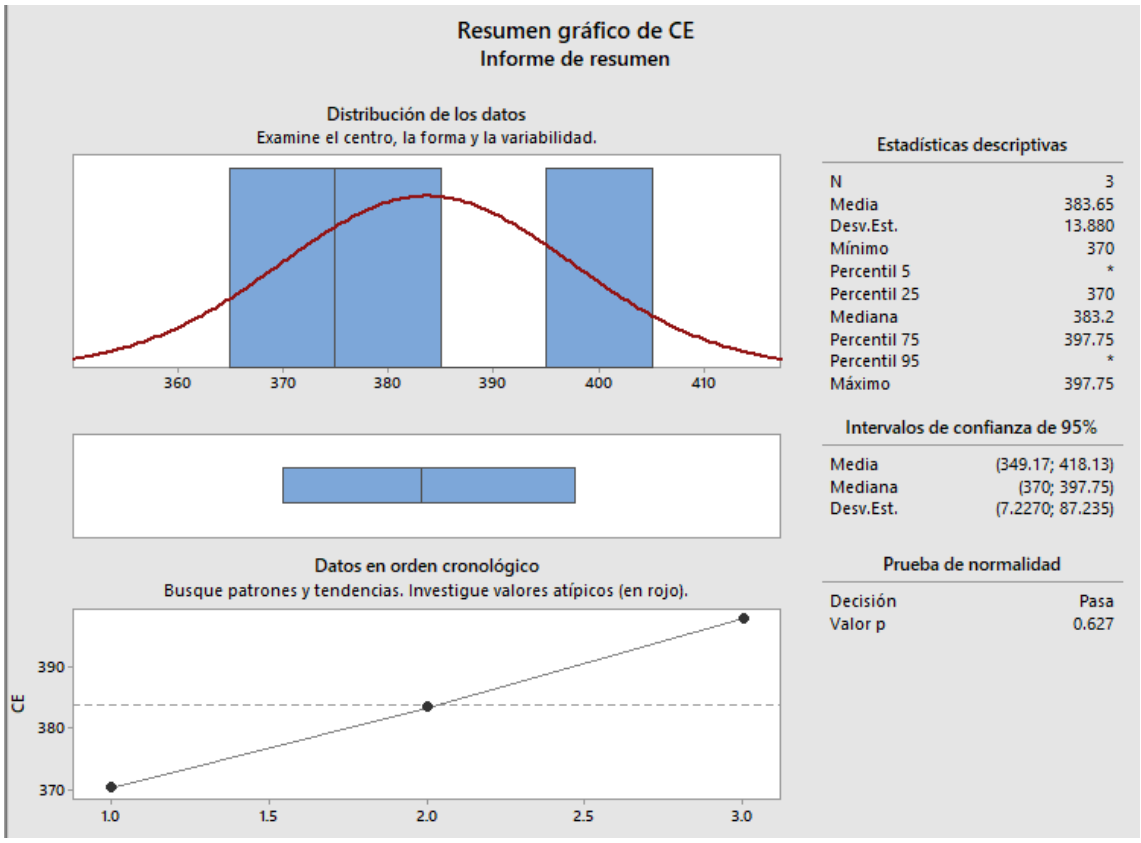



***Figura 77:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica.
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de coagulación este entro con 370 uS/cm para luego salir con 383.2 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 397.75 uS/cm.

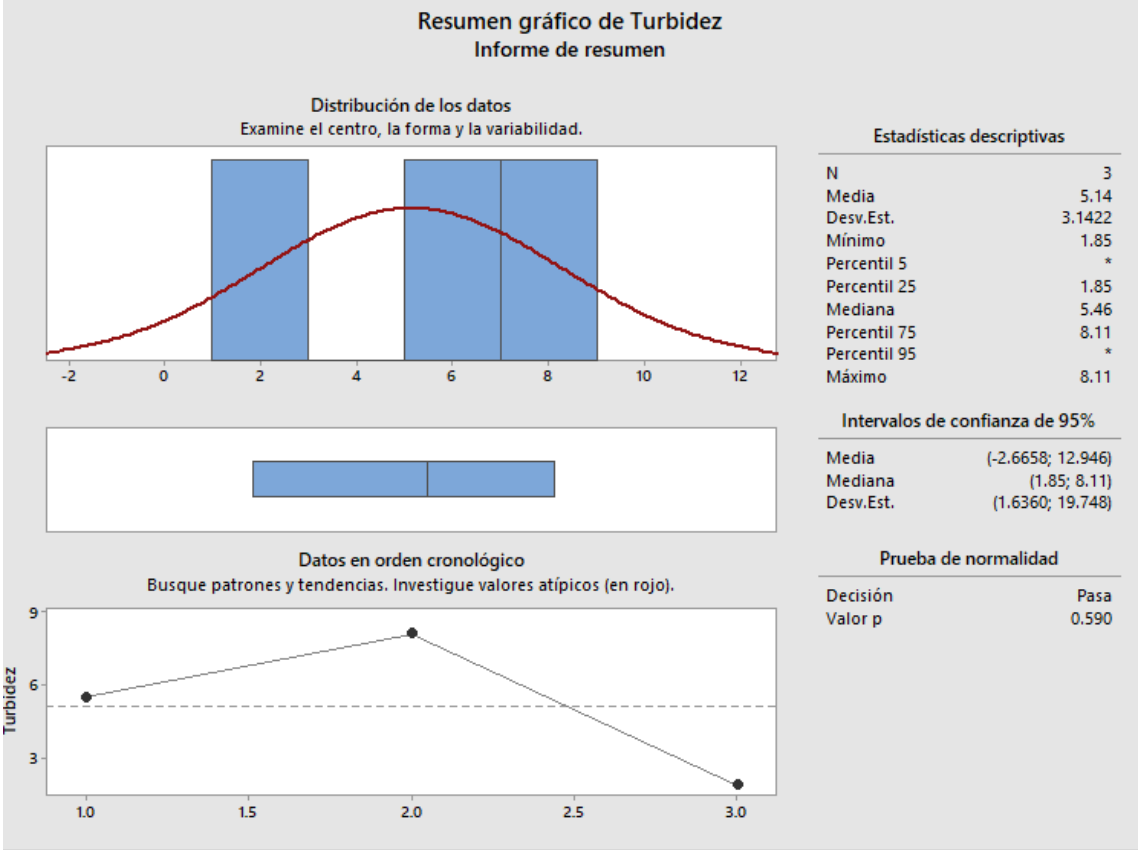



***Figura 78:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el agua entro con una turbidez de 5.46 NTU para luego pasar por los procesos unitarios como el de coagulación en cual salió con 8.11 NTU por efecto del coagulante orgánico añadido, el cual facilitó para que este sedimentará y quede atrapado en el filtro de arena, ya que después de este proceso unitario la turbidez salió con 1.85 NTU.

**Tabla 63:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 2*

| RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** | **Q L/min** | **Hora** |
| **Sábado 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.45 | 19.1 | 368 | 3.89 | 0.58 | |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.52 | 19.4 | 375 | 4.65 | | 8.20 am |
| | Agua de salida | 7.48 | 19.2 | 389 | 1.06 | 0.52 | |
| **Sábado 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.45 | 19.1 | 368 | 3.89 | 0.58 | |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.5 | 19.3 | 378 | 4.74 | | 9.30 pm |
| | Agua de salida | 7.46 | 19.1 | 389 | 1.05 | 0.50 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 64:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ*
Día 2

| **Etapas de monitoreo** | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.45 | 19.1 | 368 | 3.89 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.51 | 19.35 | 376.5 | 4.70 |
| salida del filtro | 7.47 | 19.15 | 389.00 | 1.06 |

**Fuente:** Elaboración propia

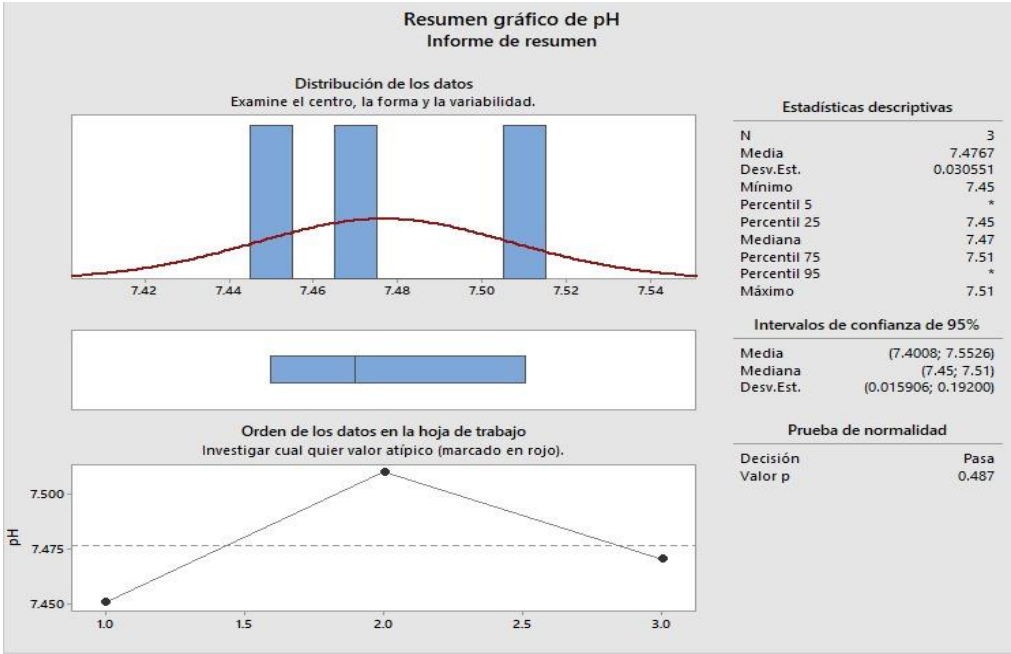



***Figura 79:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.45 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.51, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.47.

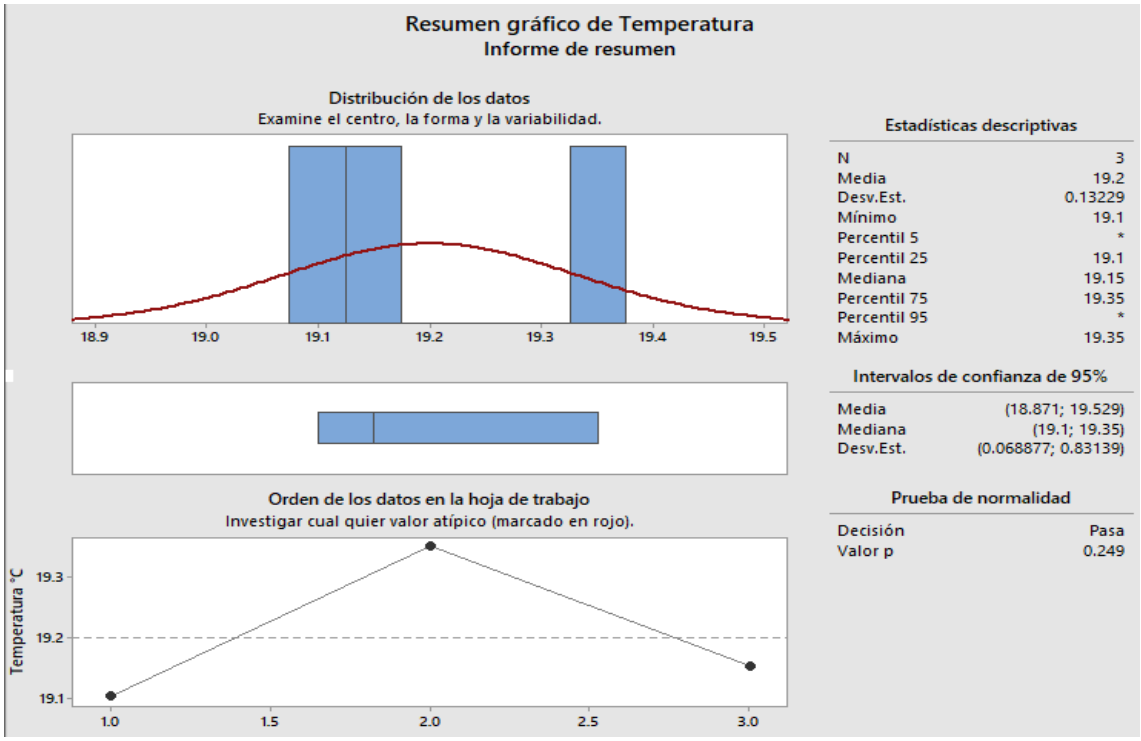



***Figura 80:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el segundo día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 19.1 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 19.35 °C por último salió con una tempera de 19.15 °C.

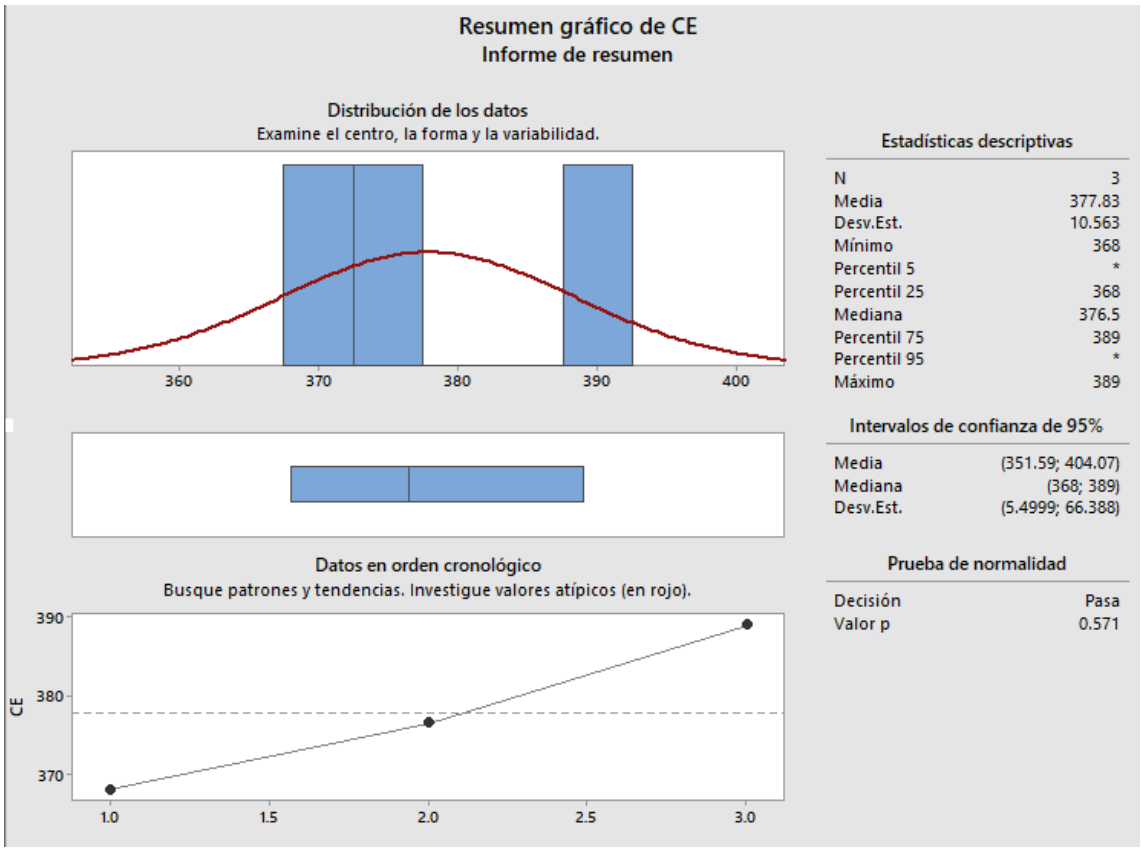



***Figura 81:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de coagulación este entro con 368 uS/cm para luego salir con 376.5 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 389 uS/cm.

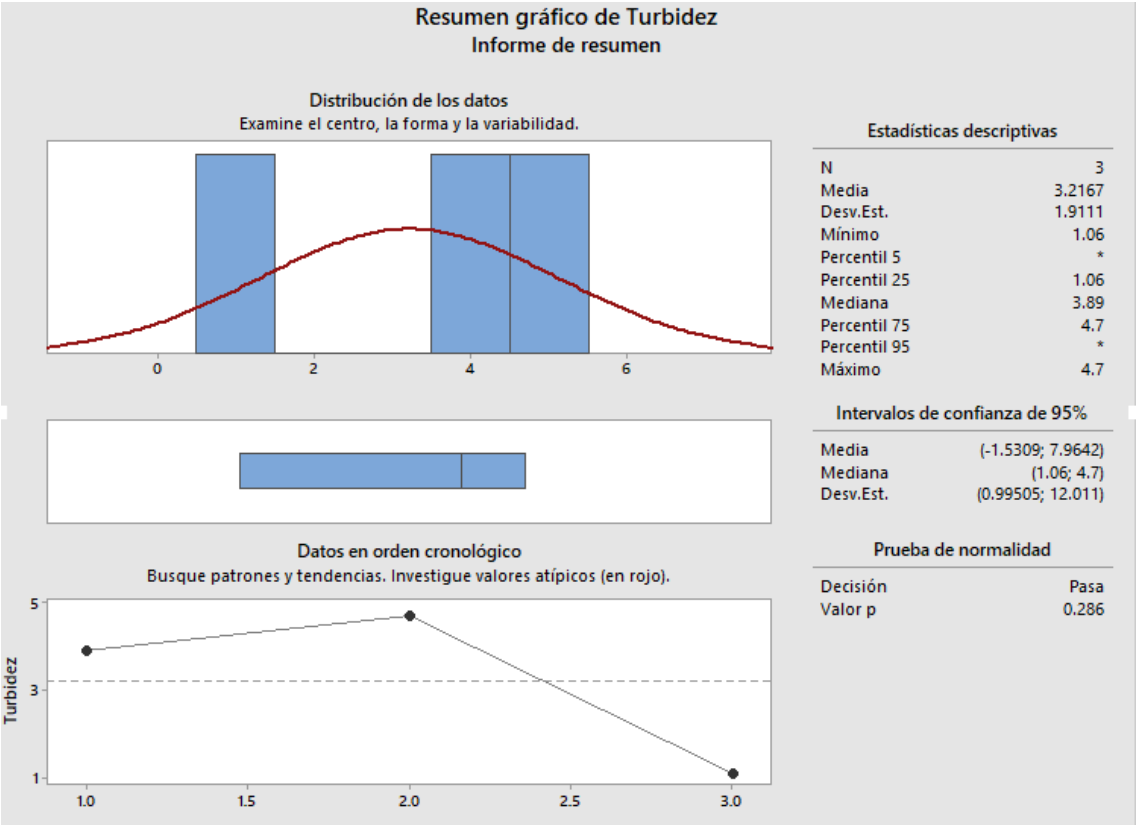



***Figura 82: Estadística*** de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 2
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

El segundo día de monitoreo para observar el comportamiento de los parámetros tomados en los cuales la turbidez al igual que el segundo monitoreo, paso el segundo entro con una determinada turbidez luego este aumento y por último esta fue sedimentada y atrapada en él.

Primero antes que entre al sistema entro con 3.89 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación se obtuvo 4.70 NTU y por último una vez que sale del sistema de filtración se obtuvo 1.06 NTU.

**Tabla 65:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 3*

| RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** | **Q L/min** | **Hora** |
| **Domingo 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.21 | 19.3 | 360 | 4.01 | 0.56 | 8.30 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.42 | 19.3 | 368 | 5.11 | | |
| | Agua de salida | 7.32 | 19.2 | 389 | 1.02 | 0.53 | |
| **Domingo 08/03/19** | Agua que ingresa | 7.21 | 19.3 | 360 | 4.01 | 0.56 | 9.30 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.42 | 19.4 | 364 | 5.08 | | |
| | Agua de salida | 7.33 | 19.2 | 389 | 1.01 | 0.50 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 66:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema en In situ día 3*

| Etapas de monitoreo | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.21 | 19.3 | 360 | 4.01 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.42 | 19.35 | 366 | 5.10 |
| salida del filtro | 7.33 | 19.20 | 389.00 | 1.02 |

**Fuente:** Elaboración propia

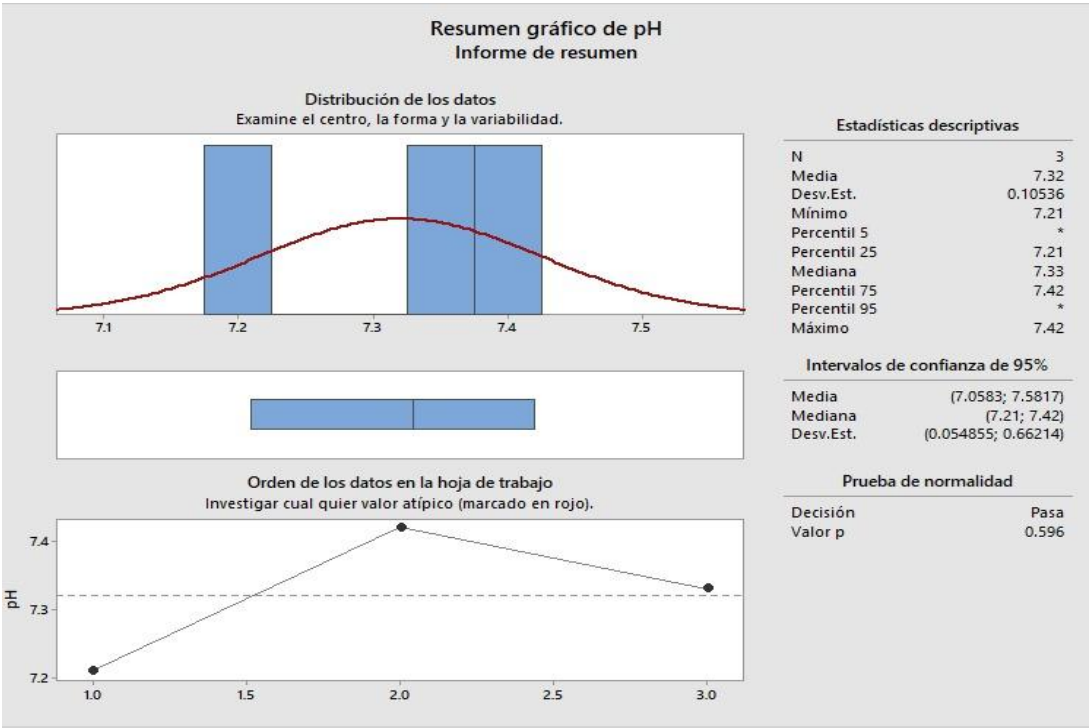



***Figura 83:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH – día 3
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.21 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.42, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.33.

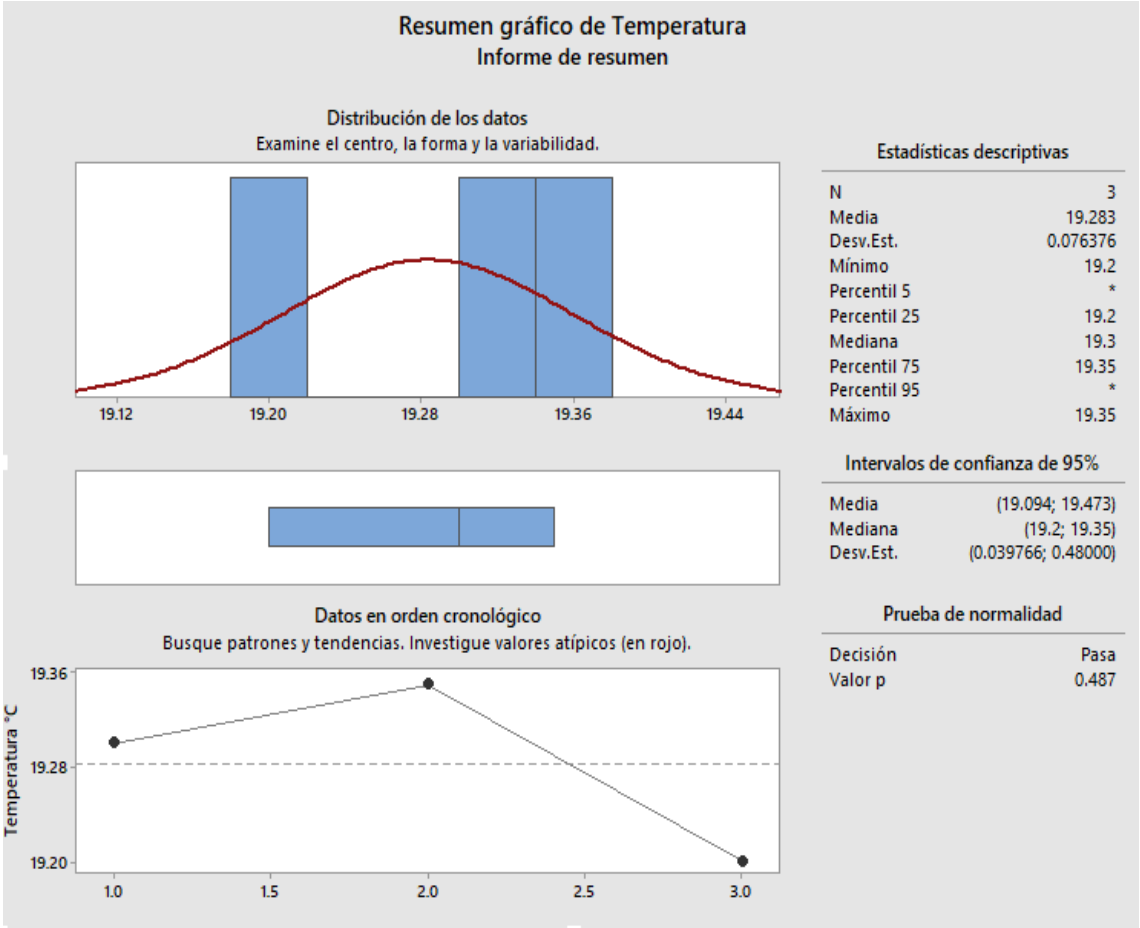



***Figura 84:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C- día 3
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el tercer día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 19.3 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 19.35 °C por último salió con una tempera de 19.20 °C.

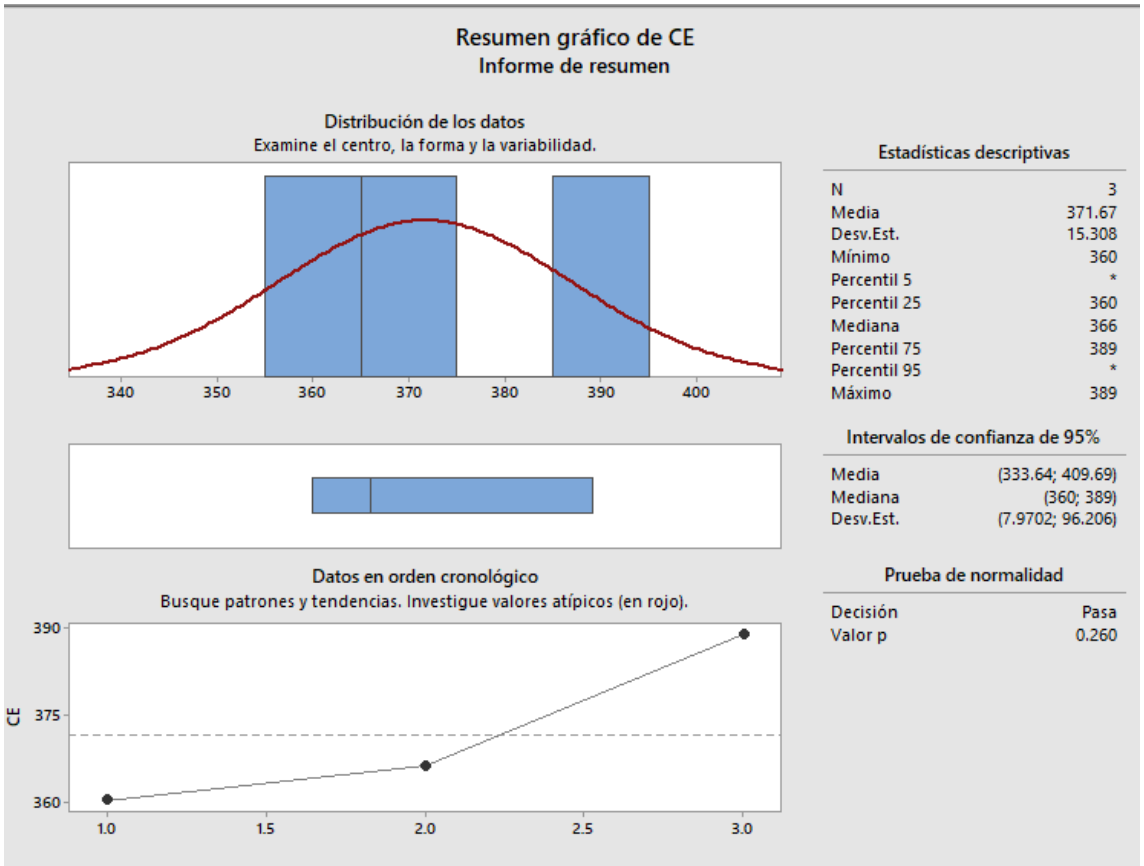



***Figura 85:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 3
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de

coagulación este entro con 360 uS/cm para luego salir con 366 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 389 uS/cm

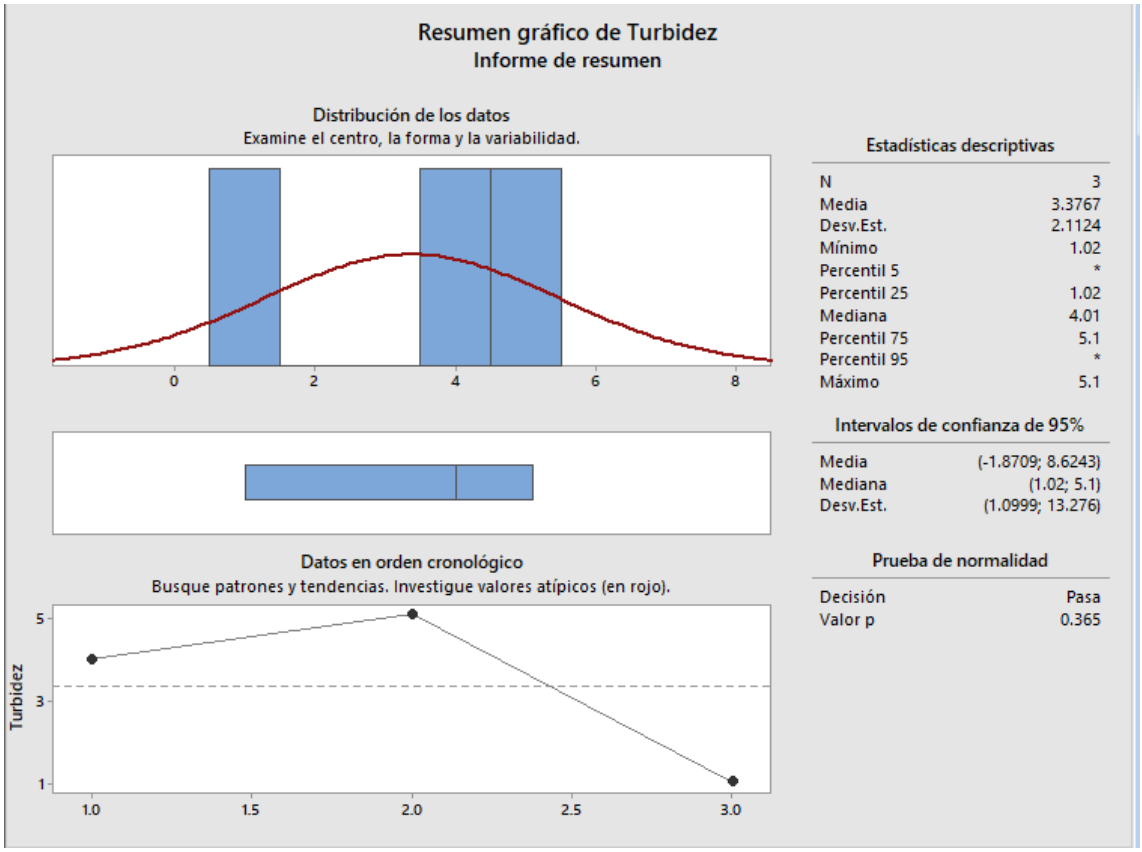



***Figura 86:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 3
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

El tercer día de monitoreo para observar el comportamiento de los parámetros tomados en los cuales la turbidez al igual que el primer monitoreo, paso el segundo entro con una determinada turbidez luego este aumento y por último esta fue sedimentada y atrapada en él.

Primero antes que entre al sistema entro con 4.01 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación se obtuvo 5.10 NTU y por último una vez que sale del sistema de filtración se obtuvo 1.02 NTU.

**Tabla 67:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 4*

| RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** | **Q L/min** | **Hora** |
| **Lunes 11/03/19** | Agua que ingresa | 7.32 | 18.6 | 386 | 5.86 | 0.54 | 8.30 pm |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.38 | 18.8 | 395 | 8.86 | | |
| | Agua de salida | 7.33 | 18.4 | 402 | 1.04 | 0.51 | |
| **Lunes 11/03/19** | Agua que ingresa | 7.32 | 18.6 | 386 | 5.86 | 0.54 | 9.30 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.38 | 18.8 | 392 | 8.86 | | |
| | Agua de salida | 7.34 | 18.6 | 400 | 1.03 | 0.50 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 68:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 4*

| **Etapas de monitoreo** | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.32 | 18.6 | 386 | 5.86 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.38 | 18.8 | 393.5 | 8.86 |
| salida del filtro | 7.34 | 18.50 | 401 | 1.04 |

**Fuente:** Elaboración propia

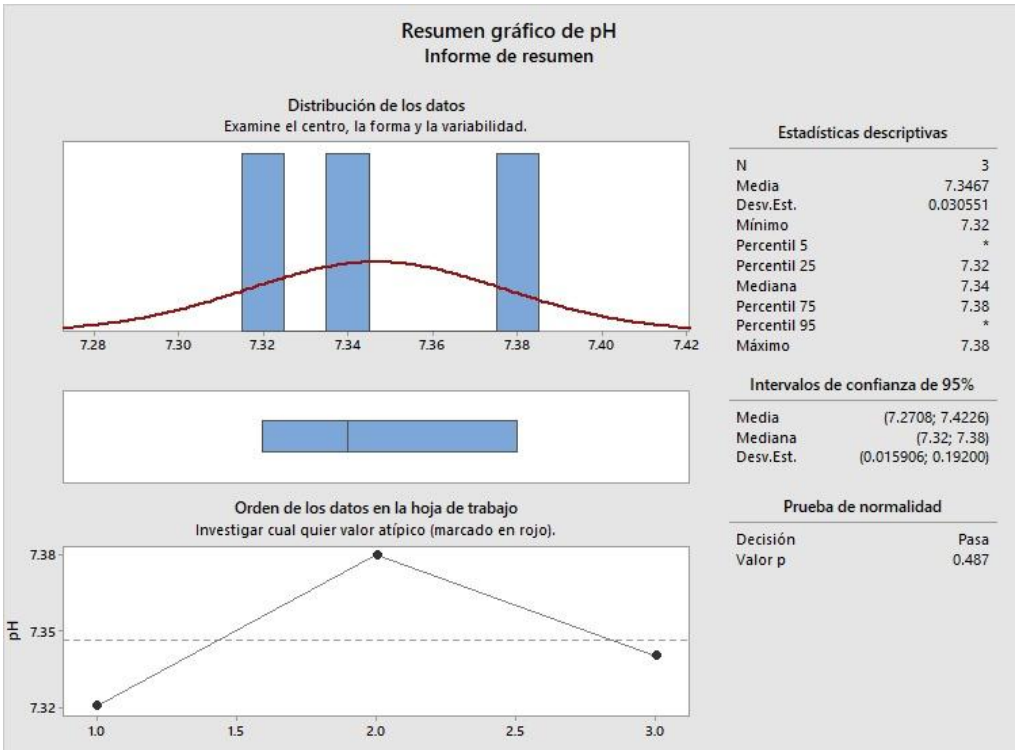



***Figura 87:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 4
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.32 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.38, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.34.

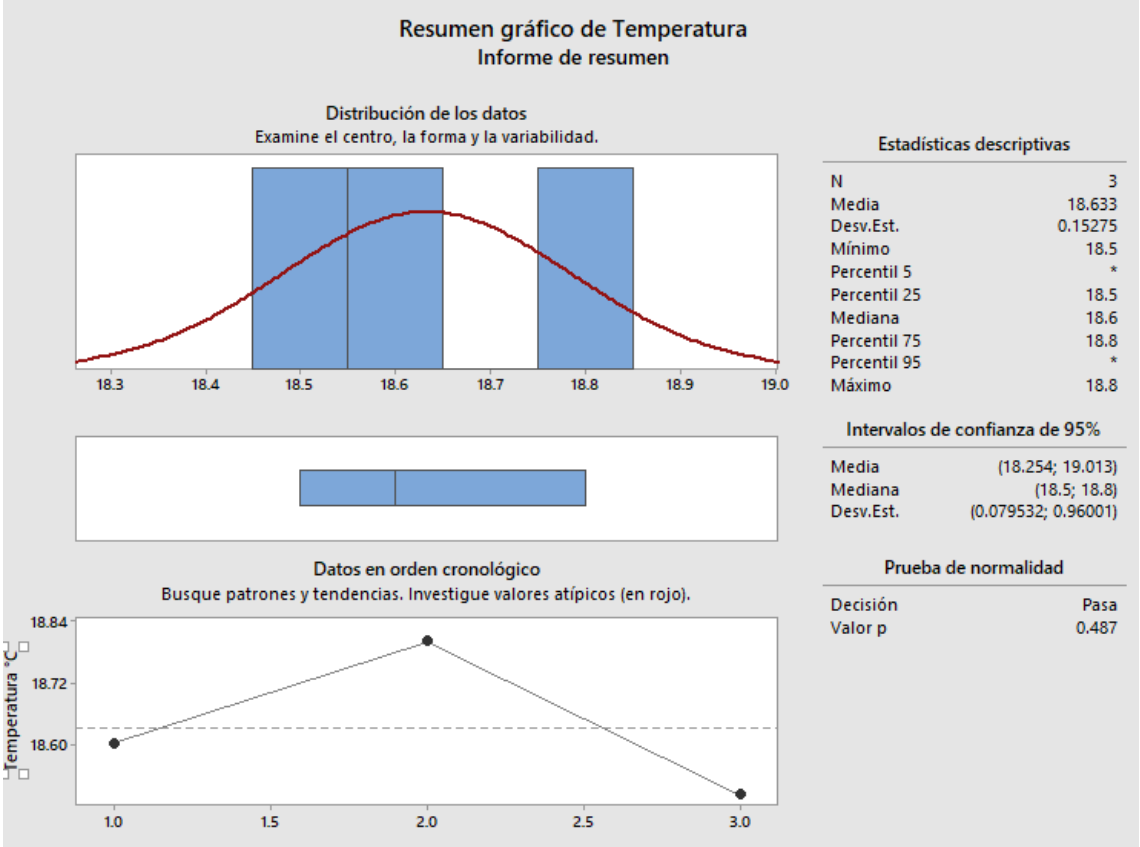



***Figura 88:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 4
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el cuarto día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 18.6 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 18.8°C por último salió con una tempera de 18.50 °C.

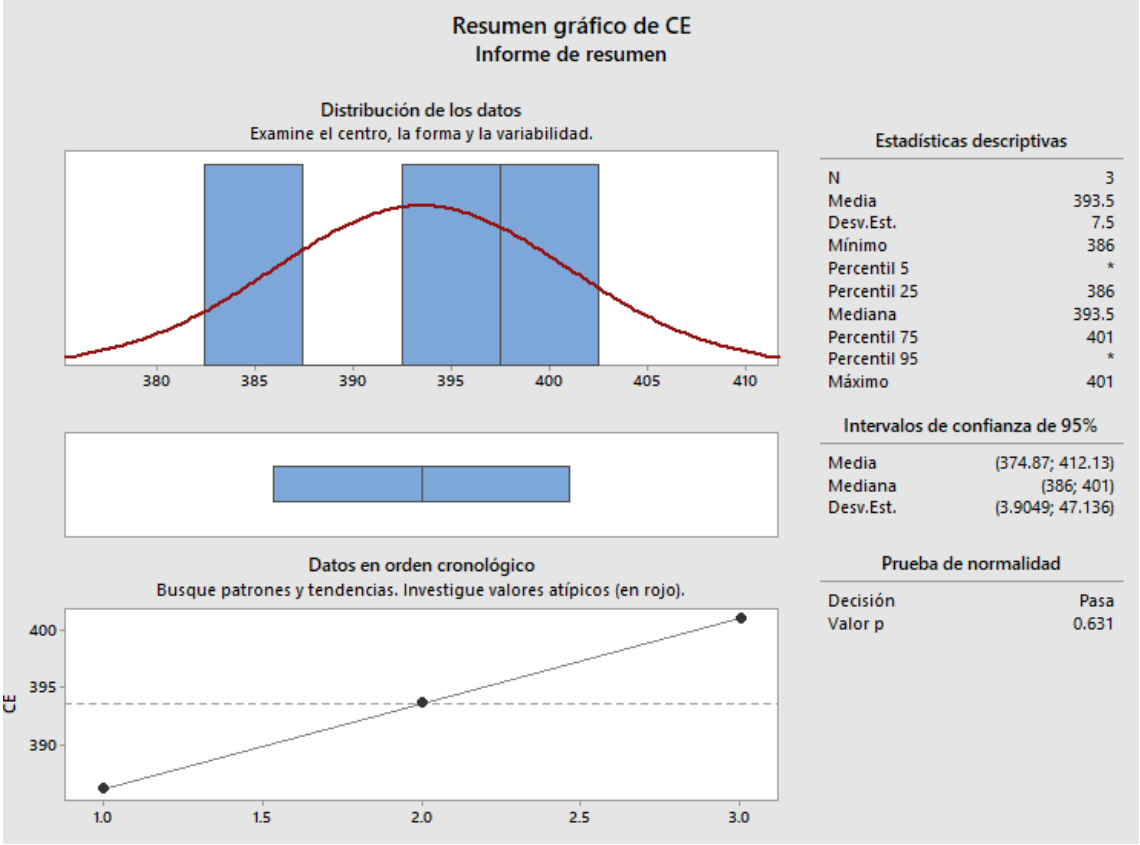



***Figura 89:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica día 4
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de coagulación este entro con 386 uS/cm para luego salir con 393.5 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 401 uS/cm

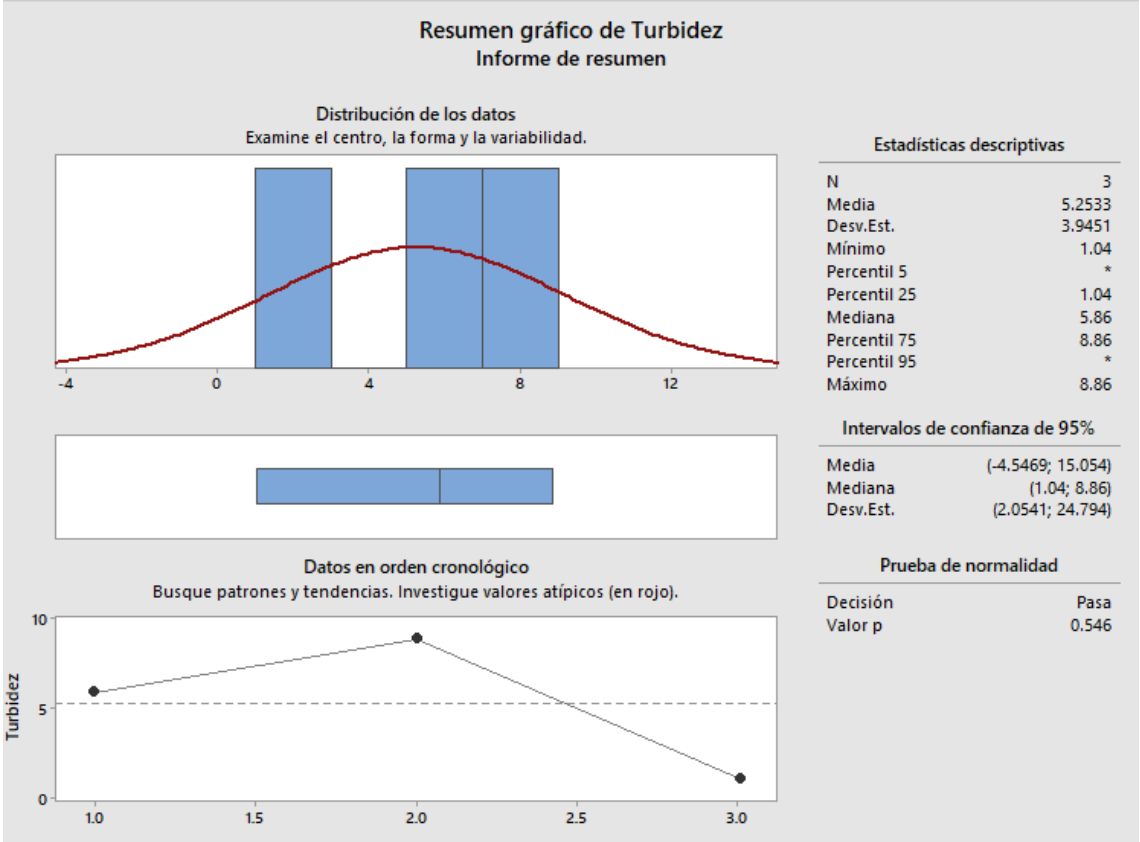



***Figura 90:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 4
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

El cuarto día de monitoreo para observar el comportamiento de los parámetros tomados en los cuales la turbidez al igual que el primer monitoreo, paso el segundo entro con una determinada turbidez luego este aumento y por último esta fue sedimentada y atrapada en él.

Primero antes que entre al sistema entro con 4.86 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación se obtuvo 8.86 NTU y por último una vez que sale del sistema de filtración se obtuvo 1.04 NTU.

**Tabla 69:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 5*

| RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** | **Q L/min** | **Hora** |
| **Martes 12/03/19** | Agua que ingresa | 7.55 | 19.3 | 662 | 4.92 | 0.57 | 7.45 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.69 | 19.8 | 663 | 6.94 | | |
| | Agua de salida | 7.71 | 20.2 | 709 | 1.04 | 0.55 | |
| **Martes 12/03/19** | Agua que ingresa | 7.55 | 19.3 | 662 | 4.94 | 0.57 | 8.20 am |
| | Sedimentador | 7.65 | 19.8 | 663 | 6.94 | | |
| | Proceso de Almacenamiento | 7.68 | 20.2 | 706 | 1.03 | 0.55 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 70:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 5*

| Etapas de monitoreo | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.55 | 19.3 | 662 | 4.93 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.67 | 19.8 | 663 | 6.94 |
| salida del filtro | 7.70 | 20.20 | 708 | 1.04 |

**Fuente:** Elaboración propia

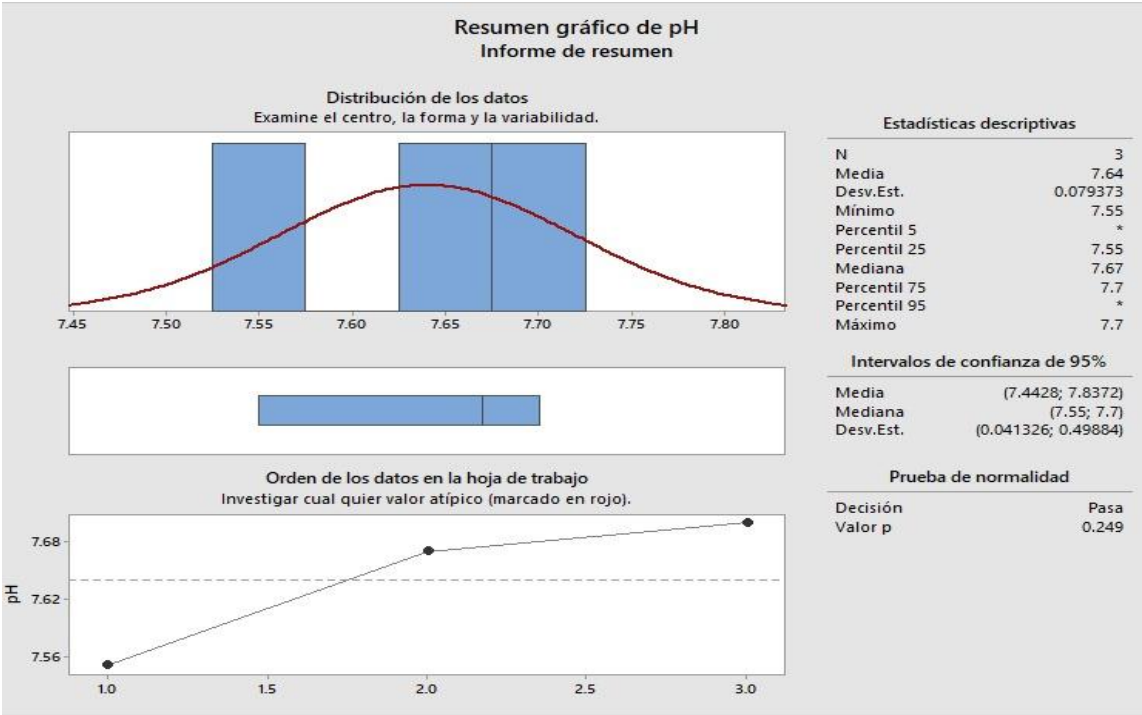



***Figura 91:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 5
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.55 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.67, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.70.

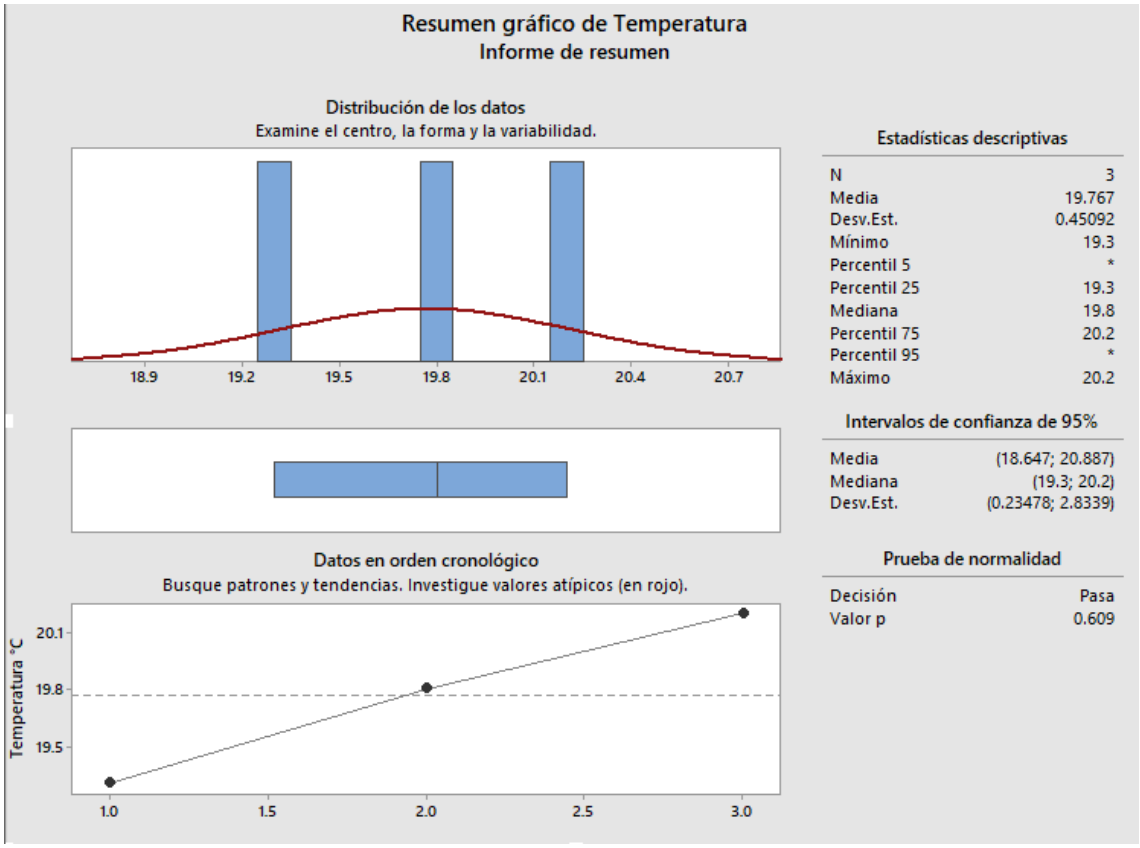



***Figura 92:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 5
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el quinto día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 19.3 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 19.8°C por último salió con una tempera de 20.20 °C.

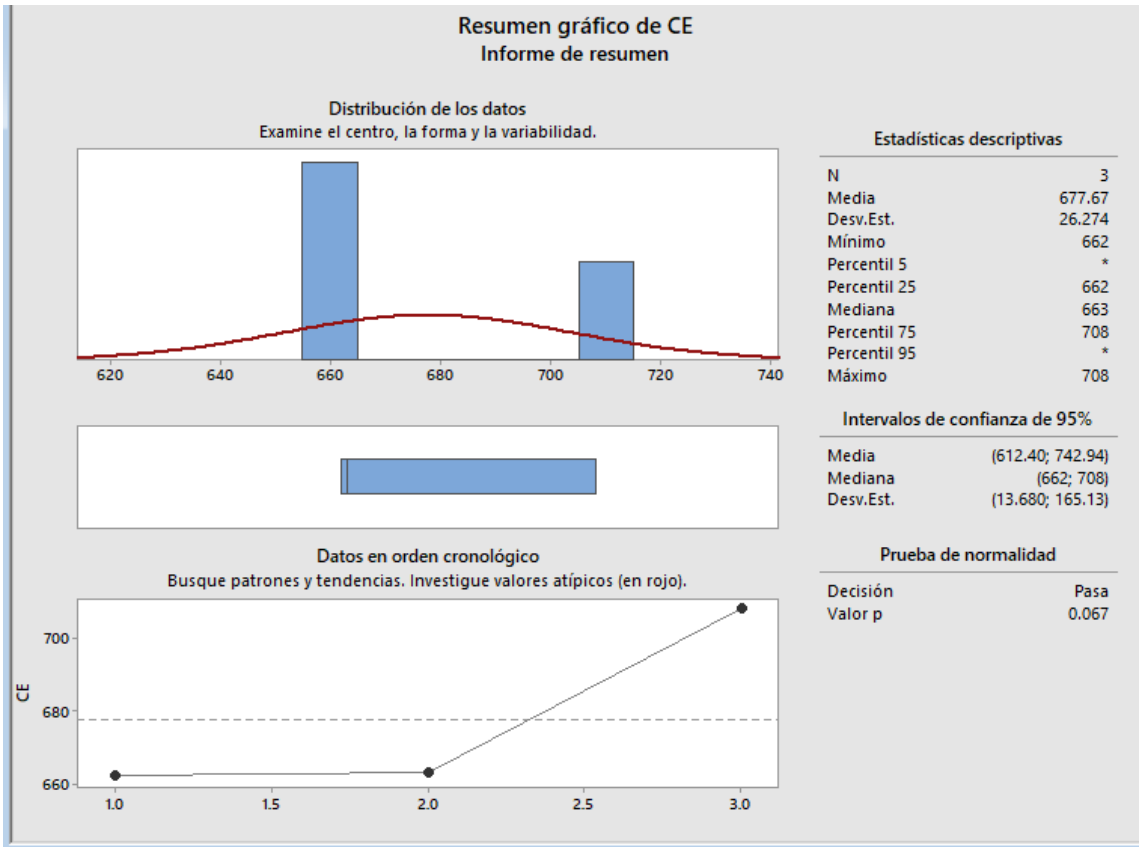



***Figura 93:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 5
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de

coagulación este entro con 662 uS/cm para luego salir con 663 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con708 uS/cm

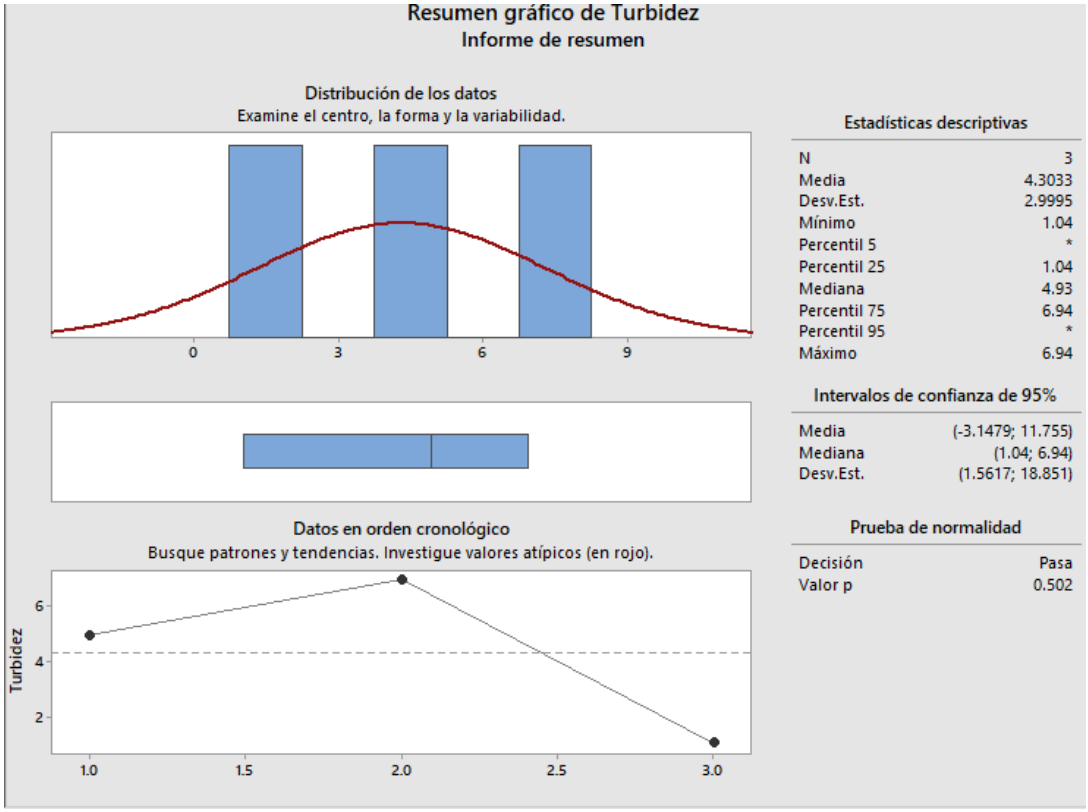



***Figura 94:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 5
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

El quinto día de monitoreo para observar el comportamiento de los parámetros tomados en los cuales la turbidez al igual que el primer monitoreo, paso el segundo entro con una determinada turbidez luego este aumento y por último esta fue sedimentada y atrapada en él.

Primero antes que entre al sistema entro con 4.93 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación se obtuvo 6.94 NTU y por último una vez que sale del sistema de filtración se obtuvo 1.04 NTU.

**Tabla 71:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 6*

**RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA**

| Fecha | | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU | Q L/min | Hora |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Miércoles 13/03/19** | Agua que ingresa | 7.25 | 18.8 | 658 | 4.86 | 0.55 | |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.28 | 19 | 675 | 6.88 | | 8.30 pm |
| | Agua de salida | 7.39 | 19.2 | 664 | 0.99 | 0.52 | |
| **Miércoles 13/03/19** | Agua que ingresa | 7.25 | 18.9 | 658 | 4.86 | 0.54 | |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.29 | 18.9 | 676 | 8.86 | | 9.30 am |
| | Agua de salida | 7.32 | 19 | 662 | 1 | 0.50 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 72:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 6*

| Etapas de monitoreo | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.25 | 18.85 | 658 | 4.86 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.29 | 18.95 | 675.5 | 7.87 |
| salida del filtro | 7.36 | 19.10 | 663 | 1.00 |

**Fuente:** Elaboración propia

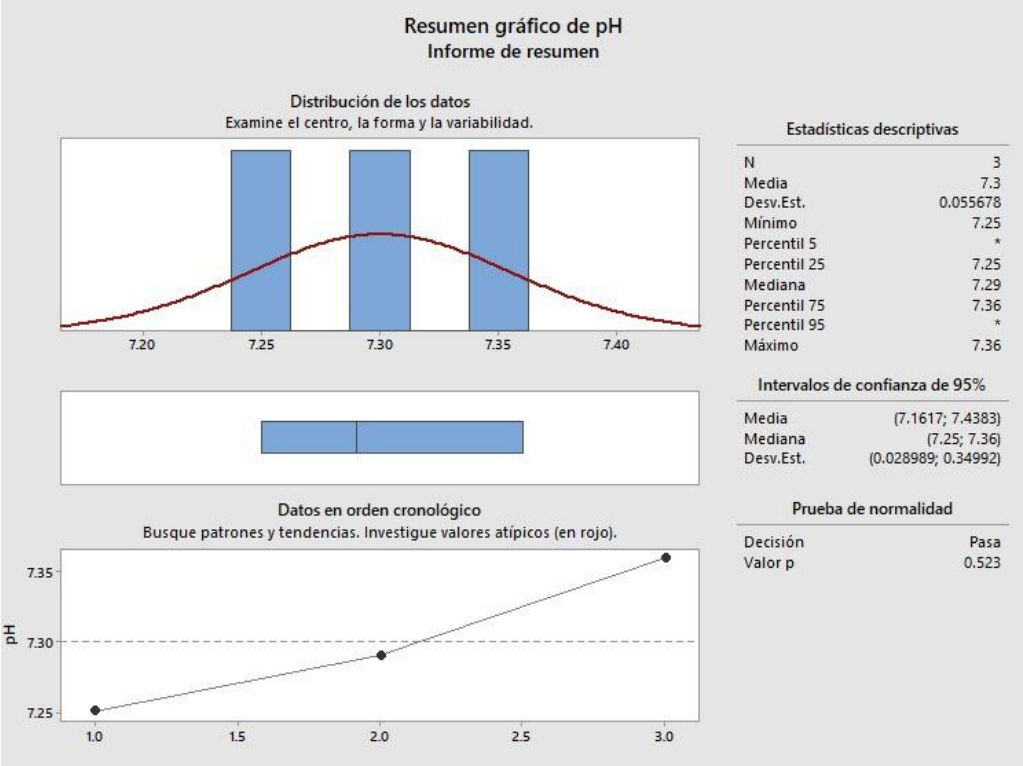



***Figura 95:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 6
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.25 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.29, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.36.

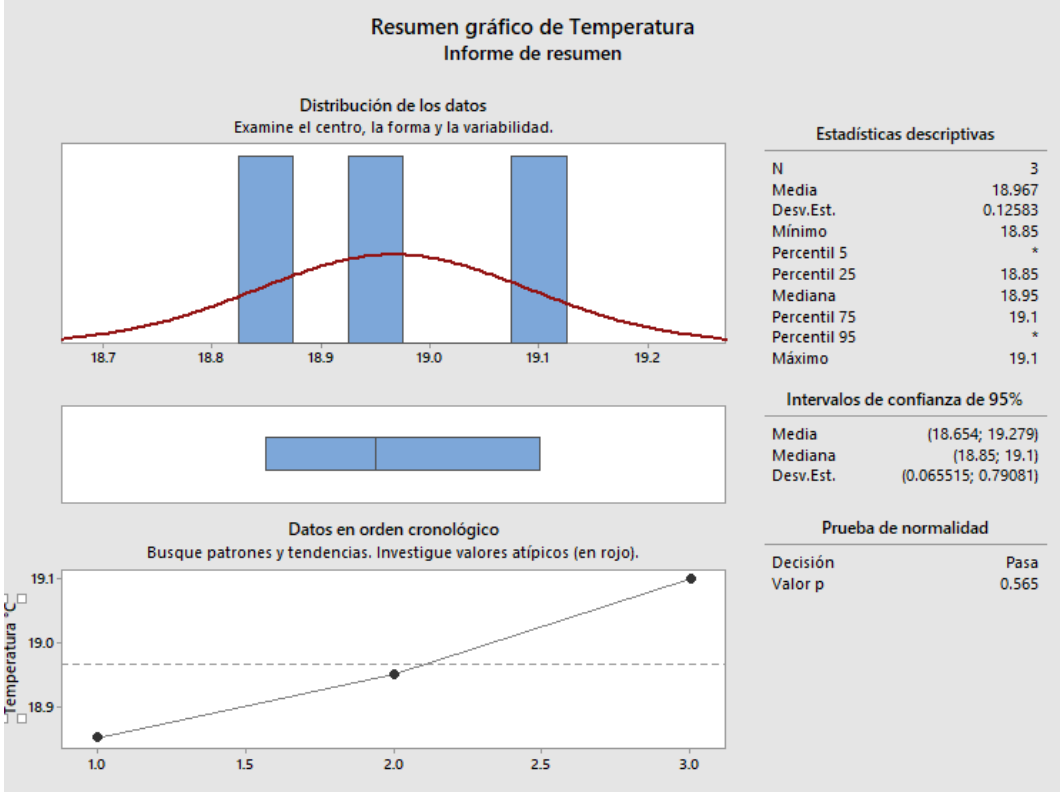



***Figura 96:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C - día 6
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el sexto día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 18.85 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 18.95°C por último salió con una tempera de 19.10 °C.

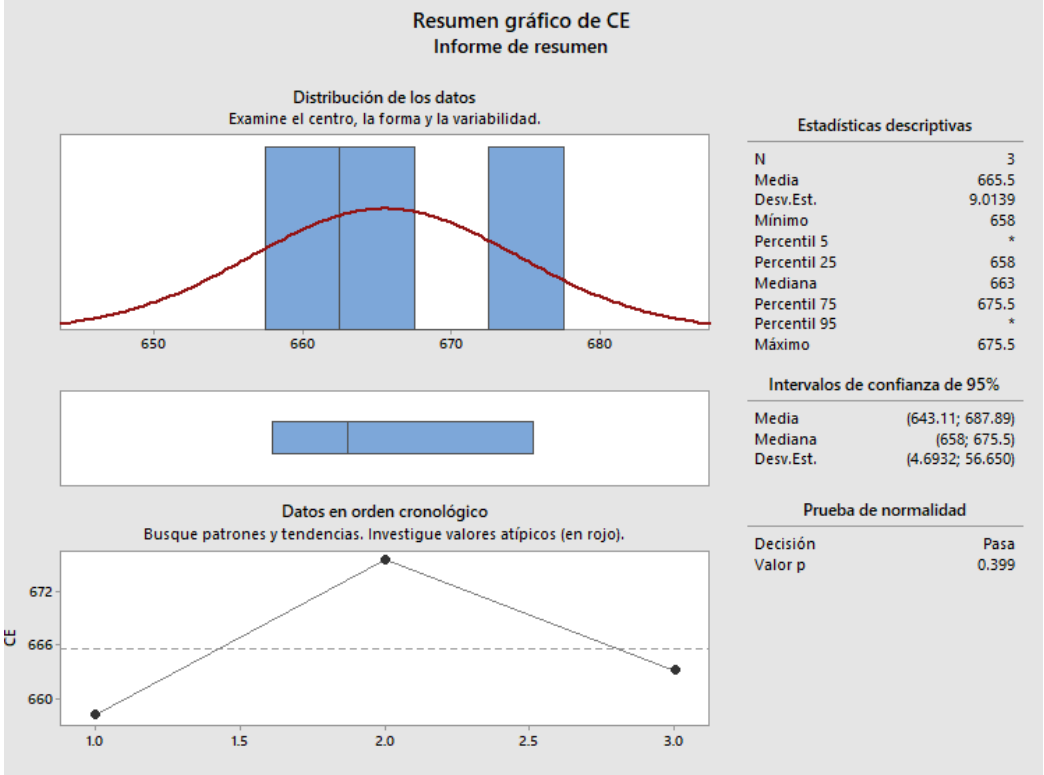



***Figura 97:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica - día 6
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de coagulación este entro con 6582 uS/cm para luego salir con 675.5 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 663 uS/cm

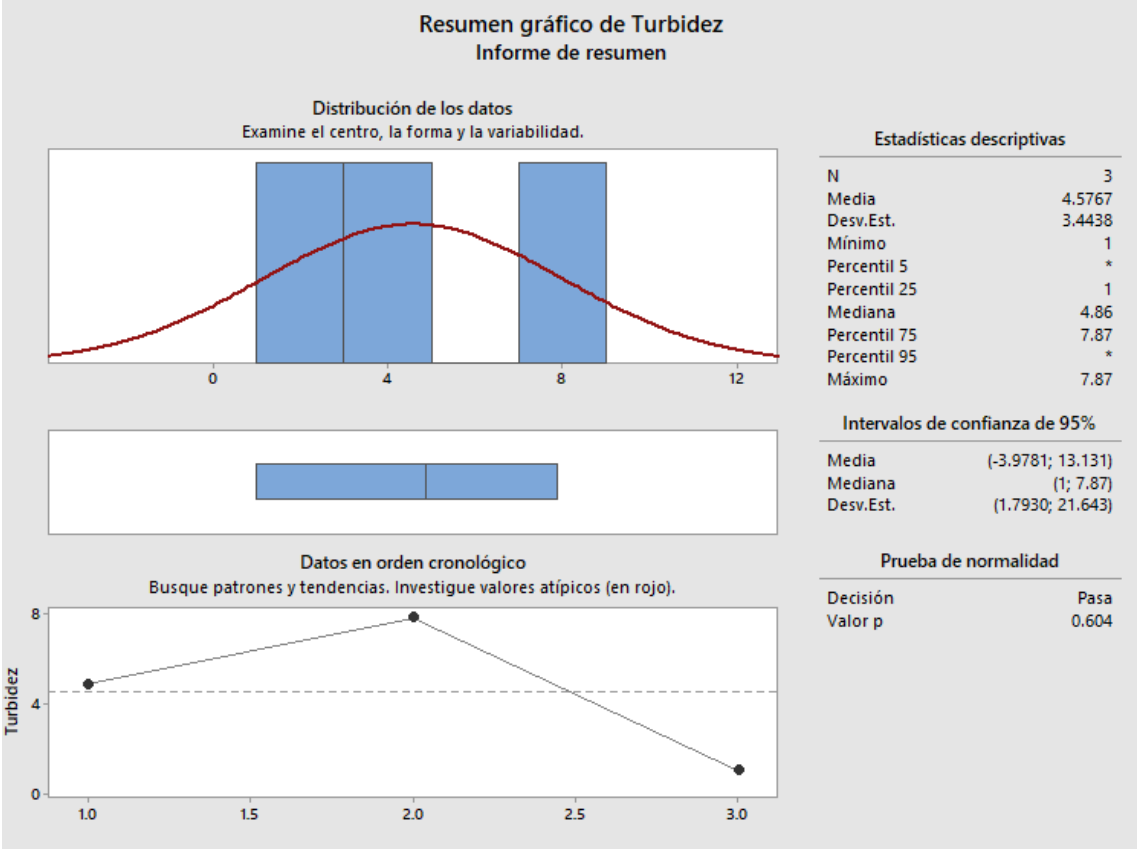



***Figura 98*:** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 6
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

El sexto día de monitoreo para observar el comportamiento de los parámetros tomados en los cuales la turbidez al igual que el primer monitoreo, paso el segundo entro con una determinada turbidez luego este aumento y por último esta fue sedimentada y atrapada en él.

Primero antes que entre al sistema entro con 4.86 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación se obtuvo 7.87 NTU y por último una vez que sale del sistema de filtración se obtuvo 1.00 NTU.

**Tabla 73:** *Resultados de campo del monitoreo del sistema In situ - día 7*

| RESULTADOS DE CAMPO DEL SISTEMA PILOTO - BAÑOS DEL INCA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | | **pH** | **T °C** | **CE uS/cm** | **Turbidez NTU** | **Q L/min** | **Hora** |
| **Jueves 14/03/19** | Agua que ingresa | 7.27 | 18.9 | 659 | 4.87 | 0.52 | 7.30 am |
| | Agua que ingresa al filtro | 7.36 | 19.2 | 663 | 6.92 | | |
| | Agua de salida | 7.4 | 19.3 | 664 | 1.01 | 0.50 | |
| **Jueves 14/03/19** | Agua que ingresa | 7.27 | 18.9 | 659 | 4.87 | 0.52 | 8.35 am |
| | Sedimentador | 7.32 | 19.5 | 664 | 6.9 | | |
| | Proceso de Almacenamiento | 7.35 | 19.4 | 667 | 1.02 | 0.49 | |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 74:** *Resumen de los resultados de campo del monitoreo del sistema In situ día 7*

| Etapas de monitoreo | pH | T °C | CE uS/cm | Turbidez NTU |
|---|---|---|---|---|
| Agua que sin tratamiento | 7.27 | 18.9 | 659 | 4.87 |
| Agua que ingresa al filtro | 7.34 | 19.35 | 663.5 | 6.91 |
| salida del filtro | 7.38 | 19.35 | 666 | 1.02 |

**Fuente:** Elaboración propia

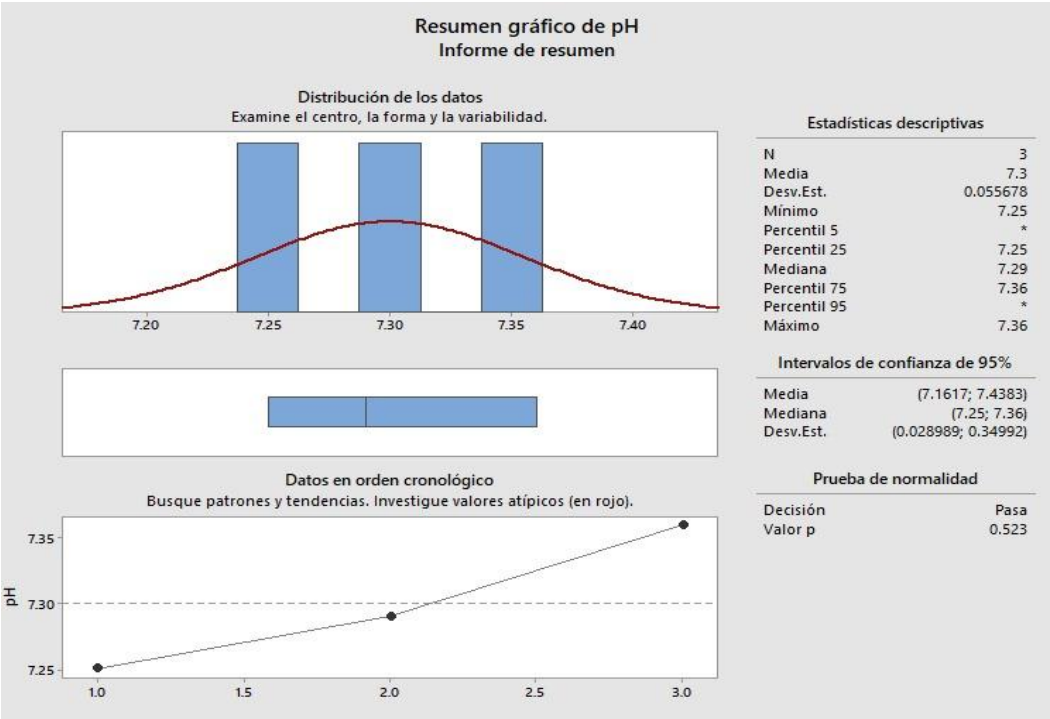



***Figura 99:*** Estadística de los resultados del comportamiento del pH - día 7
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar el comportamiento del pH en relación al sistema en primera instancia entro con pH de 7.27 para luego pasar por el proceso de coagulación y aumentar ligeramente su pH a 7.34, por último, al pasar por el último proceso unitario que es el filtro de arena, bajo a un pH de 7.38.

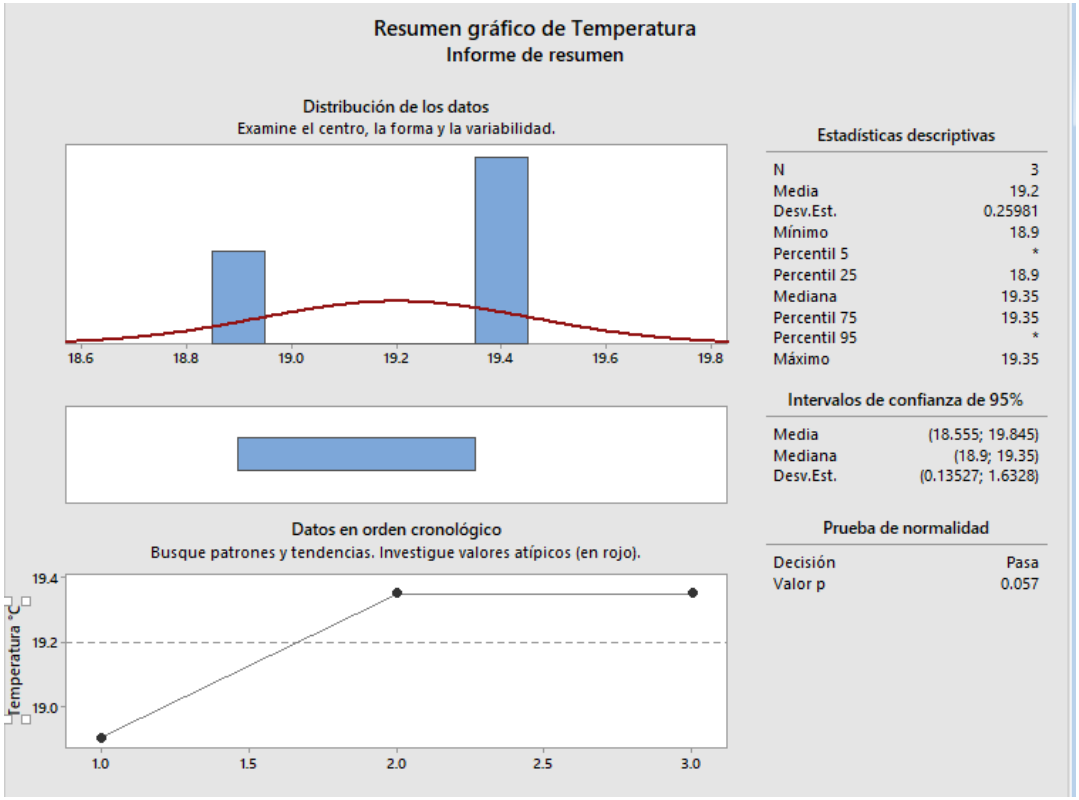



***Figura 100:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la temperatura °C día 7
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Podemos observar que la temperatura en el séptimo día de monitoreo que el comportamiento de este al inicio del sistema fue el más alto siendo 18.9 °C y luego al entrar al sistema de filtrado entro con una temperatura de 19.35 °C por último salió con una tempera de 19.35 °C.

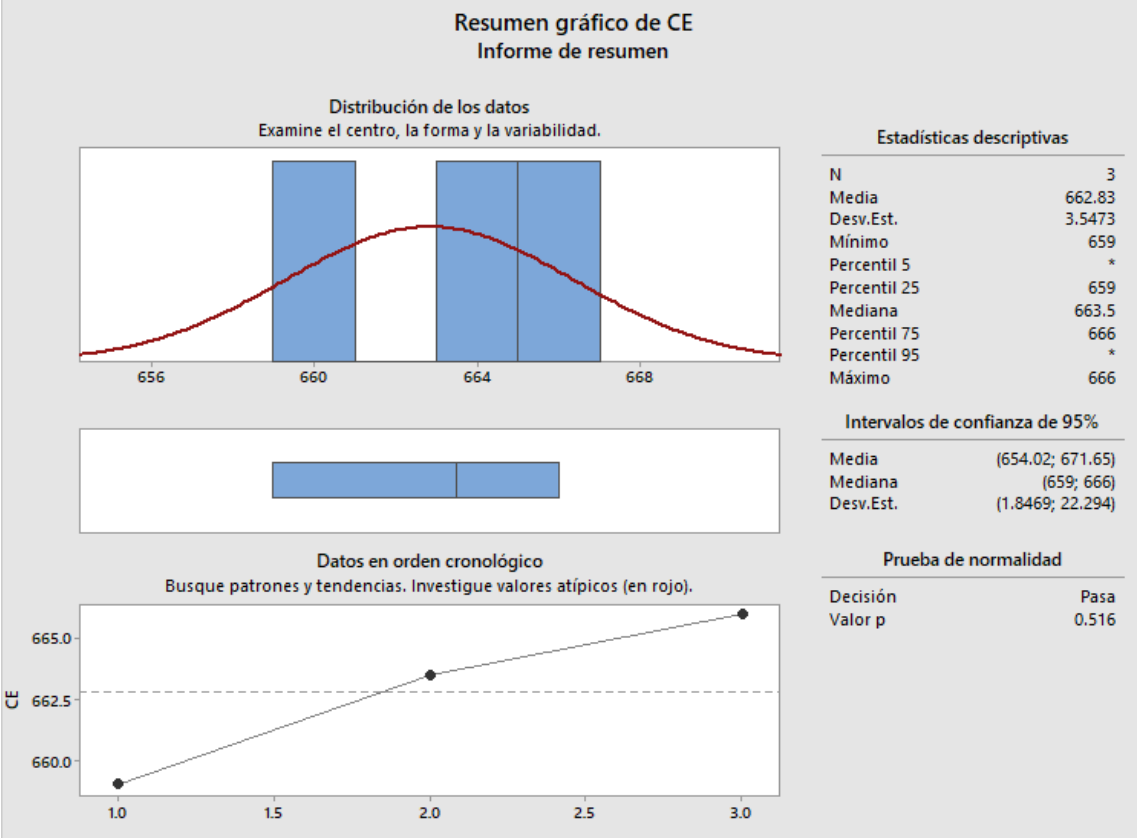



***Figura 101:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la conductividad eléctrica día 7

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

Se observa el comportamiento de que conforme pasa por el sistema esta aumenta, antes que haga contacto con el proceso unitario de coagulación este entro con 659 uS/cm para luego salir con 663.5 uS/cm hacia el proceso de filtración y por último salir hacia el ambiente con 666 uS/cm

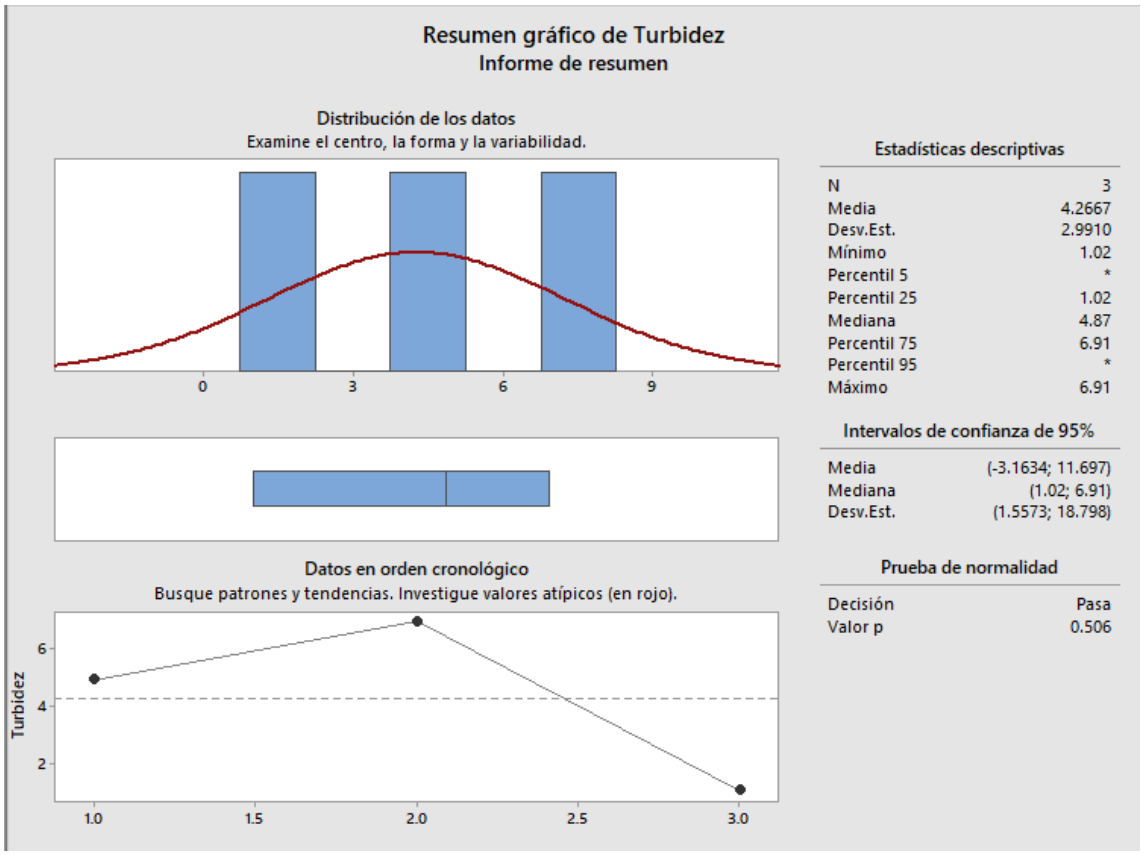



***Figura 102:*** Estadística de los resultados del comportamiento de la turbidez - día 7

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación**

En el séptimo día de monitoreo la turbidez es muy parecida al día uno, el agua que ingresa al sistema tiene una concentración de 4.87 NTU, luego de pasar por el proceso de coagulación la concentración de turbidez sube a 6.91 NTU y por último pasa por el proceso de filtración donde reduce la concentración a1.02 NTU.

**Tabla 75:** *Comparación de resultados del agua tratada por el sistema piloto con los LMP – parámetros analizados en laboratorio.*

| LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR DOMÉSTICAS O MUNIPALES | | | |
|---|---|---|---|
| **Parámetro** | **Unidades** | **LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS** | **10PMBI 14/03/19** |
| **Coliformes Termotolerantes** | NMP/100ml | 10,000 | <1.8 |
| **Demanda Bioquímica de Oxigeno** | mg/L | 100 | <2.6 |
| **Demanda Química de Oxigeno** | mg/L | 200 | 6 |
| **pH** | unidad | 6.5-8.5 | 7.32 |
| **Solidos Totales en Suspensión** | mg/L | 150 | <3 |
| **Temperatura** | °C | <35 | 19.5 |

**Fuente:** Elaboración propia

Los parámetros que sobrepasaron los límites máximos permisibles del agua cuando las piscinas vertían sus aguas directamente hacía el ambiente se controló exitosamente con el sistema planteado.

Tal como se puede observar los parámetros de solidos totales en suspensión temperatura y SAAM fueron controlados y cumplen con la normatividad.

## 4.4. Diseño del sistema con los procesos unitarios más relevantes

### 4.4.1. Diseño de rejas

Según la normativa OS. 090 tratamientos de aguas residuales nos refieren que para el diseño de cribas de rejas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

a. Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor de 30 a 75 mm de ancho. Las dimensiones dependen de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.

b. El espaciamiento entre barras estará entre 20 y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.

c. Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0,60 a 0,75 m/s (basado en caudal máximo horario). Las velocidades deben verificarse para los caudales mínimos, medio y máximo.

d. Determinada las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0,45 m/s un valor comúnmente utilizado.

e. En la determinación del perfil hidráulico se calculará la pérdida de carga a través de las cribas para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área obstruida. Se utilizará el valor más desfavorable obtenido al aplicar las correlaciones para el cálculo de pérdida de carga. El tirante de agua en el canal antes de las cribas y el borde libre se comprobará para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área de cribas obstruida.

f. El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.

g. El cálculo de la cantidad de material cribado se determinará de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 76:** *Criterios de diseño de rejas*

| Abertura (mm) | cantidad (litros de material cribado l/m3 de agua residual) |
|---|---|
| 20 | 0,038 |
| 25 | 0,023 |
| 35 | 0,012 |
| 40 | 0,009 |

**Fuente:** OS. 090 tratamientos de aguas residuales

Según la OS. 090 tratamiento de aguas residuales afirma que, para facilitar la instalación y el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejas serán instaladas en guías laterales con perfiles metálicos en “U”, descansando en el fondo en un perfil “L” o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto. (p.26)

**Tabla 77:** *Criterios de diseño de rejas para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca*

**Fuente:** Elaboración propia

| CRITERIOS DE DISEÑO | Símbolo | Unidad | Rango típico | Referencia |
|---|---|---|---|---|
| Velocidad en el canal de llegada | V1 | m/s | 0,30 - 0,60 | Norma OS. 090 |
| Velocidad a través de las rejas (Limpio) | Vr | m/s | 0,60 - 0,75 | Norma OS. 090 |
| Espesor de la barra | t | mm | 5 - 15 | Norma OS. 090 |
| Profundidad de la barra | L | mm | 30 - 75 | Norma OS. 090 |
| Separación entre la barra | a | mm | 20 - 50 | Norma OS. 090 |
| Inclinación de las rejillas | α | º | 45 - 60 | Norma OS. 090 |
| Perdida de carga en rejillas sucias | hf | mm | 150 | Norma OS. 090 |
| Tasa de residuos sólidos | RS | l/1000 m3 | 38 | Norma OS. 090 |

| PARAMETROS SELECCIONADOS | **Símbolo** | **Unidad** | **Valor** | **Valor** |
|---|---|---|---|---|
| Numero de Rejas | Rm | Unidad | 1 | |
| Separación entre barras | a | m | 0,02 | 20 mm |
| Espesor de la barra | t | m | 0,005 | 5 mm |
| Forma de barras | | | Rectangular | |
| Material de las barras | | | Acero inoxidable 304 | |
| Grosor del marco | L | m | 0,05 | 5 mm |
| Angulo de inclinación de rejillas | q | º | 45 | |
| Ancho total del canal en la zona de rejas | W | m | 0,3 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho libre a través de las rejillas | w | m | 0,2 | |
| Numero de barras | Nb | barras | 7 | |
| Tasa de residuos sólidos l/1000 m3 | RS | L/m3 | 0,038 | Norma OS.090 |

### 4.4.2. Diseño de las pozas de enfriamiento

**Tabla 78:** *Criterios de diseño de las pozas de enfriamiento*

| CRITERIOS DE DISEÑO | | |
|---|---|---|
| **PARAMETRO** | **VALOR** | **UNIDAD** |
| **VOLUMEN TOTAL** | 660 | $m^3$ |
| **N° DE POZAS** | 2 | Unidades |
| **VOLUMEN POZA N°1** | 330 | $m^3$ |
| **VOLUMEN POZA N°2** | 330 | $m^3$ |
| **DIMENSIONES DE LA POZA N°1** | | |
| **LARGO** | 12 | M |
| **ANCHO** | 12 | M |
| **ALTO** | 2.5 | M |
| **DIMENSIONES DE LA POZA N°2** | | |
| **LARGO** | 12 | M |
| **ANCHO** | 12 | M |
| **ALTO** | 2.5 | M |

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.4.3. Diseño del tanque de coagulación – floculación

**Tabla 79:** *Criterios de diseño del tanque de coagulación – floculación*

| PARAMETO | VALOR | UNIDAD |
|---|---|---|
| **Volumen total** | 660 | $m^3$ |
| **Volumen poza N° 1** | 330 | $m^3$ |
| **Volumen poza N° 2** | 330 | $m^3$ |
| **Horas de tratamiento** | 11 | horas |
| **Caudal a tratar pz N°1** | 30 | $m^3/h$ |
| **Caudal a tratar pz N°2** | 30 | $m^3/h$ |
| **Total, de caudal de pozas** | 60 | $m^3/h$ |
| **DIMENSIONES DEL TANQUE DE COAGULACION. FLOCULACION N°1** | | |
| **LARGO** | 5 | m |
| **ANCHO** | 4 | m |
| **ALTO** | 1.5 | m |
| **DIMENSIONES DEL TANQUE DE COAGULACION. FLOCULACION N°2** | | |
| **LARGO** | 5 | m |
| **ANCHO** | 4 | m |
| **ALTO** | 1.5 | m |

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.4.4. Diseño del tanque de filtro lento

La filtración lenta es un proceso de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través del lecho poroso de un medio filtrante. Durante este paso, la calidad del agua se mejora considerablemente por reducción del número de microorganismos (bacterias, virus, quistes), eliminación de

materias en suspensión y de materia coloidal, y cambios en la composición química. En la superficie de un lecho ya maduro se forma una película delgada llamada el Schmutzdecke, que consta de una gran variedad de microorganismos, biológicamente muy activos, que descomponen la materia orgánica, mientras gran parte de la materia inorgánica en suspensión queda retenida por acción de "colado". El proceso de filtración lenta se distingue esencialmente del de filtración rápida por el Schmutzdecke y por el proceso de purificación que tiene lugar en esta delgada capa superficial. El principal carácter distintivo de los filtros de arena de acción rápida consiste en la eliminación de partículas en suspensión relativamente grandes por procesos físicos. Es más, los filtros de arena de acción rápida requieren limpiarse mediante una operación de reflujo un tanto complicada, mientras que la limpieza de los filtros lentos se realiza por el procedimiento relativamente simple al remover periódicamente la parte superior del lecho filtrante, incluido el Schmutzdecke. (Diyk, 1978, p.22)

En principio, la sustancia porosa del lecho filtrante puede ser cualquier material estable, pero en el campo del abastecimiento de agua potable de uso doméstico la práctica normal es usar lechos de material granular; en particular, se usa arena por ser barata, inerte, durable, ampliamente disponible y por dar excelentes resultados. (Diyk, 1978, p.23)

**a. Principio de proceso de purificación**

La purificación empieza en la capa sobrenadante de agua cruda donde las partículas grandes se asentarán sobre el lecho filtrante y las partículas más pequeñas pueden aglomerarse y conformar flocus sedimentables debido a interacciones físicas o (bio) químicas. (Diyk, 1978, p.27)

Por acción de la luz solar se desarrollan algas que producen oxígeno, elemento conveniente para otros propósitos en la capa de agua sobrenadante y en el lecho filtrante. Se produce una disminución del número de bacterias y alguna reducción de materia orgánica debido a su consumo por las algas o a su oxidación química. (Diyk, 1978, p.27)

La mayor eliminación de impurezas, así como la considerable mejora de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda, tiene lugar en el lecho filtrante y, especialmente, en el Schmutzdecke, en la parte superior del lecho filtrante. En esta capa superior abundan microorganismos tales como algas, plancton, diatomeas y bacterias, los que, mediante su intensa actividad biológica, descomponen la materia orgánica. Más aún, gran cantidad de materia inorgánica en suspensión es retenida al "colarse" el agua. El agua, en su paso a

través del lecho, cambia constantemente de dirección de manera que las partículas acarreadas por el agua toman contacto con los granos del filtro por diversos mecanismos de transporte. Los granos van quedando cubiertos por una capa pegajosa, principalmente de materia orgánica, la que a su vez atrapa estas partículas por diversos mecanismos de "enganche". Al mismo tiempo, los microorganismos activos (bacterias, protozoos, bacteriófagos) que se encuentran en la capa pegajosa que rodea a los granos se alimentan de las impurezas atrapadas y se devoran entre sí. En esta forma, la materia orgánica degradable, incluidas bacterias y virus de origen fecal, es descompuesta gradualmente y convertida en agua, anhídrido carbónico y sales inorgánicas inocuas. La zona viviente donde tienen lugar estos mecanismos de purificación se extiende hasta unos 0.4 a 0.5 metros por debajo de la superficie del lecho filtrante, pero disminuye en actividad al aumentar la profundidad conforme se purifica el agua y ésta contiene menos materia orgánica y menos compuestos nutrientes. A mayor profundidad dentro del lecho filtrante, los productos de los procesos biológicos continúan

eliminándose por procesos físicos (adsorción) y acción química (oxidación). (Diyk, 1978, p.28)

**Tabla 80:** *Criterios de diseño del filtro lento de arena para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca – Filtro N°1*

| Datos | Símbolo | Unidad | Valores | Ecuación |
|---|---|---|---|---|
| Caudal del diseño | Q | l/s | 8.33 | |
| Caudal de diseño | Q | $m^3/h$ | 30 | |
| Número de unidades | N | adim | 2 | |
| Caudal por filtro lento | Qu | l/s | 4.17 | |
| velocidad de filtración | vf | m/h | 0,15 | |
| Espesor capa de arena extraída en c/d raspada | E | m | 0,03 | Asumido |
| Número de raspados por año | n | adim | 6 | Asumido |
| Arena del medio filtrante de cada unidad | AS | m^2 | 100 | AS=Q/(N*Vf) |
| coeficiente de mínimo costo | k | adim | 1.33 | K=(2*N)/(N+1) |
| Largo de cada unidad | L | m | 11.55 | L=(AS*K)^(1/2) |
| Largo seleccionado | L | m | | |
| Ancho de cada unidad | B | m | 8.66 | B = (AS/K)^(1/2) |
| Ancho seleccionado | B | m | | |
| Volumen del depósito para almacenar arena durante 2 años | V | | 3,05 | V = 2*L*B*E*n |
| Vel. De filtración real | VR | m/h | 0.15 | V = Q/(N*A*B) |
| Dimensiones de los filtros lentos | | | | |
| Parámetros de diseño | Unidad | Valores | Rangos | Referencia |
| Velocidad de filtración | m/h | 0,15 | 0,10-0,30 | CEPIS |
| Área máxima de cada unidad | m^2 | 100 | 10-200 | CEPIS |
| Número de unidades | | 2 | 2 | CEPIS |
| Borde libre | m | 0,3 | 0,2-0,3 | CEPIS |
| Altura del agua sobre lecho filtrante | m | 1 | 1-1,5 | CEPIS |
| Altura de lecho filtrante | m | 0,8 | 0,8-1 | CEPIS |
| Diámetro efectivo de la arena | mm | 0,25 | 0,15-0,35 | CEPIS |
| Altura de capa soporte | m | 0,25 | 0,10-0,30 | CEPIS |
| Granulometría grava | mm | | 1,5-40 | CEPIS |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Altura de drenaje | m | 0,2 | 0,10-0,25 | CEPIS |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 81:** *Criterios de diseño del filtro lento de arena para las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca – Filtro N°2*

| Datos | Símbolo | Unidad | Valores | Ecuación |
|---|---|---|---|---|
| Caudal del diseño | Q | l/s | 8.33 | |
| Caudal de diseño | Q | $m^3/h$ | 30 | |
| Número de unidades | N | adim | 2 | |
| Caudal por filtro lento | Qu | l/s | 4.17 | |
| velocidad de filtración | vf | m/h | 0,15 | |
| Espesor capa de arena extraída en c/d raspada | E | m | 0,03 | Asumido |
| Número de raspados por año | n | adim | 6 | Asumido |
| Arena del medio filtrante de cada unidad | AS | m^2 | 100 | AS=Q/(N*Vf) |
| coeficiente de mínimo costo | k | adim | 1.33 | K=(2*N)/(N+1) |
| Largo de cada unidad | L | m | 11.55 | L=(AS*K)^(1/2) |
| Largo seleccionado | L | m | | |
| Ancho de cada unidad | B | m | 8.66 | B = (AS/K)^(1/2) |
| Ancho seleccionado | B | m | | |
| Volumen del depósito para almacenar arena durante 2 años | V | | 3,05 | V = 2*L*B*E*n |
| Vel. De filtración real | VR | m/h | 0.15 | V = Q/(N*A*B) |
| Dimensiones de los filtros lentos | | | | |
| Parámetros de diseño | Unidad | Valores | Rangos | Referencia |
| Velocidad de filtración | m/h | 0,15 | 0,10-0,30 | CEPIS |
| Área máxima de cada unidad | m^2 | 100 | 10-200 | CEPIS |
| Número de unidades | | 2 | 2 | CEPIS |
| Borde libre | m | 0,3 | 0,2-0,3 | CEPIS |
| Altura del agua sobre lecho filtrante | m | 1 | 1-1,5 | CEPIS |
| Altura de lecho filtrante | m | 0,8 | 0,8-1 | CEPIS |
| Diámetro efectivo de la arena | mm | 0,25 | 0,15-0,35 | CEPIS |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Altura de capa soporte | m | 0,25 | 0,10-0,30 | CEPIS |
| Granulometría grava | mm | | 1,5-40 | CEPIS |
| Altura de drenaje | m | 0,2 | 0,10-0,25 | CEPIS |

**Fuente:** Elaboración propia

# “Dimensiones del sistema piloto”

## 4.5. Dimensiones del sistema piloto para 0.5L/min

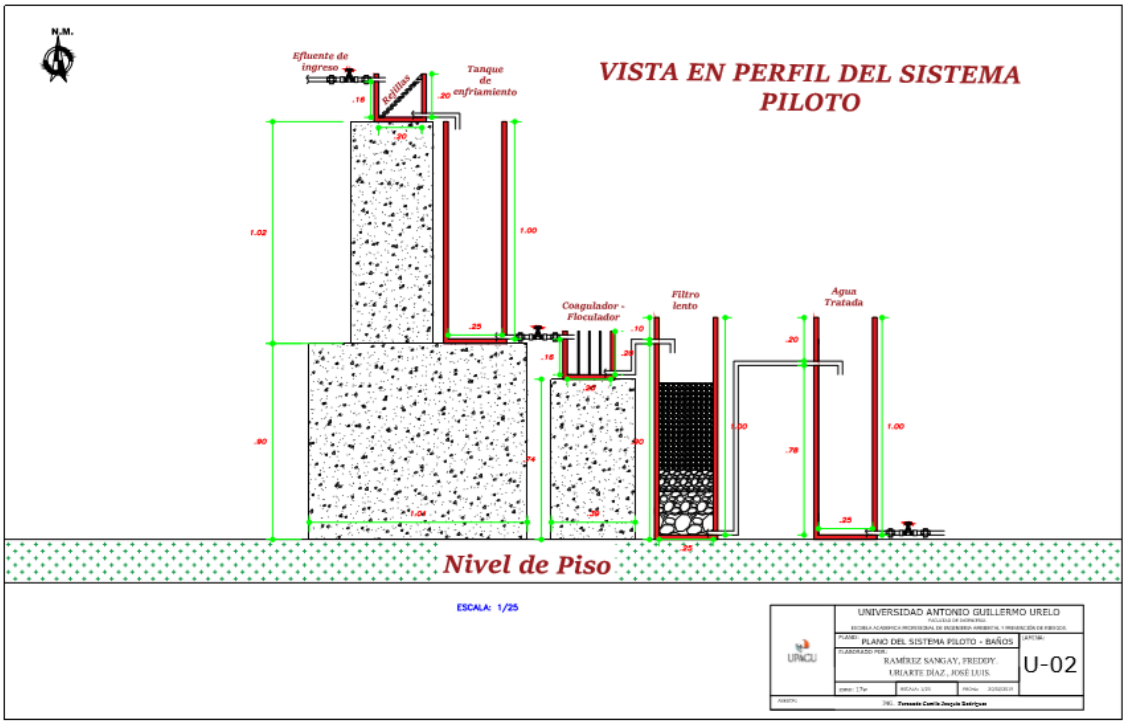



***Figura 103:*** Plano de isométrico del sistema piloto del sistema a escala piloto
**Fuente:** Elaboración propia

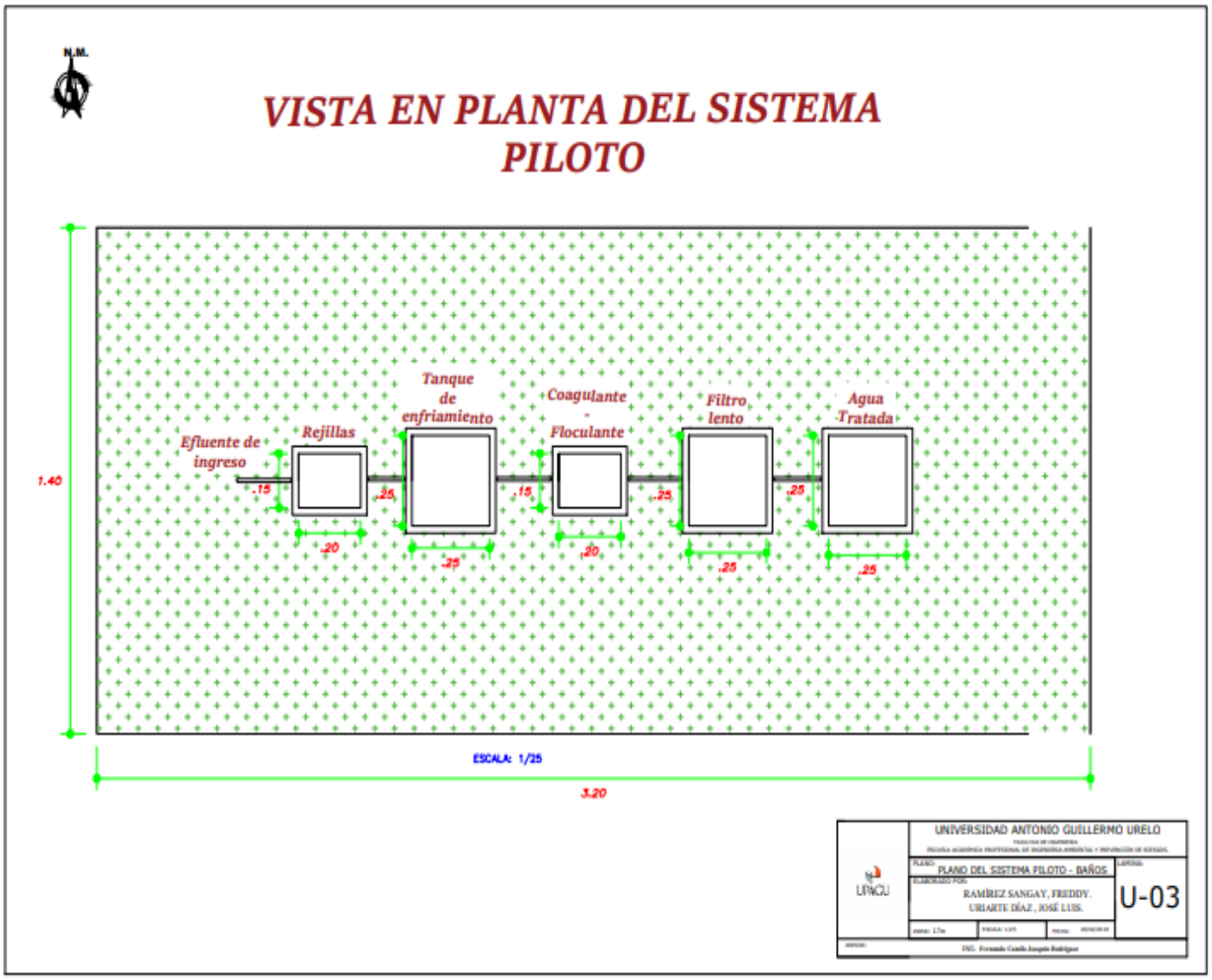



***Figura 104:*** Vista de planta del sistema piloto a escala piloto
**Fuente:** Elaboración propia

# “Dimensiones a escala real del sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca”

# Plano vista en planta del STARM - BI

***Figura 105: Plano*** de planta del sistema piloto del sistema a escala real

**Fuente:** Elaboración propia

# Plano isométrico del STARM - BI

***Figura 106:*** *Plano de isométrico del sistema piloto del sistema a escala real*

**Fuente:** Elaboración propia

# CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó todas las alternativas de operaciones unitarias más eficientes para el proceso de tratamiento de aguas residuales ya que en los resultados de laboratorio sobrepasan tres parámetros en los cuales están la temperatura, solidos totales y detergentes.
- Se realizó todas las pruebas de tratamiento en acorde a los resultados de la calidad de agua de las piscinas en los cuales tuvimos como operaciones unitarias a las rejillas, pozas de enfriamiento, tanque de coagulación y un sistema de filtración.
- Se diseñó e implemento un sistema piloto in situ para confirmar la eficiencia del sistema de tratamiento global determinado.
- Una vez obtenido los resultados de la puesta en marcha del sistema piloto se procedió a dimensionar a escala real el sistema de tratamiento de aguas residuales para el efluente de las piscinas municipales del distrito de los Baños del Inca.
- De acuerdo a los resultados del efluente del sistema piloto instalado in situ, se logró reducir la concentración de los tres parámetros que sobrepasaban los LMP (temperatura, solidos totales suspendidos y detergentes).
- Finalmente concluimos afirmando que el sistema de tratamiento propuesto es eficiente ya que ha logrado reducir la concentración de todos los parámetros evaluados para el cumplimiento de la normativa vigente.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Recomendamos plantear como una alternativa de tratamiento de agua a la municipalidad distrital de los Baños del Inca.
- Plantear un sistema de recirculación del agua tratada en dichas piscinas para ahorrar el consumo de agua.
- Realizar el diseño estructural del sistema de tratamiento de aguas residuales planteadas en la presente tesis.
- Buscar un mecanismo para poder tratar el área que se utiliza para el sistema de filtración.
- Realizar un análisis granulométrico de la arena utilizada en proceso de filtración.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alianza por el agua. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Andaluz: Ideasamares.

Ayala, R., y Gonzales, G. (2008). Apoyo didáctico de la enseñanza - aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.

Aygun y Yilmaz. (2010. Impro. Improvement of Coagulation-Flocculation Process For Treatment of Detergent Wastewaters Using Coagulant Aids. Turkey. International Journal of Chemical and Environmental Engineering

Beltrán, T., y Campos, C. (2016). Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de jauja. Jauja: Universidad nacional del centro del Perú.

Betancort, J., García, I., Peñate B., Pidre, J., Salas, J., y Sardón, N. (2006). Guía sobre tiramiento de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población mejora de la calidad de los efluentes. Canarías: Daure diseño, S.L.

Carrión C. (2008). Manual técnico de difusión de sistema de tratamiento de agua residual para albergues en zonas rurales. Lima: CALTUR

Condori, C., y Guillen, A. (2018). Contaminación de las aguas termales de la piscina con coliformes fecales y totales en el barrio san Cristóbal, Huancavelica 2016. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Corral, F., y Vergara, E. (2010). Estudio del agua de las piscinas para su reutilización. Madrid: XIV INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT ENGINEERING.

Digesa. Estudio Técnico ambiental: Gesta Agua. 2008. Informe de Tratamiento de Aguas Residuales.

Dirección de términos para la gestión ambiental peruana. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima: MIMAM.

Guereca, L. Mongan, J., Noyola, A., (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas. México: Universidad Autónoma de México.

Jiménez, R., (1998). Metodología de la investigación elementos básicos para la investigación clínica. La Habana: Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de Ciencias Médicas.

Larios, F., Gonzáles, C., y Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.

Loose, D. (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Lima: Sunass.

López, J. (2011). Evaluación de la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos UASB para el tratamiento de aguas residuales - escala laboratorio. Quito: Universidad san fráncico de Quito.

Maxe, M. (2015). Estudio de la calidad fisicoquímica del agua residual de la Universidad. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.

Metcalf, y Inc., E. (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. Madrid: McGraw - HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2013). Afrontar la escasez de agua un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma: FAO.

Paico, D. (2017). Sistema Tohá, para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad. Chiclayo: Universidad Cesas Vallejo.

Paluela, G., y Marató, J. (2008). Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas. Medellín: UNEP.

Rodríguez, P. (2001). Abastecimiento de agua. Oaxaca: Instituto tecnológico de Oaxaca.

Rossi L. (2010). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Lima: FONAM.

Soriano, F. (2014). Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Supo, J. (2012). Seminarios de investigación científica. Recuperado de https://es.scribd.com/document/340375996/INVESTIGACION-CIENTIFICA-Jose-Supo-pdf

Suarez y Peña (2009). Análisis de la movilización de sólidos en suspensión en una cuenca urbana separativa mediante la aplicación de muestreo en continuo de la turbidez. Coruña. Fundación para el fomento de la ingeniería del agua.

Dijk V (1978). Filtración lenta en arena para abastecimiento público de agua en países en desarrollo. CEPIS

# ANEXO A

## “Tablas y gráficos”

**Tabla 82:** *Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

| PARÁMETRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS |
|---|---|---|
| Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 10,000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 |
| pH | Unidad | 6.5 – 8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L | 150 |
| Temperatura | °C | < 35 |

**Fuente:** D.S. Nº 003-2010-MINAM

# ANEXO B

## “Figuras y fotografías”

***Figura 107:*** Tesistas tomando muestras de agua para la caracterización
**Fuente:** Toma propia

***Figura 108:*** Tesistas tomando muestras de agua para la caracterización
**Fuente:** Toma propia

***Figura 109:*** Tesistas realizando la medición in situ de los parámetros de pH, CE, Turbidez y T° para la caracterización
**Fuente:** Toma propia

***Figura 110:*** Tesistas preparando la solución de coagulante – floculante
**Fuente:** Toma propia

***Figura 111:*** Tesistas realizando las pruebas de coagulación – floculación para la eliminación de detergentes, a nivel de laboratorio (sistema Bach)
**Fuente:** Toma propia

***Figura 112:*** Tesistas realizando las pruebas de enfriamiento natural y forzada para bajar la temperatura del agua, a nivel de laboratorio (sistema Bach)
**Fuente:** Toma propia

***Figura 113:*** Tesistas realizando la instalación del sistema piloto en el efluente de las piscinas municipales de Baños del Inca
**Fuente:** Toma propia

***Figura 114***: Tesistas realizando la prueba hidráulica del sistema piloto en el efluente de las piscinas municipales de Baños del Inca
**Fuente:** Toma propia

***Figura 115:*** Tesistas colocando el material de filtración del sistema piloto
**Fuente:** Toma propia

***Figura 116:*** Sistema piloto funcionando
**Fuente:** Toma propia

***Figura 117:*** Tesistas haciendo funcionar el sistema piloto
Fuente: Toma propia

***Figura 118:*** Tesistas realizando el monitoreo en campo del sistema piloto
Fuente: Toma propia

***Figura 106:*** Tesistas tomando muestras en campo del agua tratada del sistema piloto
Fuente: Toma propia

# ANEXO C

# "Resultados de ensayos realizados"

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1821598**

## INNODEVEL .S.A.C.

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-344570-032

PROCEDENCIA : CAJAMARCA - LOCAL INNODEVEL

Fecha de Recepción SGS : 15-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 15-10-2018 al 20-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 2PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 20/10/2018**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao | Callao 1 Callao | t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa | t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca | t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
## MA1821598

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 2PMBI | 2PMBI | 2PMBI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 14/10/2018 | 14/10/2018 | 14/10/2018 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 17:45:00 | 17:50:00 | 18:05:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL | AGUA RESIDUAL | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** | **Resultado** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquimicos** | | | | | | | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW_APHA5210B_CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | | 3.5 | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | | | 5.663 |
| Aceites y Grasas | EW_ASTMD3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 | | |

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 2PMBI | 2PMBI | 2PMBI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 14/10/2018 | 14/10/2018 | 14/10/2018 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 17:40:00 | 18:00:00 | 18:10:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL | AGUA RESIDUAL | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** | **Resultado** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquimicos** | | | | | | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | EW_APHA2540D_CX | mg/L | 1 | 3 | | | 185 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW_APHA5220D_CX | mg/L | 1.8 | 4.5 | 42.4 | | |
| **Análisis Microbiológicos** | | | | | | | |
| Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | EW_APHA9221E_NMP_CX | NMP/100 mL | – | – | | 540.0 | |



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1821598**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_ASTMD3921 | Callao | Aceites y Grasas | ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011).Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014 |
| EW_APHA5210B_CX | Cajamarca | Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test |
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |
| EW_APHA5220D_CX | Cajamarca | Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |
| EW_APHA9221E_NMP_CX | Cajamarca | Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed; 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium). |
| EW_APHA2540D_CX | Cajamarca | Sólidos Totales en Suspensión | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao | Callao 1 Callao | t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa | t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca | t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1821598**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 4.5 | <4.5 | | 99% | 106% | 0% |
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | | 101% | 103% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 2.6 | <2.6 | 4% | 99 - 104% | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/L | 3 | <3 | 0% | 95% | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0.4 | <0.4 | 0% | 115% | 115% | |



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821861

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-344570-036

PROCEDENCIA : EFLUENTE PISCINAS - B.I.

Fecha de Recepción SGS : 18-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 18-10-2018 al 24-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 3PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 24/10/2018**

**Jade Ch. Huarcaya Soto**
**CBP 8471**
**Jefe de Oficina**

P 18738

COD. 310

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.



Ultima Revisión Julio 2015
SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe
Miembro del Grupo SGS

SGS

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
## MA1821861

| | |
|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | 3PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | 17/10/2018 |
| HORA DE MUESTREO | 17:50:00 |
| CATEGORIA | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |

| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | EW_APHA2540D_CX | mg/L | 1 | 3 | <3 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW_APHA5210B_CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW_APHA5220D_CX | mg/L | 1.8 | 4.5 | 40.6 |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 2.677 |
| Aceites y Grasas | EW_ASTMD3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 |
| **Análisis Microbiológicos** | | | | | |
| Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | EW_APHA9221E_NMP_CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 (**) |

P 18738

COD. 310

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.



Ultima Revisión Julio 2015
SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe
Miembro del Grupo SGS

SGS

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821861

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 4.5 | <4.5 | | 95% | 103% | 1% |
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | | 94% | 101% | 6% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 2.6 | <2.6 | 0% | 100 - 105% | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/L | 3 | <3 | 1% | 100% | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0.4 | <0.4 | 0% | 96% | 96% | |

P.18738

COD. 310

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

SGS

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821861

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA2540D_CX | Cajamarca | Sólidos Totales en Suspensión | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C |
| EW_APHA5210B_CX | Cajamarca | Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test |
| EW_APHA5220D_CX | Cajamarca | Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |
| EW_APHA9221E_NMP_CX | Cajamarca | Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed; 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium). |
| EW_ASTMD3921 | Callao | Aceites y Grasas | ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011).Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905763**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-002

PROCEDENCIA : LOCAL INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS : 08-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 08-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 4PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1905763

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 4PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 08/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 12:30:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.089 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905763**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1905763**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao | Ernesto Gunther 275 Parque Industrial | Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio | Callao t (511) 517 1900 | Arequipa t (054) 213 506 | Cajamarca t (076) 366 092 | www.sgs.pe | e Pe.servicios@sgs.com
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905798**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-004

PROCEDENCIA : LOCAL INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS : 09-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 09-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 5PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
## MA1905798

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 5PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 09/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 09:30:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.085 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905798**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1905798

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905925**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-006

PROCEDENCIA : BAÑOS DEL INCA

Fecha de Recepción SGS : 10-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 10-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 6PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1905925

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 6PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 10/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:40:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.082 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1905925**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1905925

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906048**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-008

PROCEDENCIA : BAÑOS DEL INCA

Fecha de Recepción SGS : 11-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 11-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 7PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
## MA1906048

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 7PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 11/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:30:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.085 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao | Ernesto Gunther 275 Parque Industrial | Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio | Callao t (511) 517 1900 | Arequipa t (054) 213 506 | Cajamarca t (076) 366 092 | www.sgs.pe | e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906048**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906048**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906064**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-010

PROCEDENCIA : BAÑOS DEL INCA

Fecha de Recepción SGS : 12-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 12-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 8PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao | Ernesto Gunther 275 Parque Industrial | Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio | Callao t (511) 517 1900 | Arequipa t (054) 213 506 | Cajamarca t (076) 366 092 | www.sgs.pe | e Pe.servicios@sgs.com
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906064

| | |
|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | 8PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | 12/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | 11:20:00 |
| CATEGORIA | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |

| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.095 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906064**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906064**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906220**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-012

PROCEDENCIA : BAÑOS DEL INCA

Fecha de Recepción SGS : 13-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 13-03-2019 al 14-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 9PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 14/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906220

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | 9PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | | | | | 13/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | | | | | 10:40:00 |
| CATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | | | | | AGUA RESIDUAL MUNICIPAL |
| **Parámetro** | **Referencia** | **Unidad** | **LD** | **LC** | **Resultado** |
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | 0.079 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906220**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Limite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | 95% | 98 - 101% | 0% |



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906220**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906249**

## INNODEVEL S.A.C

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-345122-014

PROCEDENCIA : BAÑOS DEL INCA

Fecha de Recepción SGS : 14-03-2019

Fecha de Ejecución : Del 14-03-2019 al 19-03-2019

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

| Estación de Muestreo |
|---|
| 10PMBI |

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 19/03/2019**

**Jade C. Huarcaya Soto**
**C.B.P. 8471**
**Jefe de Oficina**



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

## INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906249

| | |
|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | 10PMBI |
| FECHA DE MUESTREO | 14/03/2019 |
| HORA DE MUESTREO | 11:00:00 |
| CATEGORIA | AGUA RESIDUAL |
| SUBCATEGORIA | AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL |

| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado |
|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis Fisicoquímicos** | | | | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | EW_APHA2540D_CX | mg/L | 1 | 3 | <3 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW_APHA5210B_CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW_APHA5220D_CX | mg/L | 1.8 | 4.5 | 6.0 |
| S.A.A.M. (Detergentes) | EW_APHA5540C_CX | mg/L | 0.025 | 0.061 | <0.061 |
| **Análisis Microbiológicos** | | | | | |
| Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | EW_APHA9221E_NMP_CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 |

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**
**MA1906249**

## CONTROL DE CALIDAD

**LC:** Límite de cuantificación
**MB:** Blanco del proceso.
**LCS %Recovery:** Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
**MS %Recovery:** Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
**MSD %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
**Dup %RPD:** Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 4.5 | <4.5 | | 105% | 105% | 2% |
| S.A.A.M. (Detergentes) | mg/L | 0.061 | <0.061 | | 95% | 98 - 101% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 2.6 | <2.6 | 2% | 97 - 98% | | |
| Sólidos Totales en Suspensión | mg/L | 3 | <3 | 0% | 96% | | |



SGS del Perú S.A.C.
Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1906249**

## REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|---|---|---|---|
| EW_APHA2540D_CX | Cajamarca | Sólidos Totales en Suspensión | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C |
| EW_APHA5210B_CX | Cajamarca | Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test |
| EW_APHA5220D_CX | Cajamarca | Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |
| EW_APHA5540C_CX | Cajamarca | S.A.A.M. (Detergentes) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C; 23rd Ed: 2017. Surfactants:Anionic Surfactants as MBAS |
| EW_APHA9221E_NMP_CX | Cajamarca | Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed; 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium). |

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015



SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)