

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Eficiencia de oxidación fotocatalítica heterogénea mediante nanopartículas de Dióxido de Titanio Y Peróxido de hidrogeno en aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria

Autores:

Dina Flor Pariona Gutierrez

Raquel Rocio Pineda Aguirre

Asesor:

PhD. Noé Benjamín Pampa Quispe

Lima, diciembre del 2019

ANEXO 07 DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Phd. Noé Benjamín Pampa Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***"EFICIENCIA DE OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA HETEROGÉNEA MEDIANTE NANOPARTICULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO Y PERÓXIDO DE HIDROGENO EN AGUAS RESIDUALES DE UN SERVICIO DE ALIMENTACIÓN HOSPITALARIA"***, constituye la memoria que presenta la Bachiller Dina Flor Pariona Gutierrez y la Bachiller Raquel Rocio Pineda Aguirre, para aspirar al Título Profesional de Ingeniería Ambiental, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión, bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima 18 de diciembre del 2019.



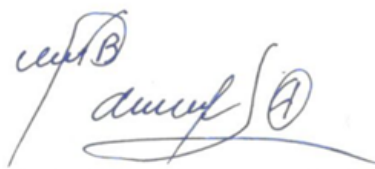
PhD. Noé Benjamín Pampa Quispe

Eficiencia de oxidación fotocatalítica heterogénea mediante nanopartículas de Dióxido de Titanio y Peróxido de hidrogeno en aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR

 Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez Presidenta	 Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio Secretario
 Mg. Joel Hugo Fernández Rojas Vocal	 Ing. Nancy Curasi Rafael Vocal
 Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe Asesor	

Lima, 18 de diciembre de 2019

Dedicatoria

A Dios, por su amor infinito y misericordia que permitió alcanzar uno de mis objetivos. Agradecida a mis padres Ramón Pariona Palacios y Hermelinda Gutierrez Zorrilla, quienes son mi amor, inspiración y motivo de seguir adelante. A mis hermanos, Nilthon, Vilma, Amilcar, Carmen y Royer, por la confianza y apoyo incondicional que siempre me han demostrado. A mi novio Bryam, por ser mi soporte absoluto en la realización de este proyecto, con sus palabras de amor y aliento no me dejaba derribar para cumplir con mi meta, a todos ellos les agradezco por ser parte de mi vida y crecimiento personal.

Dina Flor Pariona Gutierrez

A Dios, aunque me alejé de él, cayendo muchas veces; me ayudo y permitió levantarme; por su inmenso amor y misericordia, que me permitieron llegar hasta este momento. Agradecida con mis padres Conzuelo Aguirre Zeballos y Gustavo Pineda Flores, por su perseverancia en encaminar mi vida y darme lo mejor, y a mi novio Anthonny Medina que con su apoyo incondicional puedo estar logrando mis sueños, gracias por ser parte de mi vida los amo.

Raquel Rocío Pineda Aguirre

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, por ser quien nos guía cada día y nos otorga las fuerzas necesarias para continuar y poder cumplir un objetivo más en nuestras vidas.

Al Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe

Por su orientación, disponibilidad y apoyo incondicional a lo largo de esta investigación con la cual se logró finalizar la tesis y especialmente por su confianza en nosotras. A la vez por la formación e investigación que nos inculco profesionalmente. Porque sin su conocimiento y cooperación no se hubiera podido realizar este trabajo. Nuestra más sincera gratitud por su actitud y soporte.

Al Ing. Anthony Tolentino Castillo

Por habernos inculcado en este fantástico mundo de la investigación de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el Proceso de Oxidación Avanzada (POA), por habernos apoyado muy cordialmente desde el inicio hasta la culminación de la presente tesis y a la vez ser el contacto con el laboratorio AGQ para realizar el análisis de las muestras y alquiler del Reactor de tipo Bach para ejecutar el proyecto, a quien le estamos muy agradecidas, porque sin su ayuda y colaboración no se hubiera podido culminar este trabajo.

A los miembros de la Gestora Peruana de Hospitales (GEPEHO) por sus orientaciones en la elaboración de este trabajo. Asimismo, al Instituto Nacional De Salud del Niño, San Borja y las autoridades directivas por facilitarnos tomar las muestras de aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria (trampa de grasa).

Finalmente, a la Universidad Peruana Unión por darnos la oportunidad de realizarnos como profesionales.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	19
CAPITULO I.....	21
EL PROBLEMA.....	21
1.1. Identificación del Problema.....	21
1.2. Problema General.....	23
1.2.1. Problemas Específicos.....	23
1.3. Justificación de la Investigación.....	24
1.4. Presuposición Filosófica.....	26
1.5. Objetivo general.....	27
2.1.1. 1.5.1. Objetivo específicos.....	27
CAPÍTULO II.....	29
REVISIÓN DE LITERATURA.....	29
2.2. Antecedentes.....	29
2.2.1. A nivel Local.....	29
2.2.2. A nivel Nacional.....	29
2.2.3. A nivel Internacional.....	31
2.3. Marco Legal.....	33
2.3.1. Constitución Política del Perú.....	33
2.3.2. Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.....	33
2.3.3. Norma OS.090.....	34
2.3.4. Ley general del ambiente (Ley N° 28611 - Art.122).....	34
2.3.5. Autoridad Nacional del Agua (R.M. N°224 -2013-ANA).....	34
2.3.6. Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA.....	34
2.3.7. Estándar de Calidad Ambiental para Agua.....	35
2.3.8. Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM - ECA).....	35

2.3.9.	D.S. 010 – 2019 VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA).....	35
2.3.10.	Descargas prohibidas.....	36
2.4.	Marco teórico.....	36
2.4.1.	Agua.....	36
2.4.2.	Calidad del agua.....	37
2.4.3.	Contaminación del agua superficial.....	37
2.5.	Aguas Residuales.....	38
2.6.	Tipos de aguas residuales.....	38
2.6.1.	Agua residual domestica.....	38
2.6.2.	Aguas residuales industriales.....	38
2.6.3.	El agua residual en Industrias Alimentarias.....	38
2.7.	Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual...40	
2.8.	Caracterización de aguas residuales.....40	
2.8.1.	Características físicas.....	41
2.8.2.	Características Químicas.....	43
2.8.3.	Características Inorgánicas.....	44
2.8.4.	Características microbiológicas.....	46
2.9.	Tratamiento de agua residual.....47	
2.10.	Principales procesos de tratamiento de agua residual.....48	
2.10.1.	Pre tratamiento de las aguas residuales.....	48
2.10.2.	Tratamiento primario de las aguas residuales	48
2.10.3.	Tratamiento secundario de las aguas residuales -----	49
2.10.4.	Tratamiento avanzando de oxidación /Recuperación del agua residual -----	49
2.11.	Elementos dela agua residual -----49	
2.11.1.	Afluente-----	49
2.11.2.	Efluente-----	50
2.12.	Métodos convencionales y emergentes en el tratamiento de agua ---50	

2.13. Nano ciencia y nanotecnología	51
2.14. Proceso de Oxidación Avanzada (PAO's)	52
2.15. Oxidación fotocatalítico	56
2.15.1. Foto degradación	57
2.16. Fotocatálisis	57
2.16.1. Fotocatálisis Heterogénea	59
2.16.2. Semiconductores	60
2.17. Nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂)	62
2.17.1. Propiedades del Dióxido de Titanio	64
2.17.2. Proceso tecnológico de obtención de nano partículas de Dióxido de Titanio	64
2.18. Peróxido de Hidrogeno	67
2.19. Parámetros que influyen en el proceso de fotocátalisis con TiO₂	68
2.19.1. Temperatura y pH	68
2.19.2. Características del catalizador	69
2.19.3. Concentración inicial del contaminante	69
2.19.4. Intensidad de la luz	69
2.20. La radiación solar y aplicaciones en la fotocátalisis.	70
2.20.1. Técnicas fotoquímicas de oxidación	70
2.21. Foto Reactor de tipo Bach	71
CAPITULO III	72
MATERIALES Y MÉTODOS	72
3.1. Ámbito de estudio	72
2.21.1. Características climatológicas de la zona de investigación	72
3.2. Ubicación de ejecución del proyecto	72
3.3. Tipo de investigación	73
3.3.1. Enfoque	73
3.3.2. Alcance o Nivel	74

3.4.	Materiales y equipos-----	74
3.4.1.	Materia Prima -----	74
3.4.2.	Materiales de Laboratorio -----	74
3.4.3.	Equipos -----	75
3.4.4.	Reactivos-----	75
3.5.	Procedimientos y metodologías -----	76
3.5.1.	Población-----	76
3.5.2.	Población objetiva-----	76
3.6.	Muestreo y caracterización del agua residual-----	76
3.7.	Proceso de preparación del agua residual -----	77
3.8.	Plan de muestreo -----	77
3.8.1.	Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado y rotulado -----	78
3.8.2.	Procedimientos para el proceso fotocátalisis heterogénea -----	80
3.9.	Equipos para el análisis de las aguas residuales -----	81
3.10.	Metodología para la Instalación del reactor de tipo Bach -----	81
3.10.1.	Criterios de diseño del reactor Bach -----	81
3.10.2.	Ventajas del reactor Bach-----	82
3.11.	Variables del estudio -----	83
3.11.1.	Variable dependiente-----	83
3.11.2.	Variable independiente -----	84
3.11.3.	Variables intervinientes -----	84
3.11.4.	Operacionalización de variables-----	84
3.12.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	84
3.12.1.	Técnicas-----	84
3.12.2.	Fichas de registro -----	85
3.13.	Descripción del proceso. -----	85
3.13.1.	Etapas preliminar de gabinete-----	85
3.13.2.	Etapas de campo -----	85

3.13.3. Etapa final-----	86
3.14. Validación y confiabilidad del instrumento. -----	87
3.14.1. Validación -----	87
3.14.2. Confiabilidad -----	87
3.14.3. Método de análisis de datos-----	87
3.14.4. Aspectos éticos -----	87
3.15. Método: Diagrama de flujo de las etapas del proceso. -----	88
3.16. Diseño de Investigación -----	89
3.16.1. Diseño experimental y superficie de respuesta. -----	89
3.16.2. Relación modelo –diseño -----	90
3.16.3. Diseño de segundo orden-----	91
3.16.4. Región experimental y región de operabilidad -----	92
3.16.5. Mejor tratamiento y punto óptimo -----	92
3.16.6. Elementos de la MSR -----	93
3.17. Modelos Estadísticos -----	94
3.17.1. Técnicas de optimización -----	96
3.18. Análisis estadístico -----	96
<i>CAPITULO IIII.....</i>	98
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</i>	98
4.1. Caracterización del agua residual-----	98
4.2. Caracterización inicial del agua residual (pre- tratamiento) -----	98
4.3. Agua residual después del tratamiento (post- tratamiento) -----	102
4.4. Resultados del ANOVA para la cuantificación del DBO₅ (mg/L)-----	106
4.5. Resultados del porcentaje de remoción del DBO₅ (%) -----	111
4.6. Resultados del ANOVA para la cuantificación del DQO (mg/L)-----	116
4.7. Resultados del porcentaje de remoción del DQO (%).....	120
4.8. Resultados del ANOVA para la cuantificación de SST (mg/L) -----	125

4.9.	Resultado del porcentaje de remoción de SST (%)-----	130
4.10.	Resultados del ANOVA para la cuantificación de A y G (mg/L) -----	135
4.11.	Resultados del porcentaje de remoción de A y G (%) -----	139
<i>CAPITULO IV.....</i>		145
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>		145
5.1.	Conclusiones -----	145
5.2.	Recomendaciones-----	146
<i>REFERENCIA.....</i>		148
<i>ANEXOS.....</i>		155

ÍNDICE DE TABLA

<i>Tabla 1. Valores Máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado, aguas residuales industriales.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de las técnicas avanzadas de oxidación utilizadas en tratamiento de aguas residuales.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 3. Cuadro de comparación de semiconductores Jessica (2002).</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 4. Reacciones en la superficie del TIO₂ irradiado, Jessica (2002).</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 5. Comparación de los potenciales de oxidación de diferentes compuestos.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 6. Plan de muestreo de los parámetros organolépticos.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 7. Plan de muestreo de los parámetros fisicoquímicos.</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 8. Materiales y equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 9. Tipos de parámetros a analizar en el tratamiento del agua residual.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 10. Factores y niveles del diseño experimental.</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 11. Variables Independientes e independientes en el tratamiento del agua residual del servicio de alimentación hospitalaria empleando DCCR.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 12. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (pre-tratamiento).....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 13. Definición de rangos de parámetros.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 14. Establecimiento de límite de pago adicional por cada rango.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 15. Establecimiento de pesos específicos para cada uno de los parámetros: DBO₅, DBQO, SST, A y G.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 16. Factores por cada rango.</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 17. Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (post-tratamiento).....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 18. Eficiencia del porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos después del post-tratamiento.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 19. Resultados de la ANOVA para la cuantificación del DBO₅ (ml/L).</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 20. Regresión lineal para el porcentaje de cuantificación del DBO₅.</i>	<i>108</i>

Tabla 21. Resultados del ANOVA para el porcentaje de remoción del DBO.	111
Tabla 22. Regresión lineal para el porcentaje de remoción del DBO5.	113
Tabla 23. Resultados de la ANOVA para la cuantificación del DQO (ml/L).	116
Tabla 24. Regresión para la cuantificación del DQO.	118
Tabla 25. Resultados de la ANOVA para la remoción del DQO aplicando el proceso de fotocátalisis con nanopartículas TiO ₂ y H ₂ O ₂	120
Tabla 26. Regresión lineal para la cuantificación del DBO5.	122
Tabla 27. Resultados del ANOVA para la cuantificación de solidos suspendidos totales (SST).	125
Tabla 28. Resultados de coeficientes de regresión lineal para la eficiencia de cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales (SST).	127
Tabla 29. Resultados del ANOVA para la remoción de solidos suspendidos totales (SST).	130
Tabla 30. Resultados de coeficientes de regresión para el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales (SST).	132
Tabla 31. ANOVA para la cuantificación de Aceites y Grasas.	135
Tabla 32. Coeficientes de regresión para la cuantificación de Aceites y Grasas.	137
Tabla 33. ANOVA para la remoción de Aceites y Grasas.	139
Tabla 34. Resultados de coeficientes de regresión para el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas.	141
Tabla 35. Matriz de Consistencia.	239
Tabla 36. Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del DBO5.	242
Tabla 37. Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de la DBO5.	242
Tabla 38. Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del DQO.	243
Tabla 39. Resultados de efectos para el porcentaje de remoción del DQO.	243
Tabla 40. Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del SST.	244
Tabla 41. Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de SST.	244
Tabla 42. Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del A y G.	245
Tabla 43. Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de A y G.	245

ÍNDICE DE FIGURA

<i>Figura 1. Esquema del proceso de fotocátalisis heterogénea</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2. . Micrografías TEM de las partículas de TiO₂, obtenidas por el método 1 a las siguientes condiciones de calcinación: (a) 300 °C – 30 min, (b) 300 ° C – 60 min, (c) 500°C – 30 min, (d) 500°C- 60 min.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3. Micrografías TEM de las partículas de TiO₂, obtenidas por el método 2 a las siguientes condiciones de calcinación: (a) 300 °C – 30 min, (b) 300 ° C – 60 min, (c) 500°C – 30 min, (d) 500°C- 60 min.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4. Reactor de tipo Bach (simulador solar).</i>	<i>82</i>
<i>Figura 5. Etapas del proceso para el tratamiento de aguas residuales del servicio de alimentación de industrias hospitalarias.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 6. Diagrama de Pareto para el efecto de la variable DBO₅.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 7. Curvas de contorno para la eficiencia del Nano Dióxido de Titanio para la cuantificación del DBO₅.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 8. Superficie de Respuesta para la cuantificación del DBO₅ mg/L.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 9. Diagrama de Pareto para la remoción del DBO₅.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 10. Curvas de contorno para la remoción del DBO.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 11. Superficie de Respuesta para la Remoción del DBO.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 12. Diagrama de Pareto para eficiencia de cuantificación de DQO</i>	<i>117</i>
<i>Figura 13. Curva del contorno para la cuantificación del DQO.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 14. Superficie de Respuesta para la cuantificación del DQO</i>	<i>119</i>
<i>Figura 15. Diagrama de Pareto para la remoción del DQO.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 16. Curvas de contorno para la remoción del DQO.</i>	<i>123</i>
<i>Figura 17. Superficie de Respuesta para la remoción del DQO</i>	<i>124</i>
<i>Figura 18. Diagrama de Pareto para el efecto de la variable SST.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 19. Curvas de contorno para la eficiencia del Nano Dióxido de Titanio de la cuantificación del SST.</i>	<i>128</i>
<i>Figura 20. Superficie de Respuesta para la cuantificación del SST mg/L</i>	<i>129</i>

<i>Figura 21. Diagrama de Pareto para la remoción de SST.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 22. Curvas de contorno para la remoción de los SST.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 23. Superficie de Respuesta para la remoción de los SST.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 24. Diagrama de Pareto para eficiencia de cuantificación de aceites y grasas (AG).</i>	<i>136</i>
<i>Figura 25. Curvas de contorno para la cuantificación de Aceites y Grasas (AG).</i>	<i>138</i>
<i>Figura 26. Superficie de Respuesta para la cuantificación de Aceites y Grasas (AG).</i>	<i>138</i>
<i>Figura 27. Diagrama de Pareto para la remoción aceites y grasas (AG).</i>	<i>140</i>
<i>Figura 28. Curvas de contorno para la remoción de aceites y grasas (AG).</i>	<i>142</i>
<i>Figura 29. Superficie de respuesta para el porcentaje de remoción de A y G</i>	<i>142</i>
<i>Figura 30. Superficie de Respuesta para aceites y grasas (AG)</i>	<i>143</i>
<i>Figura 31. Trampa de grasa de aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria - Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja</i>	<i>155</i>
<i>Figura 32. Agua residual después del pre tratamiento de la trampa de grasa. Punto de muestreo de agua residual. Caracterización del agua residual.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 33. Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro ((SST, DBO, Ay G) antes del tratamiento del agua.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 34. Toma de muestra del agua residual para el análisis de los parámetros (DQO) antes del tratamiento del agua.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 35. Muestras de aguas residuales listas para ser trasladadas al laboratorio AGQ, Callao.</i>	<i>156</i>
<i>Figura 36. Muestras de aguas residuales herméticamente cerradas, rotuladas y preservadas con ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo.</i>	<i>156</i>
<i>Figura 37. Se trasladó aproximadamente 20 litros de agua residual para ejecutar el proyecto en el laboratorio AGQ, Callao.</i>	<i>156</i>
<i>Figura 38. Obtención de muestra de agua residual para ejecutar el proyecto.</i>	<i>156</i>
<i>Figura 39. Medición de pH a 5.1 indicando acidez. Para ejecutar el proyecto se aplicara a un pH aproximadamente 9.</i>	<i>157</i>
<i>Figura 40. Se filtró las partículas suspendidas como materia orgánicas del agua residual, para que ingrese al reactor de tipo Bach.</i>	<i>157</i>

<i>Figura 41. Medición del pH del agua residual con el equipo Pehachimetro.</i>	<i>157</i>
<i>Figura 42. Se mezcló 1 gr de hidróxido de sodio para 20 litros de agua, con la finalidad de aumentar el nivel de pH de 5.1 a 9.....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 43. Equipos y materiales a utilizar en la ejecución del proyecto “Eficiencia de oxidacion fotocatalítica heterogénea mediante nanopartículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales de servicio alimentación hospitalaria”.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 44. Reactor de tipo Bach con una radiación UV marca Philips (4w, 254nm), carcasa cilíndrica de metal, superficie reflectante de acero, tubo de boro silicato, volumen de 70 ml, un vaso precipitado de 1000 ml y caudal de 11.37 ml/s.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 45. Pesaje de peróxido de hidrogeno, para mezclar con el agua residual.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 46. Pesaje de nanopartículas de dióxido de titanio, para mezclar con el agua residual.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 47. Prueba hidráulica del reactor. Medición del caudal constante 11.37 ml/s, en un vaso precipitado de 1000 ml.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 48. Prueba del correcto funcionamiento del reactor de tipo Bach.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 49. Dosificación a distintas concentraciones de dióxido de titanio TiO₂ (12 pruebas).....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 50. Tratamiento mediante proceso de oxidacion avanzada (POA), donde se reproducirá especies oxidantes capaces de degradar compuestos de difícil degradación. Formando radicales hidroxilo (OH), altamente radiactivos que actúan como indicadores de la oxidacion. El mayor auge son la fotolisis y fotocátalisis. Asi inician las reacciones oxidantes en cadena, llevando a la mineralización completa de la materia orgánica.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 51. Dosificación a distintas concentraciones de peróxido de hidrogeno H₂O₂ (12 pruebas).</i>	<i>160</i>
<i>Figura 52. Medición del pH, después del proceso de tratamiento del agua residual.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 53. Después de 2 horas del tiempo de recirculación para el tratamiento del agua residual, se procederá a retirar el agua tratada.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 54. Se observa la sedimentación de partículas mineralizadas con el TiO₂ y H₂O₂, que destruyeron a los contaminantes por medio de sustancias químicas como radicales libres hidroxilos, transformándoles en compuestos inocuos al ambiente.....</i>	<i>161</i>

<i>Figura 55. Se dejó sedimentar de forma natural el agua residual tratada aproximadamente por 1 hora. Luego se utilizó el papel filtrante.</i>	<i>161</i>
<i>Figura 56. Comparación del agua residual sin tratamiento y el agua residual tratada con nanopartículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 57. Ingreso del agua residual tratada a una botella esterilizada herméticamente cerrada.</i>	<i>162</i>
<i>Figura 58. Preservarte ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 59. Rotulación del envase de la muestra del agua residual tratada.</i>	<i>163</i>
<i>Figura 60. Aplicación de ácido nítrico para preservar el agua residual tratada de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo</i>	<i>163</i>
<i>Figura 61, Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro (SST, DBO, Ay G) post-tratamiento.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 62. Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro (DQO) post-tratamiento. .</i>	<i>163</i>
<i>Figura 63. Muestras de aguas residuales post – tratamiento herméticamente cerradas, rotuladas y preservadas con ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo. Para ser trasladadas al laboratorio AGQ-Callao.</i>	<i>164</i>
<i>Figura 64. Punto de muestreo de las aguas residuales (Trampa de grasa) del servicio de alimentación hospitalaria INSN-SB.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 65. Ubicación de la ejecución del proyecto en el laboratorio AGQ – Callao.</i>	<i>166</i>

ÍNDICE DE ANEXO

<i>Anexo 1. Ejecución de proyecto de tesis.</i>	<i>155</i>
<i>Anexo 2. Mapa de ubicación de muestro del agua residual.</i>	<i>165</i>
<i>Anexo 3. Mapa de ejecución del proyecto.</i>	<i>166</i>
<i>Anexo 4. Autorización para toma de muestra de las aguas residuales.</i>	<i>167</i>
<i>Anexo 5. Análisis PRE de los parámetros fisicoquímicos del agua residual.</i>	<i>168</i>
<i>Anexo 6. Análisis POST de los parámetros fisicoquímicos del agua residual.</i>	<i>169</i>
<i>Anexo 7 Resultados POST – tratamiento del DQO para 12 tratamientos.</i>	<i>171</i>
<i>Anexo 8. Resultados POST – tratamiento del DBO5 para 12 tratamientos.</i>	<i>183</i>
<i>Anexo 9. Resultados POST – tratamiento del SST para 12 tratamientos.</i>	<i>195</i>
<i>Anexo 10. Resultados POST – tratamiento del A y G para 12 tratamientos.</i>	<i>207</i>
<i>Anexo 11. Alquiler del reactor de tipo Bach.</i>	<i>219</i>
<i>Anexo 12. Ficha técnica de seguridad de nanopartículas de dióxido de titanio</i>	<i>221</i>
<i>Anexo 14. Ficha técnica de seguridad del peróxido de hidrogeno.</i>	<i>230</i>

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo de evaluar la eficiencia del proceso de oxidación foto catalítica empleando nano partículas del dióxido de titanio (TiO_2), y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para el tratamiento de aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria. Logrando buscar a través de esta tecnología disminuir las concentraciones de contaminantes presentes en este tipo de agua residual que reciben un pre tratamiento (trampa de grasa), después son vertidas al alcantarillado y que por sus características son altamente contaminados, excediendo los parámetros fisicoquímicos como: DBO_5 980 mg/L, DQO 1697 mg/L, SST 864 mg/L, A y G 954 mg/L de los Valores Máximos Admisibles. Los resultados de esta investigación fueron aplicados el Diseño Central Compuesto Rotacional (DCRR), evaluando la concentración de nanopartículas de TiO_2 mg/L, H_2O_2 ml/L a 40%, con radiación lámpara UV marca Philips (40W, 254nm). Demostrando según los datos recogidos que se logró una máxima eficiencia de la remoción, oxidación y degradación de los parámetros fisicoquímicos como: DBO_5 235 mg/L hasta 60%, DQO 532 mg/L hasta 90%, SST 122 mg/L hasta 80%, A y G SST 122 mg/L hasta 90%, cumpliendo con los VMA y bajo esta condición puedan ser vertidas al alcantarillado de forma segura con mínimos impactos ambientales.

Palabras claves: Oxidación, Fotocatalítica, Fotocatálisis, fotoreactor, Tratamiento, TiO_2 , H_2O_2 , UV, Proceso de Oxidación Avanzada.

ABSTRACT

The research aims to treat wastewater from the hospital feeding service of the National Institute of Child Health, San Borja, using photocatalytic oxidation technology with nano particles of titanium dioxide (TiO_2) and hydrogen peroxide (H_2O_2). Achieving search through this technology to reduce the concentrations of pollutants present in this type of wastewater that receive a pretreatment (grease trap), then are discharged into the sewer system and that due to their characteristics are highly contaminated, exceeding the physicochemical parameters such as: BOD5 980 mg / L, COD 1697 mg / L, SST 864 mg / L, A and G 954 mg / L of the Maximum Allowable Values (VMA - Annex 1). The results of this research were applied by the Rotational Compound Central Design (DCRR), evaluating the concentration of TiO_2 mg / L nanoparticles, H_2O_2 ml / L at 40%, with Philips UV lamp radiation (40W, 254nm). Demonstrating according to the data collected that maximum efficiency of removal, oxidation and degradation of physicochemical parameters was achieved such as: BOD5 235 mg / L up to 60%, COD 532 mg / L up to 90%, SST 122 mg / L up to 80%, A and G SST 122 mg / L up to 90%, complying with the VMA and under this condition they can be safely discharged to the sewer system with minimal environmental impacts.

Keywords: Oxidation, Photocatalytic, Photocatalysis, photoreactor, Treatment, TiO_2 , H_2O_2 , UV, Advanced Oxidation Process.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

Reyes (20016) menciona que la contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes que afecta la sociedad en el siglo XXI. Estimando que la contaminación del agua puede llegar a ser en 2000 millones de metros cúbicos (m³), haciendo indudable la crisis por este recurso en los próximos años.

De acuerdo con la Naciones Unidas para el agua, a nivel mundial, más del 80% de las aguas residuales regresan al ambiente sin ser tratadas o reutilizadas. En los países de ingresos altos, el 70% de las aguas residuales pasan por un tratamiento antes de devolverlas al ecosistema o antes de reusarla, mientras que, en los países de menores ingresos, este porcentaje se reduce considerablemente, solo se trata el 8% de las aguas residuales municipales e industriales. El agua que se devuelve al ecosistema sin ningún tipo de tratamiento produciendo contaminación (Santiago Talenas, 2017).

En la actualidad los residuos líquidos industriales vertidos a la naturaleza sin ningún tipo de tratamiento supera la capacidad de auto-recuperación de los efluentes, alterando sus características y provocando una inminente contaminación ambiental. Entre los residuos que mayor impacto ambiental generan son los denominados no biodegradables o persistentes, debido a que tienen el potencial de destruir ecosistemas y afectar la salud de poblaciones. Desgraciadamente, las aguas residuales son efectos inevitables de la actividad humana (Mesa y Rodríguez, 2006).

La contaminación hídrica es demandante, donde presencia los mezclas o compuestos naturales, inorgánicos y orgánicos son los contaminantes presentes en el agua. Algunos de estos presentan toxicidad, siendo un veneno mortal y cancerígeno, considerándose una amenaza potencial para el ecosistema. Los diversos tipos de contaminación del agua dan lugar a sus

escases a nivel mundial, en términos de calidad y cantidad, siendo una amenaza para el bienestar humano (Santiago Talenas, 2017).

Las aguas residuales son recolectadas por el sistema de alcantarillado, lo cual son vertidas a los cuerpos receptores de aguas residuales o utilizadas en la agricultura, sin previo tratamiento; provocando acumulación de sedimentos, agotamiento de oxígeno, eutrofización, en la agricultura contaminación de los suelos e infiltración de las aguas subterráneas, trayendo como consecuencias la pérdida de especie flora y fauna de dichos cuerpos como suelo y agua (Araña & Melian., 2002).

En Perú, 70% de las aguas residuales industriales son vertidas sin ningún tratamiento o tratadas inadecuadamente que contaminan los cuerpos del agua natural. Como consecuencia generan la sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento, excediendo los parámetros de los valores máximos admisibles (VMA), deteriorando la infraestructura, instalaciones, maquinarias, equipos de los servicios de alcantarillado. Cuando su infraestructura sanitaria es insuficiente, origina la alteración de los efluentes tratados elevando los límites máximos permisibles (LMP), haciendo que no se efectúen con los estándares de calidad ambiental (ECA). Provocando problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población (OEFA, 2014).

Las aguas residuales provenientes del servicio de alimentación hospitalaria que se encuentra dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja (INSN-SB), son considerados aguas residuales industriales, siendo esta un riesgo para la salud de forma física y biológica para los operadores y de la contaminación de la calidad del agua. En los últimos 2 años se han generado de forma diaria hasta 59000 L/día (59m^3), y un total mensual hasta 1777400 L/mes (1777.4m^3) de aguas residuales (Gestora Peruana de Hospitales (GEPEHO), 2019).

En los últimos 2 años, la contaminación de las aguas residuales ha ido en aumentos en cuanto a niveles de producción por el crecimiento desordenado del número de comensales diarios que ingresan a las instalaciones para ser atendidos de manera formal e informal. Las aguas residuales

en los procesos productivos retornan altamente contaminadas donde presencia una gama de mezclas o compuestos que van desde materia orgánica, inorgánica, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, ácidos, tenso activos y químicos. Los cuales ingresan a un pre tratamiento (Trampa de grasa) con la finalidad de separar la grasa y aceites de las aguas residuales, evitando llegar a los desagües. Si la grasa que contiene estas aguas no es removida, a la larga provocaría consecuencias como la obstrucción de los drenajes. Para determinar que existe una elevada carga de agentes contaminantes y parámetros que sobrepasan los estándares de calidad del agua residual, se tomaron muestras de agua para ser enviadas a un laboratorio certificado por la INCAL, posteriormente se comprobó que realmente sobrepasan los parámetros: Demanda Química de Oxígeno 1697mg/L. , Demanda Biológica de Oxígeno 980 mg/L. , Sólidos Suspendidos Totales 864mg/L. , Aceites y Grasas 954 mg/L., Incumpliendo los Valores Máximos Admisibles (VMA) (Anexo N°1). Los cuales son vertidos al alcantarillado, como consecuencia generan la sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento, deteriorando la infraestructura, instalaciones, maquinarias, equipos de los servicios de alcantarillado. Provocando problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población (POA , 2019).

1.2. Problema General

¿Existirá eficiencia en el proceso de oxidación fotocatalítica mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para el tratamiento de aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria?

1.2.1. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la concentración de la carga de los contaminantes; demanda biológica del oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y Aceites y grasas (A y G), ¿presentes en las aguas residuales generadas por el servicio alimentación hospitalaria?

- ¿Cuál es el nivel de concentración adecuada de la nano partículas de dióxido de Titanio (TiO_2) para la degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?
- ¿Cuál es el nivel de concentración adecuada de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para la oxidación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo para que las nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2), y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) logre la mayor degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?
- ¿Cuál es la calidad del efluente antes y después de su tratamiento con diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2)?

1.3. Justificación de la Investigación

Las aguas residuales al no ser descontaminadas afectan directamente al ciclo natural del agua. La ONU (2017) afirma que, al no darse la atención adecuada a la disposición final de estas aguas, hacen que sean vertidas a otras fuentes alterando su sistema de ciclo natural. Es por ello, que es importante que estas aguas residuales reciban un tratamiento adecuado, por la alta concentración de contaminantes, orgánica, química, y compuestos resistentes.

Según el ministerio del Ambiente MINAN (2005) la finalidad es generar un amplio campo de investigación en temas ambientales, por la importancia de buscar de soluciones ambientales en nuestro país. Uno de ellos es la Gestión de la calidad ambiental que tiene como componente la calidad del agua, el uso y tratamiento de la misma. Dentro de este eje temático de línea de investigación nuestro proyecto se enfoca al desarrollo del tratamiento de aguas residuales industriales por la alta carga de diversos contaminantes, se aplicará tecnologías o procesos de oxidación avanzada (POA). En la actualidad el sector industrial de alimentación lucha contra ciertos

problemas, y uno de ellos es poder optimizar cada uno de sus procesos minimizando el impacto ambiental generado.

Las aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria que se encuentra situada en el Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja, reciben un pre tratamiento (trampa de grasa) luego son vertidas directamente al alcantarillado generando aguas residuales por día hasta 59000 L/día (59m^3), y mensual hasta 1777400 L/mes (1777.4 m^3) GEPEHO (2019). Sin embargo, se determinó que existe una elevada carga de agentes contaminantes que sobrepasan los parámetros fisicoquímicos: Demanda Química de Oxígeno 1697mg/L., Demanda Biológica de Oxígeno 980 mg/L., Sólidos Suspendidos Totales 864mg/L., Aceites y Grasas 954 mg/L., incumpliendo los Valores Máximos Admisibles (VMA) (Anexo N°1). Estas pre muestras de aguas residuales fueron analizadas en el laboratorio AGQ por la INCAL. Es necesario aplicar un sistema de tratamiento eficiente, ya que el tratamiento que se le brinda como la trampa de grasa no es eficiente debido a la alta variedad de contaminantes resistente. Por lo tanto, es de gran necesidad tratar estas aguas residuales altamente contaminadas mediante proceso de oxidación avanzada (POA), lo cual genera especies altamente oxidantes capaces de eliminar compuestos de complejo degradación; recalcitrantes, tóxicos, sustancias orgánicas, no biodegradables convirtiéndolos a biodegradable.

En esta investigación se propone el proyecto “Eficiencia de oxidación foto catalítica heterogénea mediante nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria”, con la finalidad de disminuir los distintos parámetros a concentraciones permitidas y dar el cumplimiento con especificaciones de vertido determinadas por las entidades competentes, asimismo permitirá que estas aguas puedan reutilizarse o devolverse de forma segura a su ciclo natural con mínimos impactos ambientales.

El método que se aplicara en este proyecto se enfoca es el proceso de oxidación avanzada fotocatalica mediante el TiO_2 , es uno de las mejores alternativas, de mayor eficiencia a diferencia de otros procesos, este es un método selectivo, capaz de poder tratar mezclas de mayor

complejidad de contaminantes presentes, el cual busca oxidar y degradar las concentraciones de materia orgánica, química y otros contaminantes.

Adriana e Ito (2014) mencionan que los procesos fotoquímicos y foto catalíticos tienen un gran potencial para convertirse en alternativas viables, entre ellos los Procesos Oxidativos Avanzados (POA) permiten la conversión de contaminantes orgánicos a sustancias menos tóxicas y / o más biodegradables y, en casos favorables, pueden llevar a la completa oxidación de contaminantes. Consintiendo disminuir la alta carga orgánica reduciendo la cantidad de los parámetros como los Solidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química del Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Aceites y Grasas (A/G) de los efluentes. Estos tratamientos son muy sensibles a los parámetros de operación tales como pH, temperatura y presencia de tóxicos que pueden inhibir la actividad microbiológica. Asimismo, es uno de los recursos tecnológicos más eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas con los productos orgánicos recalcitrantes industriales. Por otro lado, habría que decir que el proceso de oxidación avanzada (POA) mejorara la calidad del agua residual del servicio de alimentación hospitalaria, luego de descontaminar se compararan con las normativas vigentes establecidas por los estándares de los Valores Máximos Admisibles (VMA – Anexo N°1) y bajo esta condición puedan ser vertidas al alcantarillado de forma segura con mínimos impactos ambientales.

Debido a lo mencionado anteriormente y a los planes del gobierno en temas ambientales, como el Plan Nacional de acción Ambiental y el Plan Nacional de Saneamiento 2017 – 2021 se plantea de tal forma se aporte y se investigue con nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales.

1.4. Presuposición Filosófica

Dios es creador de todo el universo, con su inmenso amor nos creó y nos dio a administrar toda la creación y los recursos naturales, todo en un constante equilibrio en la tierra (Gen 1:28), Siendo mayordomos de la naturaleza, los humanos deben de poner de su parte para cuidar los recursos

más importantes e indispensables para la vida con el apoyo de las tecnologías limpias y eficientes toda actividad extractiva que el hombre realiza genera un impacto en el ambiente que le rodea es por ello que para poder mantener un constante equilibrio con el medio ambiente y la creación que Dios nos regaló debemos de aprender a manejar y suministrar estos recursos de manera que estos sean renovables para las futuras generaciones venideras.

La tierra fértil es un recurso vital para la existencia de la vida humana, porque nos proporciona el alimento necesario para vivir; sin embargo, este recurso debido a la contaminación del mismo se ha ido degradando con el pasar del tiempo, hasta el punto de ser infértil e inútil para la plantación de cultivos.

La razón sobre como el contorno de nuestro medio ambiente ha llegado a ser uno de los temas más importantes en los últimos años, en virtud de comprender nuestra responsabilidad, es importante entender la relación original entre la naturaleza y el hombre. El desarrollo industrial de manera fulminante genera impactos positivos y negativos al medio ambiente. Donde una de las áreas es la contaminación de las aguas residuales. Para que este recurso sea aprovechado de la mejor forma, existen diferentes metodologías para el tratamiento de las aguas que ayudara a remover contaminantes, y sean reaprovechados en distintas áreas.

1.5. Objetivo general

Evaluar la eficiencia del proceso de oxidación foto catalítica empleando nano partículas del dióxido de titanio (TiO_2), y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para el tratamiento de aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria.

2.1.1. 1.5.1. Objetivo específicos

- Determinar el nivel de concentración adecuada de nano partículas de dióxido de Titanio (TiO_2) para la degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.

- Determinar el nivel de concentración adecuada de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para la oxidación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.
- Determinar el tiempo óptimo para que las nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) logre mayor degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.
- Evaluar la calidad del efluente antes y después de su tratamiento con diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.2. Antecedentes

2.2.1. A nivel Local

Tolentino (2019) en este trabajo de investigación se plantea la aplicación de los procesos de Oxidación Avanzada – POA, utilizando la tecnología de la Fotocatálisis Heterogénea. El propósito fue evaluar la eficiencia de nano partículas de TiO_2 , utilizadas como catalizador, en el proceso de fotocátalisis heterogénea, para la remoción de compuestos fenólicos presentes en aguas residuales domésticas, para la cual se evaluó la eficiencia de degradación de la materia orgánica, medida como DQO, En esta muestra se utilizó una muestra artificial contaminada con fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) a concentración de 1000mg/L. Esta investigación fue mixto por lo tanto se utilizó el método experimental. Para la optimización de las condiciones del proceso de fotocátalisis se valoró la concentración de TiO_2 , sobre la eficiencia de remoción del fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$). El seguimiento para la degradación del compuesto del compuesto orgánico fenol se realizó por la DQO, la máxima eficiencia de remoción que se obtuvo en el presente trabajo fue de 37.68% a una concentración de TiO_2 de 150 mg/L, por un tiempo de exposición a la radiación UV-VIS de 3 horas.

2.2.2. A nivel Nacional

Narki y Huakka (2019) el presente trabajo de investigación pretende plantear un tratamiento para degradar el cianuro de sodio presente en el efluente de los procesos de cianuración por agitación de la empresa CEPROMET MINERA PORVENIR S.A.C., de esta manera se contribuirá al control y mitigación de la contaminación minera. El cianuro a diferencia de otros compuestos tóxicos es degradable por ello se utilizó radiación solar ultravioleta (UV) para producir compuestos menos tóxicos, como nitritos, nitratos o nitrógeno elemental y anhídrido carbónico. Se aplicó el proceso de fotocátalisis heterogénea. Se realizó la exposición del efluente a radiación solar

ultravioleta y empleando peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y dióxido de titanio (TiO_2) se tiene una degradación de hasta 52.32% para el ion cianuro total en 240 minutos, 90.16% en 20 minutos y 91.02% en 240 minutos para los iones de cianuro libre. Cuando se utiliza un menor tiempo exposición, menor cantidad de TiO_2 se tiene se tiene que la degradación es hasta 17.88% para los iones de cianuro total y 57.50% en promedio para los iones cianuro libre en 20 minutos de exposición. Por lo tanto, la influencia de la cantidad de H_2O_2 es menor en los iones cianuro libre que en los iones de cianuro total.

Talenas (2018) en esta investigación se diseñó la aplicación de los procesos de Oxidación Avanzada – POA, utilizando la tecnología de Fotocatálisis Heterogénea. El propósito fue evaluar la eficiencia de nano partículas de TiO_2 , utilizadas como catalizador, en el proceso de fotocátalisis heterogénea, para la remoción de compuestos fenólicos presentes en aguas residuales domésticas, para lo cual se evalúa la eficiencia de degradación de la materia orgánica, medida como DQO. En este trabajo se utilizó una muestra artificial contaminada como fenol (C_6H_5OH) a concentración de 1000 mg/ L. El tipo de investigación fue mixto y utilizando el método experimental. Para la optimización de las condiciones del proceso de fotocátalisis se valoró la concentración de TiO_2 , sobre la eficiencia de remoción del fenol (C_6H_5OH). El seguimiento para la degradación del compuesto orgánico fenol se realizó por la DQO, la máxima eficiencia de remoción que se obtuvo fue de 37.68% una concentración de TiO_2 de 1.5 mg/l, por un tiempo de exposición a la radiación UV-Vis de 3 horas.

Nieto (2002) la industria curtiembre se considera una de las industrias con mayor impacto negativo al ambiente, debido a las tipologías de sus métodos, reactivos, químicos utilizados y la generación de residuos producidos. En este trabajo se evaluó la biodegradación aeróbica del efluente de pelambre, a través del sistema de lodos activados (SLA). Para desarrollar la biodegradación de mezclados con elevado peso molecular contenido en el efluente de pelambre, se experimentó la aplicación del proceso de oxidación avanzada (POA) posterior al tratamiento biológico (SLA), utilizando como proceso oxidativo tres tipos de post-tratamiento: la reacción de

fentón, reacción de foto-fentón y fotocátalisis heterogénea con TiO_2 en cada caso, se evalúa la eficiencia de eliminación total de este tratamiento combinado mediante los parámetros de DQO y DBO₅. En el caso de fotocátalisis heterogénea con TiO_2 , se obtiene a pH ácido (2,5) una eficiencia de eliminación de DQO 43% y a pH (7.6) se produce una eficiencia de eliminación del 55%. Por consiguiente, en el sistema combinado POA/SLA se consigue una eliminación de DQO que varía de 91 a 96%. A su vez, el sistema combinado SLA/POA logra una eliminación de DQO de 91 % para proceso fenton y foto fenton. Pero el TiO_2 a PH 2,5 y 7.6 la eficiencia de eliminación de la DQO es de 71% y 77%, correspondientemente.

Visitación (2004) en el desarrollo de la investigación sobre la “Degradación foto catalítica de detergente en efluentes domésticos”, se emplearon agentes tenso activos comerciales usados en la actualidad, tales como: (dodecibensulfonato de sodio), de tal manera que se emplearon muestras reales de lavanderías domésticas y de lavandería industrial. El sistema utilizado para degradar los tenso activos fue mediante la aplicación de TiO_2 como catalizador mediante rayos (UV). Los resultados para la investigación fueron óptimos ya que se tuvieron avances con la disminución del color, los valores de DQO, concentraciones de iones sulfatos y la disminución de la toxicidad del efluente líquido residual de los cuales son parámetros ya permisibles para ser desechados en los alcantarillados.

2.2.3. A nivel Internacional

Gil (2005) Realizó una investigación para conocer el comportamiento de la concentración del cianuro, presente en una corriente residual del proceso de galvanizado de la industria de recubrimientos metálicos (400 ppm de CN^-), cuando es sometida a un proceso de foto degradación con luz UV artificial, dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en una foto reactor anular de tubos concéntricos a escala de laboratorio. Se utiliza el método de electrodo ion-selectivo de cianuro para la cuantificación de la concentración del contaminante. Se ha obtenido la reducción del cianuro del 65.5% en un tiempo de recirculación de 2 horas. A cinética de la reacción se ajusta al

modelo de Lagmuir - Himshelwood. Se realizan experimentos prolongando el tiempo de recirculación a 4 horas y reinyectando peróxido y se obtiene un 97.37% de reducción de la concentración del cianuro. Experimentos con adición de oxígeno no representaron mejoras significativas con un 65.5% de reducción de la concentración de cianuro para 2 horas de recirculación.

Marvin y Chavez (2005) la investigación se enfoca en la degradación foto catalítica de fenol mediante Dióxido de Titanio en suspensión acuosa. Para el seguimiento de la cinética degradativa se utilizó espectros pía UV-Visible y como parámetro comparativo se utilizó el análisis de Carbono Orgánico Total (TOC); el cual además demuestra la mineralización completa (hasta CO_2) del contaminante orgánico. El trabajo involucro la modificación del reactor Photo-Crec Water; con el objeto de utilizar el foto catalizador en suspensión. Se estudiaron variables que afectan el proceso degradativo, entre las cuales podemos citar: Concentración de la foto catalizador, Velocidad de flujo, el pH y la adición de especies oxidantes como peróxido de hidrogeno (H_2O_2). Se observó que las contantes cinéticas son afectadas por cada una de las variables anteriormente mencionadas. Así podemos destacar el rango de concentraciones que aporta mayor porcentaje de degradación de fenol se presentaron a pH básico (aprox. 8.0); el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) presento un aumento en la constante de velocidad, especialmente a una concentración de 20 ppm. El análisis cinético mostro que la degradación foto catalítica de fenol, obedece el modelo de Langmuir-Hinshelwood; lo cual nos condujo a una ecuación cinética de primer orden (pseudo primer orden).

Gil (2004) en la investigación sobre la "Oxidación foto catalítica de aguas residuales de la industria de lavandería utilizando TiO_2 como catalizador y luz UV" teniendo como objetivo comenzar a efectuar un estudio con efluentes líquidos generados en los procesos de lavanderías con muestras reales y no elaboradas de manera sintética, generando el uso de nuevas tecnologías. Durante la investigación se tomó muestra a las concentraciones del catalizador, pH y

tiempo de recirculación. Demostrando un logro en la degradación máxima sin H_2O_2 del 26,49% y con adición de H_2O_2 del 41,8%.

Guarín y Mera (2009) afirma que la investigación “Fotocatálisis heterogénea con TiO_2 para el tratamiento de desechos líquidos con presencia del indicador verde Bromocresol” con la finalidad de degradar mediante un catalizador de TiO_2 el Bromocresol generados por los laboratorios de análisis químicos y ambientales que generalmente eran producidos por las universidades. Se empleó un reactor modelo Bach con radiación UV artificial sobre una longitud de onda de 360nm. Los resultados a nivel laboratorio fueron óptimos obteniendo consigo una degradación de casi el 94,3% y una mineralización de 89,5% lo cual menciona que este tratamiento puede ser empleado a nivel industrial que tenga presencia del indicador Bromocresol.

2.3. Marco Legal

2.3.1. Constitución Política del Perú

Los derechos fundamentales de la persona, Art. 2, inciso 22 la carta magna declara “Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación donde pueda desarrollar todas sus capacidades psicosociales y así poder crecer de manera exitosa en la vida”.

El agua es un derecho humano, fundamental e irrenunciable. El agua se constituye en patrimonio de nuestro país y es un bien estratégico para el desarrollo de nuestra nación y es esencial para la vida, el dominio sobre el agua es inalienable, imprescriptible, inembargable.

2.3.2. Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338

La presente Ley N° 29338 regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Acierta el agua superficial, subterránea, continental, marítima y atmosférica en lo que resulta aplicable. Asimismo, tiene por propósito regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

2.3.3. Norma OS.090

Norma que establece las disposiciones generales y específicas para diseños definitivos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.3.4. Ley general del ambiente (Ley N° 28611 - Art.122)

A través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

Artículo 121: “El Estado expresa en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada, siempre en cuando dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes”

Artículo 122: “Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que causen aguas residuales o servidas, están comprometidos de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los VMA, LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes”

2.3.5. Autoridad Nacional del Agua (R.M. N°224 -2013-ANA)

La Autoridad Nacional del Agua, indica en el Reglamento para el Otorgamiento y Autorizaciones de Vertimiento y Reusó de Aguas Residuales Tratadas siempre en cuando estén dentro de los parámetros establecidos.

2.3.6. Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA

Contiene el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, en el Perú. Este protocolo es de uso obligatorio a nivel nacional (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.3.7. Estándar de Calidad Ambiental para Agua

Es el nivel máximo de agentes biológicos, químicos y físicos que se debe presentar en el agua residual, de lo contrario afecta a gran escala contaminando los desagües y aumentando los riesgos a la salud humana. El ECA refiere a los valores de la calidad del agua continua equivalente permisible a los residuos líquidos generados y eliminados.

2.3.8. Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM - ECA)

Tiene por objeto recopilar las disposiciones aprobadas anteriores, quedando sujetos a lo establecidos al presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta recopilación normativa varía y excluye algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y conserva otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos con el fin de proteger y optimizar la calidad ambiental (Sistema de informacion Ambiental (SINIA). , 2016, pág. 95).

2.3.9. D.S. 010 – 2019 VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA)

Los Valores Máximos Admisibles (VMA), es la concentración de los parámetros contenidos en la descarga del agua residual de origen industrial a descargar en los sistemas del alcantarillado sanitario y que puede influir negativamente en los procesos. El fin de aplicar este parámetro es para el mayor control de las descargas residuales no domesticas en la red de alcantarillado con el fin de prevenir el desperfecto de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales (Valores Maximos Admisibles (VMA), 2019).

Tabla 1.

Valores Máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado, aguas residuales industriales.

Parámetro	Unidad	LMP
Aceite y Grasas	Mg/L	100

Demanda Bioquímica del Oxígeno	Mg/l	500
Demanda Química del Oxígeno	Mg/l	1000
Sólidos Totales en Suspensión	MI/l	500

Fuente recuperado: D.S decreto supremo que aprueba el reglamento de VMA-D.S. N° 010-20109-vivienda – 1748339-3 (VMA, 2019)

2.3.10. Descargas prohibidas

Están prohibidas descargar, verter, arrojar o introducir directa o indirectamente las aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario que sobrepasen los VMA.

- Residuos líquidos, sólidos, gases, vapores o la mezcla de estos.
- Sustancias inflamables, radioactivas, explosivas, tóxicas, corrosivas y/o venenosas.
- Gases procedentes de escapes de motores de cualquier tipo.
- Disolventes orgánicos y pinturas, cualquiera sea su proporción y cantidad.
- Sustancias potencialmente peligrosas como carburos, calcio, hidruros, peróxido, bromatos, perclorados, bromatos y sus derivados.
- Residuos que generen gases nocivos.

2.4. Marco teórico

A continuación, se definen algunos términos, de interés para el desarrollo de la presente investigación. Estos términos, se definieron, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006).

2.4.1. Agua

En el mundo el agua dulce constituye un recurso escaso, que se encuentra en peligro y amenaza. Los estudios sobre balance hídrico del planeta muestran que solamente el 0,007 % de aguas dulces se encuentra disponible para el uso directo de los seres humanos. Todos los procesos vitales dependen de esta pequeña porción, las evaluaciones recientes de los especialistas y

organizaciones internacionales interesados en los problemas de contaminación del agua, mencionan que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirán algún estrés por falta de este recurso (Cruz Arteaga, L.S. , 2013).

2.4.2. Calidad del agua

En estos últimos años el abastecimiento de agua para el consumo humano se dispone de diversas fuentes superficiales y subterráneas, las cuales han sido contaminados por las diversas actividades del hombre o por eventos naturales, generando daños en la salud del ser humano y de las especies de la fauna, también altera la calidad del agua para consumo humano y de uso agrícola. Uno de los principales problemas son los sistemas fluviales del país es la elevada contaminación a la cual está expuesta por diversos factores como son: descargas industriales, municipales o de aguas procedentes del escurrimiento de drenajes en zonas urbanas o campo agropecuario, que provoca alteraciones en el ecosistema acuático calidad del agua es una de las cuestiones que preocupa a todos los países a nivel mundial, desarrollados o en desarrollo, por la repercusión que tiene en la salud de la población.

La calidad del agua representa un valor ecológico y esencial para la salud de las diferentes especies que habitan la tierra, y una fuente de crecimiento económico.

2.4.3. Contaminación del agua superficial

Arteaga C., (2013) la contaminación del agua es la alteración de la composición natural de la misma, debido a que se agregan sustancias que no pertenecen a esta. La elevada concentración de contaminantes puede originar efectos adversos en la salud humana. El agua es considerada contaminada cuando sus propiedades físicas, químicas, biológicas son alteradas.

Srebotjak (2004) menciona que los ríos en las zonas urbanas también se han asociado con problemas de calidad de agua. Debido a la práctica de la descarga de residuos domésticos e industriales no tratados en los cuerpos de agua, esto lleva al aumento del nivel de metales en el agua de los ríos.

2.5. Aguas Residuales

Las aguas residuales son utilizadas con un fin continuo, reunido con sustancias que deterioran la calidad, reduciendo su potencial de uso. Han sido utilizados en una comunidad o industria con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original que puede contener material orgánico, inorgánico ya sea disuelto o en suspensión, disminuyendo su potencial de uso (Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales). Por su calidad o disposición requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural del agua o descargas al sistema de alcantarillado OEFA (2014).

2.6. Tipos de aguas residuales

2.6.1. Agua residual domestica

Son descargas de líquidos producidos por diferentes consumidores domésticos como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos, que pierden todo su valor debido a convertirse en un cuerpo contaminado y son vertidas hacia el exterior convertidas en aguas servidas.

2.6.2. Aguas residuales industriales

Estas aguas provienen de las actividades que realizan las diferentes industrias, dentro de ellas la minería cuyos principales contaminantes son los metales pesados, estas son sustancias tóxicas para los cuerpos receptores y la salud humana OEFA (2014).

2.6.3. El agua residual en Industrias Alimentarias.

Casani (2005) menciona que las aguas son utilizadas en el procesamiento de alimentos y en operaciones relacionadas que puedan estar en contacto directo o indirecto con el alimento tales como remojo, lavado, enjuague pasteurización, producción de vapor, saneamiento, desinfección y limpieza en general.

Casani (2005) el gran requerimiento de la utilización de agua en la industria alimentaria genera grandes conjuntos de agua residual. Como consecuencia es de vital importancia la recuperación y reutilización de este recurso natural para disminuir las necesidades de abastecimiento y reducir los importes de producción. Para el tratamiento es necesario identificar la calidad de agua residual, adquirir la tecnología conveniente lo cual permitirá un tratamiento óptimo, como resultado se ahorrará energía, incrementa la eficiencia de los sistemas y reducen los importes con respecto al tratamiento.

El volumen de agua que consume depende del nivel de producción. De igual forma, dependiendo de los productos que se procesan, las aguas residuales de este segmento tienen distinta composición fisicoquímica. Generalmente las aguas residuales de la industria alimentaria contienen materia orgánica biodegradable, la cual una vez que ha sido vertida en un cuerpo de agua puede ser reutilizada por los microorganismos eutroficientes. Dependiendo de los tipos de productos de cada industria, la composición del substrato puede destacarse por su contenido de grasas, restos de fertilizantes, compuestos clorados, nitrógeno amoniacal, sulfuros, sulfatos, materia orgánica biodegradable y no biodegradable y/o químicos inorgánicos que contribuyen a la acumulación de sedimentos (Casani, S.R., 2005, pág. 94).

Las descargas procedentes de las industrias alimentarias contienen alta carga orgánica que se mide por la demanda bioquímica de oxígeno, que establece la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias de este efluente para descomponer los residuos presentes en el mismo (Torres G. , 2014, pág. 125).

El elevado nivel de compuestos orgánicos en las aguas residuales de origen alimenticio es su principal característica. Estos efluentes hacen que su oxidación por medios biológicos sea más efectiva que por medios fisicoquímicos. Sin embargo, a manera de investigación y considerando que, debido a los variados procesos de la industria alimenticia el efluente residual generado podría involucrar perseverantes los cuales en su gran mayoría son recalcitrantes, por lo que se procede

aplicar tratamientos de proceso de oxidación avanzada (POA), que podría convertir los contaminantes biorrefractorios a una forma más fácilmente biodegradable (Torres G. , 2014).

El agua residual industrial en Perú se encuentra regulada por el D.S. 010 – 2019 VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA). Estas normas constituyen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, involucrando a las aguas tratadas para reutilización, las descargas industriales y agroindustriales.

2.7. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

Eduardo (2010), menciona que las aguas residuales presentan distintos tipos de contaminantes que se originan por diversas fuentes, las cuales se pueden generalizar en vertidos urbanos, industriales, agroindustriales, químicos, clínicos, etc.

Mrcalf y Eddy (1995) la importancia de los contaminantes en el tratamiento del agua residual, está basada en la tasa de exclusión de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Las normas implantadas recientemente se basan en el control de eliminación de los nutrientes y de los contaminantes prioritarios

2.8. Caracterización de aguas residuales

Al respecto sobre dichas definiciones habría que señalar que en realidad todo residuo es producto de la actividad humana, directa o indirectamente, por lo que es observable que se mencione a otros desechos provenientes de la actividad humana.

De otro lado, no es común que algún municipio cuente con normas que exijan requisitos de los efluentes descargados en las alcantarillas, por lo que en principio se debe detallar a que requisitos se refiere para posteriormente exigir que exista la normatividad pertinente.

Pedro (2015) es importante el conocimiento de la naturaleza del agua residual para definir el tipo de tratamiento que se empleara.

2.8.1. Características físicas

Color

El color es causado por la materia orgánica en suspensión conocido como color aparente, que es diferente a los extractos vegetales, orgánicos que son coloidales conocidos como color real o sales solubles de Fe y Mn, aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas (Ocasio, F., 2008).

Olor y Sabor

Las aguas residuales industriales consiguen contener mezclados oloresos o con tendencia a producir olores durante los incomparables procesos de tratamiento. Dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, como se detectan y como caracterizarlo y medirlos. Sin embargo, el agua puede manejar de manera relativa para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Además, reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable anulando la estética de las aguas, los compuestos químicos presentes como los fenoles, hidrocarburos, cloro, Mo en descomposición modifican los olores y sabores muy fuertes de las aguas, aunque se encuentren en pequeñas concentraciones (Ocasio, F., 2008).

Sólidos Totales

El agua residual puede contener tanto partículas en suspensión como compuestos solubilizados, definiéndose como sólidos totales. Los sólidos sedimentales con los causantes de la turbidez debido a que causan dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua. Las suspendidas coloidalmente solo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (Ocasio, F., 2008).

Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos son aquellas que se perciben y se aprecian a simple vista las cuales se pueden separar de los líquidos por medios mecánicos de una manera sencilla, las partículas

que flotan en el medio son provenientes de vegetales, animales, residuos, etc. Dentro de este se encuentra los sólidos sedimentables, donde estos sólidos se depositan en el fondo por la acción de la gravedad.

Sólidos Filtrables

Los sólidos filtrables se componen de sólidos coloidales y disueltos, estas fracciones coloidales oscilan en un diámetro aproximadamente de 10^{-3} y 1 micra, la cual estas fracciones no se puede eliminar por sedimentación, por otro lado, los sólidos disueltos son compuestos por moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que están disueltas en el agua donde se requiere de una coagulación y posterior la sedimentación para eliminar partículas que se encuentran suspendidas.

Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua potable o tratada, debido a la alta concentración de contaminantes e incorporación de agua caliente que se utilizan en distintos procesos dentro de la industria. Es uno de los parámetros más significativos dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Un cambio brusco de temperatura puede dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos (Metcalf y Eddy, 1995).

Turbidez

Se define como la falta de transferencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. Es un indicador del material suspendido que puede ser ocasionado por los sedimentos provenientes de los vertimientos industriales (Ocasio, F., 2008).

Es una medida del grado de concentración de las materias en suspensión, por materia insoluble o dispersión coloidal, en el cual el agua pierde su transparencia. Consiste esencialmente en una absorción de la luz combinada con un proceso de difusión. La turbidez se mide en unidades nefelométrías (Metcalf y Eddy, 1995).

Conductividad

El agua por lo general posee una conductividad eléctrica baja. Esta es mayor y proporcional a las cantidades y características de los electrolitos presentes en el agua. La conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho (Ocasio, F., 2008).

2.8.2. Características Químicas

Materia Orgánica

Las actividades humanas están relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Sin embargo, estos sólidos provienen de los reinos animal y vegetal.

La materia orgánica proviene de la naturaleza, su estudio es importante para determinar y contralorar la calidad de los recursos hídricos, ciclo del agua, como también las descargas durante las actividades del hombre. Para cuantificar la materia orgánica se necesitan parámetros como son: (DQO) y (DBO).

Proteínas

Fernández (2010) su fuente principal son los componentes de organismo animal, mientras su presencia es menos relevante en el caso de los organismos vegetales. Derivan básicamente de excretas humanas o desechos de productos alimentarios y responsables de malos olores. La representación de grandes conjuntos de proteínas en un agua residual es origen de olores potentemente desagradables debido a los procesos de descomposición. Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno e hidrogeno. Ejm: Carnes, derivados de lácteos, huevos, etc.

Carbohidratos

Eduardo (2010) indica que las proteínas proceden de excretas y desperdicios. Ejm: Productos industriales, tubérculos, cereales, derivados de lácteos, harinas, verduras, frutas, etc.

Aceites y Grasas

Fernández (2010) provienen de desperdicios alimentarios en su mayoría permaneciendo en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas dificultan cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que se debe excluir en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual. Ejm: Residuos de Frituras, carnes (res, ave, cerdo, pescado), aderezos, etc.

Agentes tenso activos

Mercalf y Eddy (1995) están desarrollados por moléculas de gran tamaño, tenuemente solubles en agua y que son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual. La determinación de los agentes tenso activos realizando el cambio de color de una muestra normalizada de azul metileno, tiene una capacidad de resistencia a la descomposición por medios biológicos.

Detergentes

Están presentes en los efluentes industriales y desagües domésticos, causando la formación de espuma con elevada concentración de bacterias y efectos tóxicos a los ecosistemas acuáticos. Son muy ricos en fósforos y fosfatos la cual constituyen en la generación de la eutrofización de los cuerpos superficiales.

2.8.3. Características Inorgánicas

Fernandez (2010) los contaminantes inorgánicos se encuentran básicamente en la naturaleza variada de origen mineral como metales pesados, nitrógeno, ácidos, bases inorgánicas, fósforo, azufre, sulfuro de hidrógeno, sales, cloruros, óxidos, metano, oxígeno y pH. Están presentes en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función al material y fuente contaminante. Estos compuestos están presentes en las aguas residuales como el amonio, cloro, detergente, desengrasantes, aromatizantes, etc.

Potencial de hidrogeno (pH)

La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia en las aguas residuales. El intervalo de concentraciones adecuada para la proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho. El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, presenta la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, formando de 0 a 7 como una sustancia acida desde 7 a 14 como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. El agua residual con concentraciones de ion hidrogeno inadecuadas presenta problemas de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede cambiar la concentración de ion hidrogeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas (Metcalf y Eddy, 1995).

Oxígeno disuelto

Este parámetro hace referencia a la cantidad disuelta de oxígeno en el agua. Si el nivel de oxígeno disuelto es deficiente indica contaminación con diferentes compuestos físicos, químicos, microbiológicos, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida. Es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida (Ocasio, F., 2008).

DBO₅ (Demanda bioquímica del oxígeno)

Es el parámetro de contaminación orgánica más cuantiosamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO₅). Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica presente en el agua. La calidad de agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite suministrar cuanto oxigeno será necesario para la depuración de las aguas. Está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Metcalf y Eddy, 1995).

DQO₅ (Demanda química del oxígeno)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido para degradar químicamente la materia orgánica e inorgánica, la cual es uno de los parámetros que mide la materia orgánica presente en el agua (Sanchez, 2007). Además, este mismo autor menciona que generalmente el agua residual posee un DQO menor o igual a 10 mg/l, pero el agua altamente contaminada el DQO es mayor a 200 mg/l.

Esto es utilizado para el cálculo de las materias orgánicas que están en las aguas residuales tanto industriales como municipales que tengan compuestos tóxicos para la vida biológica, asimismo para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento. Para realizar un ensayo, se utiliza un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para saber si es el similar de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. La DQO de un cuerpo de agua residual suele ser mayor que su proporcionado DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (Metcalf y Eddy, 1995).

2.8.4. Características microbiológicas

Son los microorganismos que conforman en las características biológicas de las aguas, son importantes debido al metabolismo biológico que degradan la materia orgánica, las cuales se pueden clasificar de acuerdo al metabolismo, en autótrofos y heterótrofos. Estas se pueden dividir en:

Bacterias Anaerobias

Corrales y Antonilez (2015) son bacterias que sobreviven y accionan sin la presencia de oxígeno. El proceso que provocan los anaerobios es caracterizado por los malos.

Bacterias aerobias

Ronzano (1959) este tipo de bacterias requieren de oxígeno para su alimentación y sobrevivencia. El proceso que provocan los aerobios es caracterizado por la ausencia de los olores.

Bacterias facultativas

CIDTA (2013) las bacterias ya mencionadas anteriormente pueden llegar adaptarse al cualquier medio, es decir aerobias tienen la capacidad de sobrevivir sin oxígeno, y como también las anaerobias pueden vivir en presencia de oxígeno.

Bacterias coliformes

Ronzano (1959) los coliformes fecales también denominados coliformes termo tolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45°C. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas. La presencia de esto indica contaminación fecal de origen humano o animal.

Las bacterias de los géneros *Escherichia* y *Aerobacter* se encuentran dentro del intestino humano y animal de sangre caliente, las presencias de estas indican contaminación y múltiples enfermedades.

Algas

Los nutrientes que requieren las algas son los nitrógenos y el fosforo, además su hogar favorito son estanques estabilizados. Entre los tipos más comunes de algas en el agua dulce son verdes móviles (*Volvocales euglenophyta*), verdiamarillas o marrón dorado (*chrysophyta*) y verdiauales (*Cyanophyta*).

2.9. Tratamiento de agua residual

El tratamiento de aguas residuales consta de etapas o procesos con diferentes características que contribuyan a un nivel de purificación. Dentro de los procesos del tratamiento se encuentra la

autodepuración. En esta etapa, los microorganismos y algas comparten la función de descomponer los desechos, gracias a la metabolización de las sustancias (Metcalf y Eddy, 1995).

Según las investigaciones realizadas el tratamiento de las aguas residuales puede ser una dificultad muy complejo debido a la gran variedad de partículas y sus niveles de concentración. Sin embargo, a cerca de los efectos de ciertos contaminantes, se han generado nuevas tecnologías entre las cuales cabe mencionar el tratamiento de oxidación foto catalítico, el cual demuestra una gran ventaja sobre las técnicas frecuentemente utilizadas como el tratamiento primario y secundario. Los tratamientos secundarios permiten disminuir la alta carga orgánica e inorgánica bajando la DQO y la DBO de los efluentes, pero cabe resaltar que son ineficaces en la eliminación del color y toxicidad debida la presencia de estructuras poli fenólicas. Asimismo estos tratamientos son muy perceptivos a los parámetros de operación tales como pH, temperatura y presencia de tóxicos que pueden inhibir la actividad microbiológica (Garces, Mejia, & Santamaria, 2015).

2.10. Principales procesos de tratamiento de agua residual

2.10.1. Pre tratamiento de las aguas residuales

Es el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuyo aspecto puede provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los distintos procesos. Es el desbaste y dilaceración para la eliminación de solidos gruesos, la flotación para la eliminación de aceites y grasas y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa. Son tratados en sus fuentes de origen, antes de verterlos a la red de alcantarillado (Metcalf y Eddy, 1995).

2.10.2. Tratamiento primario de las aguas residuales

Consiste en la eliminación de sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Se lleva a cabo mediante operaciones físicas como la sedimentación. Suele contener una alta concentración de DBO y materia orgánica (Metcalf y Eddy, 1995).

2.10.3. Tratamiento secundario de las aguas residuales

Esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradable. Se define como tratamiento secundario o convencional como la combinación de diferentes procesos como el tratamiento biológico con fangos activos, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación. En este proceso se pueden añadir sales metálicas en los tanques de aireación para provocar la precipitación en el proceso de decantación final, o se puede llevar a cabo un proceso de des nitrificación biológica con la finalidad de producir efluente nitrificado (Metcalf y Eddy, 1995).

2.10.4. Tratamiento avanzando de oxidación /Recuperación del agua residual

El tratamiento avanzado se emplea para la eliminación de elementos de las aguas residuales como los compuestos tóxicos, nutrientes y exceso de materia orgánica o de sólidos en suspensión. Los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación y sedimentación seguida de filtración y carbono activado. El proceso avanzado de oxidación ha sido foco de investigación que busca alternativas viables para el tratamiento de aguas residuales que se emplea para diversas posibilidades de reutilización de las aguas residuales, lo cual es importante conseguir efluentes de alta calidad para mayor eficiencia del tratamiento (Metcalf y Eddy, 1995).

2.11. Elementos dela agua residual

2.11.1. Afluente

Es la sustancia, agua o líquido que ingresa a un reservorio o son sometidas a una planta de tratamiento o proceso de tratamiento. También, es conocido como influente (Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales). En otras palabras, es el agua no tratada proveniente de desagües de tipo doméstico o industrial.

2.11.2. Efluente

Es la sustancia o líquido, que pasa por un proceso de tratamiento al salir de una planta de tratamiento de agua residual. En este trabajo, es el agua tratada que sale del reactor UASB (Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales).

2.12. Métodos convencionales y emergentes en el tratamiento de agua

Actualmente existen numerosas tecnologías para ejecutar el tratamiento de efluentes, cuya eficiencia está en función de la naturaleza de los contaminantes y de las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento. El agua contaminada en la industria alimentaria puede ser procesada mediante tratamiento físico, químico o biológico (De la Hoz, F. R., 2007).

Además de los métodos de cloración y o zonación, previamente mencionados, existen algunos otros métodos convencionales ampliamente utilizados para el tratamiento y desinfección de agua. El método de coagulación - floculación, es una técnica química que consiste en la adición de coagulantes para reducir la potencial zeta de las partículas y posterior floculación. Una de las problemas que presenta este método es la precisión en la dosis o concentración añadidas de químicos, ya que un exceso puede resultar desfavorable (Jusic, S., Ademovic, M., 2012) .

La filtración a través de películas es un método físico que ha sido desarrollado en la remoción de micro contaminantes en agua y puede tratarse de micro filtración, ultrafiltración, nano filtración y osmosis inversa, según los tamaños de particular a filtrar. Sin embargo, esta tecnología es limitada por el tamaño de poro de las membranas de filtración (Shaline, 2014) .

La radiación ultravioleta es uno de los métodos de desinfección ampliamente más empleados en agua; su efectividad depende de la dosis aplicada. La longitud de onda óptima se encuentra en el intervalo de 250 a 270 n. m. La desinfección sucede debido a la inactivación de las células de los microorganismos trastornando su capacidad de reproducción y de infección. Sin embargo, si la radiación es aplicada en dosis menores los microorganismos tienden a revertir el daño celular (Shaline, 2014).

Castillo y Ledezma (2010) los métodos convencionales han demostrado que pueden causar efectos desacertados a la salud y a los equipos. Es por ello, los científicos han buscado nuevos métodos para el tratamiento de agua, que sean más eficientes y menos perjudiciales para la salud.

Uno de los mejores métodos que se aplican en la actualidad son los procesos avanzados de oxidación (PAOs) han emergido como una alternativa para el tratamiento de agua y son procesos que involucran la generación de especies altamente oxidantes capaces de atacar y degradar sustancias orgánicas. Son estimados procesos físico-químicos con la experiencia de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes como resultado de la participación de radicales libres (principalmente radicales hidroxilo (HO) por su capacidad altamente oxidante) en reacciones Redox (Raichle, B.W. y Bandala, E. R. , 2013). Existe un gran interés en este tipo de procesos debido a su capacidad de oxidar una amplia variedad de compuestos de complejo degradación. El radical hidroxilo (HO) puede ser generado por medios foto químicos y +otras formas de energía (Auriolles, 2011).

Los radicales libres generados son capaces de oxidar contaminantes orgánicos principalmente por la abstracción de hidrogeno o por la adición electrofilia a los dobles enlaces para generar radicales libres orgánicos (R), que pueden reaccionar con las moléculas de oxigeno formando radicales peróxido y así inician las reacciones oxidantes en cadena, que probablemente lleven a la mineralización completa de la materia orgánica (Pignatello, J., Oliveros, E y Mackay. A., 2006).

2.13. Nano ciencia y nanotecnología

La nano ciencia es el estudio de los procesos que ocurren en las estructuras de un tamaño entre 1 y 100 nanómetros, las cuales se conocen como nano estructuras. La nanotecnología es el área de investigación que estudia, diseña y fabrica materiales o sistemas a escalas nanoscópico y les da alguna aplicación práctica. Sin embargo, en ocasiones se denominan nanotecnología a la habilidad de contralar la materia átomo a átomo. Un nanómetro (n.m.) es una millonésima parte

(1/1 000 000 000) de un metro. Para tener una idea de que tan pequeño es un nanómetro, pensemos en el diámetro de un cabello humano, el cual mide aproximadamente 75 000 nm.

2.14. Proceso de Oxidación Avanzada (PAO's)

Los procesos de oxidación avanzados (PAO's) se encuentran incluidos dentro de los procesos de oxidación química más efectivos para el tratamiento de agua (Bandala, 2013). Estas tecnologías están fundamentadas en procesos físico-químicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes. El concepto de los PAO's fue establecido inicialmente por Glaze y colaboradores quienes definieron como procesos que involucran la generación de especies oxidantes altamente reactivas capaces de atacar y degradar sustancias orgánicas. Su alta eficiencia es debida a su viabilidad termodinámica y a una velocidad de reacción incrementada por la participación de radicales libres (Domenech X., 2004) .

Entre los diferentes PAO's, las tecnologías basadas en los radicales hidroxilos (HO) son de interés particular debido a su alto potencial de oxidación. En particular, dos de estos PAO's han demostrado recientemente su habilidad en la desactivación de microorganismos: la fotocatalisis heterogénea y homogénea.

Los PAO's emplean técnicas químicas, fotoquímicas, sonoquímicas o radiolíticas en combinación con oxidantes catalizadores, generando radical hidroxilo ($\text{OH}^\bullet$) para degradar contaminantes tóxicos o no biodegradable produciendo intermedios biodegradables o menos tóxicos, CO_2 iones inorgánicos. Las reacciones por las cuales los radicales hidroxilos atacan las moléculas orgánicas son la abstracción de hidrogeno, adición electrolítica, la transferencia de electrones y las reacciones entre radicales. Los radicales hidroxilos son especies reactivas extraordinarias, atacan muchas de las moléculas orgánicas con velocidades de reacción del orden de $10^6 - 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$, se caracterizan por la baja selectividad para hacerlo, lo cual es un atributo útil para un oxidante utilizando para el tratamiento de aguas residuales y para resolver problemas de contaminación (Casamachin, F., 2012).

Las Técnicas o Procesos Avanzadas de Oxidación (PAO's) de la materia orgánica, tóxica y no tóxica, contenida en las aguas residuales industriales, merecen especial atención por sus interesantes aspectos técnicos y ambientales asociados. Las PAO's han sido perfeccionadas con el objetivo de presentar una alternativa más eficiente a los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales, logrando oxidar una gran variedad de contaminantes orgánicos. Los procesos convencionales de aguas residuales tales como tratamientos biológicos, químico – físicos convencionales (cloración, ozonización, oxidación térmica, permanganato de potasio, etc.), adsorción con carbón activado u otros adsorbentes, no logran detoxificar muchos de las aguas residuales industriales generados hoy en día de una forma eficiente y económica.

Domenech (2004) las PAO's se caracterizan por la generación de radicales OH este radical se genera por medios fotoquímicos o por formas de energía capaces de degradar una gran variedad de sustancias tóxicas al convertir compuestos orgánicos en dióxido de carbono, agua y sustancias inorgánicas debido a que poseen un elevado potencial de oxidación.

Domenech (2004) los procesos avanzados de oxidación (PAO's) se encuentran integrado dentro de los procesos de oxidación químicas más efectivos para el tratamiento de las aguas residuales. Estas tecnologías están basadas en procesos físico-químicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes

Andreozzi (1999) los (PAO's) es una de las tecnologías con métodos más eficaz y eficiente para realizar estudios en los tratamientos de aguas residuales industriales, esperando que en el futuro este tipo de procesos sea una de las alternativas de soluciones más viable y sustentable en el tratamiento de aguas contaminadas de industrias.

El desarrollo de la aplicación de las tecnologías de procesos de oxidación avanzada (PAO's), se basan directamente en la destrucción de los contaminantes por medio de sustancias químicas conocidas como radicales libres hidroxilos, las cuales tienen la propiedad de ser altamente oxidantes, dichos radicales reaccionan con el contaminante y o transforman en compuestos inocuos al ambiente (Arroyave, Garces, & Cruz, 2015, pág. 125).

Bandala (2013) consta un gran interés en este tipo de procesos debido a su capacidad de oxidar una amplia variedad de compuestos de difícil degradación. Estas tecnologías implican la formación de radicales hidroxilos (OH), altamente reactivos, que actúan como iniciadores de la oxidación. Entre estos procesos, los de mayor auge son la fotólisis y la fotocatalisis. El radical hidroxilo (HO-) pueden ser formados por medias fotos químicos y otras formas de energía.

Quiroz (2011) menciona que los radicales libres formados son capaces de oxidar contaminantes orgánicos principalmente por la abstracción de hidrogeno o por la adicción electrofílica a los dobles enlaces para generar radicales libres orgánicos (R-) que pueden reaccionar con las moléculas de oxígeno formando radical peróxido y así inician las reacciones oxidantes en cadena, como posiblemente lleven a la mineralización completa de la materia orgánica.

Giraldo y Arango (2015) indica que este tratamiento genera la formación de hidroxilos (OH°) las cuales van a ser reactivos ya que estos se encuentran con un elevado potencial de oxidación (E=2.8). Debido a esto que los procesos de oxidación avanzada se han convertido en procesos efectivos en la oxidación de compuestos orgánicos

Rodríguez (2015) muchas de las ventajas de estos PAO's es que se puede llevar a cabo la máxima mineralización de los compuestos orgánicos, llegando e incluso a oxidar compuestos inorgánicos hasta CO₂ e iones cloruros y nitratos.

Las ventajas de los PAO's son:

Interviene en el tratamiento de contaminantes empleando reactivos a baja concentración.

El tiempo de reacción es relativamente corto en comparación con otros métodos de tratamiento, como el tradicional uso de sulfato de aluminio.

- Descomposición de los reactivos utilizados como oxidantes en productos inocuos.
- El proceso impide la formación de subproductos o se forma en baja concentración
- El contaminante no solo cambia de fase, sino que a su vez es transformado químicamente.

- La aplicación de radiación ultravioleta u solar mejora la velocidad de la reacción y el tiempo de contacto.
- El proceso resulta útil en la remoción de contaminantes refractarios tolerantes a procesos biológicos.
- Se elimina casi totalmente de color de efluentes cuya matriz es fuertemente coloreada.
- La aplicación de radiación ultravioleta mejora de velocidad de la reacción y el tiempo de contacto.

Los procesos de oxidación avanzada son muy favorables en el tratamiento de aguas residuales como pre tratamiento antes de un tratamiento biológico, en el caso de contaminantes recalcitrantes a la biodegradación, o se pueden utilizar como pos-tratamiento para mejorar las características de las aguas antes de ser vertidas a las fuentes de aguas receptoras (Luis Fernando Garces Giraldo).

Entre los diferentes PAO's, las tecnologías basadas en los radicales hidroxilos (HO) son de interés particular debido a que esta es una especie con el alto potencial de oxidación. En particular, dos de estos PAO's han demostrado recientemente su habilidad en la desactivación de microorganismos: la fotocatalisis heterogénea y homogénea (Andreozzi R., 1999, pág. 156)

Otra ventaja es que el olor del efluente se reduce significativamente en tiempos cortos luego de la aplicación de los químicos y la radiación UV. Esto se debe a la fuerte oxidación de la materia orgánica presente en el efluente a ser tratado. Luego de la aplicación de los químicos y la radiación UV, no es necesario adición de cloro u otro desinfectante, ya que las bacterias coliformes, por ejemplo, se eliminan en menos de dos horas.

Sin embargo, una de estas desventajas es que las técnicas avanzadas de oxidación como las aplicadas se desarrollan en sistemas de tratamiento por lotes, esto es en instalaciones industriales pequeñas. Sin embargo, el alta eficiente de estas técnicas permite emplear reactores relativamente pequeños que podrían ser ubicados en espacios reducidos.

Tabla 2.

Clasificación de las técnicas avanzadas de oxidación utilizadas en tratamiento de aguas residuales.

Técnicas no fotoquímicas de oxidación	Técnicas fotoquímicas de oxidación
Ozonización en medio alcalino, O_3/OH	
Ozonización con H_2O_2 O_3/H_2O_2	Peróxido de hidrogeno / UV
Reacciones de Fenton, H_2O_2/Fe^{+2}	Ozono/UV
Oxidación electroquímica	Fotocatálisis de agua en el UV de vacío
Oxidación en agua subcritica y supercrítica	Foto – Fenton
Radiolisis con aplicación de haces de electrones	Fotocatálisis heterogénea
Plasma no térmico	

Fuente: Propia del investigador.

2.15. Oxidación fotocatalítico

La oxidación foto catalítica, es la alternativa a procesos de oxidación tradicionales (ozono, peróxido de hidrogeno e hipoclorito), está absolutamente justificada para estos fines. Los sistemas de oxidación avanzada, en los que se concierta la energía radiante ultravioleta y un oxidante, como el oxígeno, en presencia de semiconductores estables, como el dióxido de titanio, presenta una alternativa sencilla y económica para la mineralización completa de compuestos orgánicos, logrando así la adecuación de efluentes industriales a su vertido y posterior tratamiento de redes de saneamiento.

Consiste en unificar la radiación ultravioleta (UV) y el catalizador que formaran radicales hidroxilos de los contaminantes que generan la destrucción o degradación de los contaminantes orgánicos presentes en el efluente. Este proceso ocurrirá en la superficie del átomo o partícula, este método no tiene regla general de aplicación ya que será diferente para cada proceso y tipo de contaminante (Rodriguez, R. , 2016).

2.15.1. Foto degradación

La foto degradación sensibilizada se usa para degradar o mineralizar los compuestos orgánicos presentes del agua residual, siendo algunos de ellos de gran uso doméstico, industrial o agrícola.

2.16. Fotocatálisis

Araña y Melian (2002) la fotocatálisis constituye una manera eficiente para la desinfección de las aguas, que evita el empleo de reactivos oxidantes y con ello la formación de intermedios peligrosos.

La fotocatálisis con luz solar es un proceso de oxidación avanzada que se emplea para el tratamiento de aguas residuales, para generar reacciones químicas de oxidación, dando lugar a la eliminación de los compuestos orgánicos, pero también es válido emplear luz ultravioleta (UV). Se utiliza el dióxido de titanio (TiO_2) como foto catalizador muy eficaz, ya que acelera mucho las reacciones químicas provocadas por la luz. Según los estudios realizados este método ha sido probado en laboratorios para hidrocarburos, compuestos orgánicos clorados y fosforados contenido con pesticidas y herbicidas, colorantes y surfactante que se obtuvieron resultados efectivos (Garces F. H., 2015).

El proceso de descodificación mediante fotocatálisis, consiste en la utilización de la radiación ultravioleta el cual es muy potente; por el cual es de mayor eficacia para la activación de un semiconductor, como el dióxido de titanio (TiO_2) para provocar una serie de reacciones primarias de oxidación y reducción, en las que se forma el radical libre hidroxilo que es la especie oxidante primaria formada por la descomposición del peróxido de hidrogeno catalizada por la activación del dióxido de titanio (TiO_2) (Arroyave, Garces, & Cruz, 2015).

El termino fotocatálisis se define como la aceleración de una fotorreacción producida por un catalizador. Con el fin de tomar lugar, la fotocatálisis heterogénea requiere que el catalizador absorba una cuanta energía. Después de la absorción de la energía, la especie absorbente genera portadores de carga (huecos electrones) y estos últimos son transferidos al oxidante. Al mismo

tiempo, el catalizador acepta electrones del agente reductor los cuales cargan los huecos generados en la banda de valencia del semiconductor. De esta forma, el flujo neto de electrones es nulo y el catalizador permanece inalterado. La degradación foto catalítica heterogénea es simple: el uso de un semiconductor para generar suspensiones coloidales estables es bajo radiación para estimular una reacción en la interface solido-liquido (o solido-gas). El proceso de fotocátalisis heterogénea usando dióxido de titanio (TiO_2) como catalizador ha sido considerablemente manejado para la desactivación de una amplia variedad de microorganismos así como para la eliminación de células cancerosas (Blake D.M., 1999).

Con los resultados de este proyecto se pretende demostrar la fotocátalisis como una alternativa viable que permite disminuir el impacto ambiental causado por las aguas residuales anteriormente mencionadas, como herramientas principales para dar solución a este problema, considerando que:

- Alfano (1997) degrada fácilmente la materia orgánica presentes en aguas residuales, por medio de la oxidación o mineralización. Permite reducir los costos de tratamiento de agua, tanto para descarga como recirculación, ya que es más eficiente, seguro y menos complejo que los sistemas de tratamientos biológicos.
- Alfano (1997) destruye los contaminantes sin transportarlos a otro medio, no genera residuos y no requiere de neutralización posterior de algún compuesto luego de su utilización. Esta característica la convierte en una innovación en tecnologías limpias para el tratamiento de aguas.
- Londoño (2011) menciona que la configuración es simple y se compone principalmente de una superficie donde se soporta el catalizador, un número determinado de tubos de luz UV para producir la reacción foto catalítica y un contenedor cerrado que le da la forma de un reactor.
- Domenech (2004) los requisitos de energía son bajos y se produce una oxidación completa de los contaminantes hasta cianatos, 1000 veces menos tóxicos, CO_2 y agua.

- Cerda (19779 posee altas eficiencias de destrucción a temperaturas ambiente y no requiere ningún aditivo químico.

Por lo tanto, la fotocátalisis, con todos sus beneficios de descontaminación, es una alternativa que puede ser de gran ayuda para todas las industrias que en su proceso generan aguas residuales con productos orgánicos, lo cual presentan una amenaza para el medio ambiente y requieren de un alto presupuesto para su buen manejo y disposición.

2.16.1. Fotocatálisis Heterogénea

Jessica (2020), menciona la foto catalizadores son normalmente particulares de óxidos semiconductores que, al absorber luz solar, foto catalizan diferentes procesos redox. Una de las principales vertientes prácticas de la fotocátalisis heterogénea es la descontaminación; en este sentido, la mayoría de los investigadores están de acuerdo en afirmar que el dióxido de titanio es el material más adecuado para llevar a cabo tareas de descontaminación. Sus grandes ventajas sobre otros óxidos consisten en una elevada actividad y estabilidad bajo iluminación continuada, y una baja toxicidad. Además, es barato.

Dentro de la fotocátalisis se tiene dos tipos de técnicas: procesos homogéneos o procesos mediados por compuestos férricos en donde el sistema empleado está en una sola fase y los procesos heterogéneos, los cuales son mediados por un semiconductor como catalizador.

La fotocátalisis heterogénea es un proceso que se basa en la absorción directa o indirecta por un sólido semiconductor con fotones de luz, (foto catalizador heterogéneo, que normalmente es un semiconductor de banda ancha) visible o UV, con energía suficiente, igual o superior a la energía del gap del semiconductor, E_{gap} . La fotocátalisis puede ser definida como la aceleración de una fotorreacción mediante la presencia de un catalizador. El catalizador activado por la absorción de la luz, acelera el proceso interaccionando con el reactivo a través de un estado excitados (C^*) o bien mediante la aparición de pares de electrón – hueco, si el catalizador es semiconductor ($e^- - h^+$). Los electrones excitados son transferidos hacia la especie reducible, a la

vez que el catalizador acepta electrones de la especie oxidable que ocupara los huecos; de esta manera el flujo neto de electrones será nulo y el catalizador permanecerá inalterado (Blanco, J., 2001).

Blanco (20019, los procesos heterogéneos, la interacción de un fotón produce la aparición de un electrón – hueco (e^- y h^+), y el catalizador usado será un semiconductor. En este caso los electrones excitados son transferidos a la especie reductora ($Ox1$) al mismo tiempo que el catalizador acepta electrones de la especie oxidable ($Red\ 2$) la cual ocupa los espacios huecos.

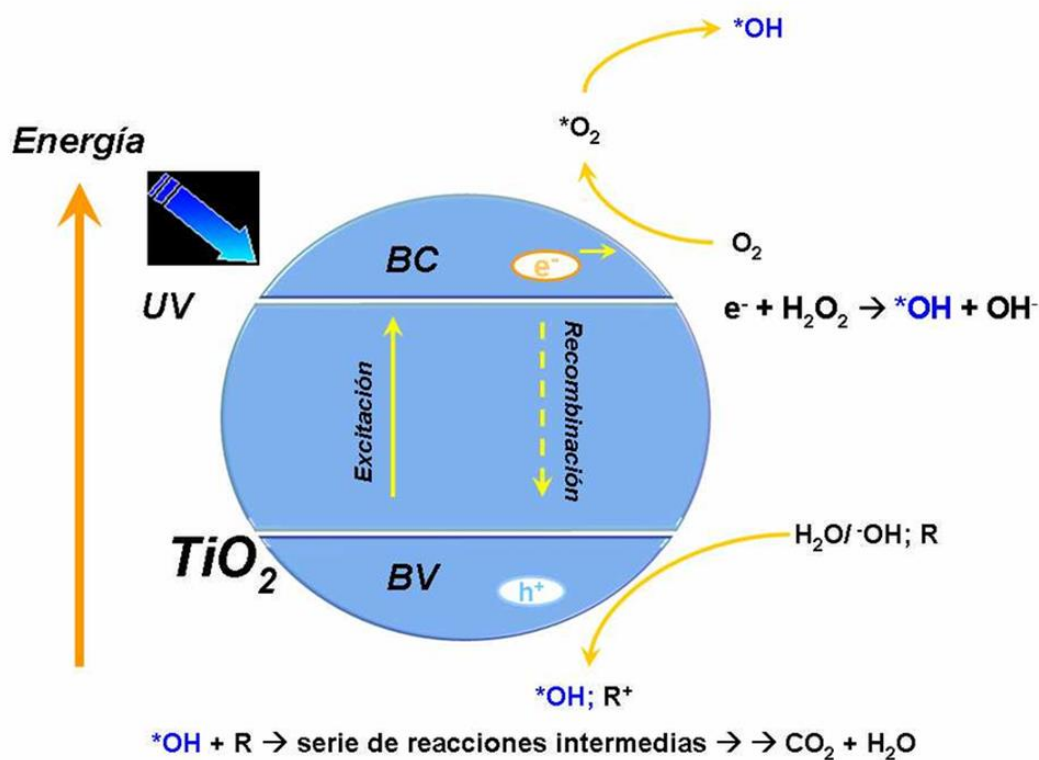


Figura 1. Esquema del proceso de fotocatalisis heterogenea

2.16.2. Semiconductores

Cassano (1995), menciona que los semiconductores en fotocatalisis son sólidos donde los átomos constituyen una red trimensional infinita. El solapamiento de los orbitales atómicos va más allá de los primeros vecinos, extendiéndose por toda la red creando una ordenación de estados

des localizados muy próximos entre sí que forman bandas de estados electrónicos permitidos. Entre las bandas hay intervalos de energía en las cuales no hay estados electrónicos “permitidos”; cada uno de estos intervalos es una “banda de energía prohibida” o gap. Las bandas que limitan el gap de interés son las bandas de valencia (BV), de menor energía, y la banda de conducción (BC), de mayor energía. Ambas bandas surgen del solapamiento de los niveles atómicos de los electrones de valencia, contienen los niveles ocupados más altos y los niveles desocupados más bajos.

Casamachin (2012) señala el orbital molecular del semiconductor tiene una estructura de banda. Las bandas de interés en fotocátalisis so las bandas de valencia (BV) de menor energía y las bandas de conducción (BC) de mayor energía, separados por una distancia de energía llamada banda de energía prohibida o ancho de banda óptico.

Tabla 3.
Cuadro de comparación de semiconductores Jessica (2002).

Semiconductor	Banda Valencia (V NHE)	de vs	Banda conducción (V NHE)	de vs	Ancho de banda óptico Eg
TiO ₂	+3.1		-0.1		e V 3.2 - nm 387

Fuente: Propia del investigador

Jesica (2002) indica que el semiconductor cuando es iluminado con luz (UV) de mayor energía que la banda prohibida o ancho de la banda óptico. Un electrón es promovido de la banda de valencia BV a la banda de conducción BC, dejando un hueco positivo en la BV: en ese lapso el electrón migra a la superficie y reacciona con especies absorbidas. Después de la separación, el par electrón (e-) y hueco (h+) que no alcanza a separarse y a reaccionar con especies en la superficie, se recombinan, tanto en la superficie como en el seno de la partícula generando calor. El proceso neto es la catálisis de la reacción entre el oxidante A (aceptor de electrones) y reductor D (Dador de electrones).

2.17. Nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂)

En la cantidad de semiconductores listados, el TiO₂ ha probado ser el más adecuado y difundido para aplicaciones medio-ambientales, debido a que presenta una elevada estabilidad química que lo hace apto para trabajar en un amplio rango de pH, al mismo tiempo es capaz de producir transiciones electrolíticas por absorción de luz en el ultra violeta cercano (UV-A). Por ello, hoy en día es una de las aplicaciones fotoquímicas que más interés ha despertado en la comunidad científica internacional. Las especies formadas, logran modificar químicamente a la sustancia toxica convirtiéndola en sustancias intermediarias inofensivas y biodegradables para el medio ambiente, que hace que sea el material más usado en aplicaciones foto catalíticas ambientales (Jessica I., 2002)

El TiO₂ es el semiconductor más usado en el proceso de fotocátalisis en aplicaciones medio ambientales, ya que su composición es química y biológicamente inerte, no es toxico, es estable a corrosión fotoquímica, química es abundante y económico, además posee un gap de energía de 3.2 eV que puede ser excitado con la luz UV de $\lambda < 387$ nm. La cual puede ser aportada por la luz solar o lámparas ultravioleta. Este producto tiene 99,5% de pureza, posee un área superficial de $50 \pm m^2$ y un diámetro promedio de 21 nm. En solución se encuentra típicamente agregados primarios de 0,1 μm de diámetro. Los compuestos orgánicos tienen el potencial de oxidación por encima de la banda de valencia del dióxido de titanio, y por este impulso pueden ser oxidados foto catalíticamente por este material (Gil E., 2005).

Blanco (2011) menciona que el TiO₂ se encuentra en tres formas polimórficas cristalinas; rutilo, broquita y anatasa, siendo los más efectivos en tratamientos de aguas residuales. La anatasa es termodinámicamente menos estable que el rutilo, ya que posee mayor área superficial y alta densidad superficial de sitios activos para la adsorción y la catálisis. El TiO₂ en forma de polvo ultra fino, con tamaño promedio entre 50 y 100 nm y predominio de la fase anatasa, es el material más comúnmente usado en las plantas de tratamiento de aguas.

En Brasil se encontraron los depósitos más ricos del mundo de anatasa natural, con un contenido de TiO_2 de un 30 a 40%. Este mineral constituye una importante fuente potencial de materia prima para la obtención de TiO_2 por el método de cloración.

Jessica y Nieto (2002) la transición anatasa-rutilo de mayor poder catalítico ocurre entre 400 y 1000°C, dependiendo de la microestructura de los polvos de anatasa, del contenido de impureza, desviaciones de la estequiometría, área superficial, tamaño de partícula, etc. Para que la transformación de anatasa-rutilo tenga lugar es necesario que ocurra una ruptura de enlaces. Por lo tanto, la energía de activación es elevada, y consecuentemente, la formación es lenta. El mecanismo involucra los fenómenos de nucleación y crecimiento, y es probable que la energía de activación del primero sea mucho mayor

Jessica y Nieto (2002) además la elevada resistencia del TiO_2 a la corrosión foto inducida unida a su bajo coste e inocuidad hacen que este material sea el más idóneo para su aplicación en los POA basados en fotocatalisis heterogénea.

Garces (2003) al irradiar el TiO_2 , el radical hidroxilo ($\text{HO}^\bullet$) incita la completa mineralización de muchas sustancias orgánicas. Siendo un equilibrio de adsorción / desorción para un contaminante dado, la oxidación fotocatalítica de un sustrato orgánico adsorbido alcanzaría iniciar la eficiencia de su degradación oxidativa.

Araña y Melian (2002) indica que el TiO_2 , es aplicado en la degradación de diversos contaminantes entre los que se pueden destacar plaguicidas, colorantes, cianuros, formaldehidos, orgánicos e inorgánicos.

Tabla 4.

Reacciones en la superficie del TiO_2 irradiado, Jessica (2002).

$\text{TiO}_2 + h\nu \rightarrow e^- (BC) + h^+ (BV)$	
En la superficie	$h^+ (BV) + \text{Ti}^{IV} - \text{OH} \rightarrow \text{Ti}^{IV} (. \text{OH})$ $e^- (BC) + \text{Ti}^{IV} - \text{OH} \rightarrow \text{Ti}^{III} - \text{OH}$
En el interior del catalizador	$e^- (BC) + \text{Ti}^{IV} - \text{OH} \rightarrow \text{Ti}^{III} - \text{OH}$

Recombinación superficial	$e^{-} (BC) + Ti^{IV} - OH \rightarrow Ti^{III} - OH$ $h^{+} (BV) + Ti^{III} - OH \rightarrow Ti^{IV} (OH)$ $e^{-} (BC) + h^{+} (BV) \rightarrow Calor$
Transferencia de carga en la interface	$Ti^{IV} (.OH) + red \rightarrow Ti^{IV} - OH + Red.^{+}$ $Ti^{IV} (.OH) + ox \rightarrow Ti^{IV} - OH + Ox.^{+}$

Fuente: Propia del investigador

2.17.1. Propiedades del Dióxido de Titanio

Jessica (2002) el TiO_2 es un semiconductor perceptible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región UV. Es anfótero, muy estable químicamente y no es atacado por la mayoría de los agentes orgánicos e inorgánicos. Es químicamente y biológicamente inerte, estable a la corrosión química y fotoquímica, siendo solo atacado por el ácido sulfúrico concentrado caliente y por el ácido fluorhídrico concentrado. Por otra parte, el TiO_2 , es de especial interés.

El TiO_2 es una de las sustancias químicas más blancas que existen, refleja prácticamente toda la radiación visible que llega a ella, además mantiene su color en forma permanente. También es una de las sustancias con índice de refracción alto, por lo cual es opaco, esta propiedad sirve para protegerse de los rayos solares, ya que refleja prácticamente toda la luz, incluso a la luz ultravioleta y la que no refleja y absorbe.

La estructura cristalina del TiO_2 más estable termodinámicamente es la estructura del rutilo. Sin embargo, la estructura que presenta mayor actividad foto catalítica es la anatasa, que es utilizada de manera habitual para aplicaciones de descontaminación ambiental. El dióxido de titanio con predominio de la fase anatasa, es el material más comúnmente usado en fotocátalisis, también es el precursor usual en la preparación de catalizadores.

2.17.2. Proceso tecnológico de obtención de nano partículas de Dióxido de Titanio

Castillo y Ledezma (2010) realizaron el proceso de nanotecnología atreves de la metodología llamada Sol-Gel. La nana partícula con un tamaño menor a 1 nanómetro (nm) y menos a 100 nanómetros es definida a partir de esa premisa, esta tienes diferentes propiedades como la conductividad termina, la elasticidad la dureza, eléctrica y magnética y el cual mejorar al estar en

una escala manométrica. Las nano partículas se definen por presentar partículas de gran superficie específica y alta actividad superficial, gracias a ello se completan a excelentes agentes anti – bacteriales, catalizadores y sensores.

La técnica o método Sol-Gel conduce a que esta sea formada de óxidos por medio de reacciones inorgánicas poliméricas posee 4 etapas muy características: el secado, el hidrolisis, la poli condensación y descomposición térmica.

Para la obtención de las nano partículas de Dióxido de Titanio se tuvo que disolver 2,5 g de oxisulfato de titanio en 300 ml de agua de preferencia destilada y con temperatura ambiente, otro dato importante en la agitación constante en la que debe de estar sometida, a esta mezcla obtenida se agregó el Hidróxido de amonio al 10% w/w en solución hasta formar un precipitado el PH a tomar oscila entre 8.5, al obtener el precipitado este fue lavado y filtrado para eliminar las impurezas y el exceso del reactivo que pudo haber quedado como residuo, este filtrante obtenido es sometido a dos procesos de síntesis

El primero consistió en agregar 40 ml de alcohol etílico absoluto y 100 ml de agua destilada al filtrado con una agitación constante por una hora a una temperatura igual a 80 °C. El segundo consistió en agregar 7.4 ml de peróxido de hidrógeno al 30 % w/w y 70 ml de agua destilada al filtrado y someterlo a un proceso de reflujo por 2 horas a 100 °C. Lo obtenido de cada síntesis fue calcinado a temperaturas de 300 y 500 °C y tiempos de 30 y 60 minutos.

Por consiguiente, para la caracterización de nano partículas es ineludible determinar el tamaño que tendrá la partícula, espectro de infrarrojo y estructura cristalina. Es por ello que se realizaron diferentes pruebas de caracterización por medio de dispersión dinámica de luz (DLS), espectroscopia de infrarrojo (FT-IR), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y difracción de rayos X (XRD).

Para la caracterización mediante DLS se usó un analizador Brookhaven 90 Plus, para FT-IR se empleó un espectrofotómetro Perkin Elmer Spectrum 100. Para los estudios de microscopía se empleó un microscopio Tecnai G2 Spirit Twin de FEI. Para los estudios de difracción se empleó

un difractómetro Empyrean de Panalytical. Estos análisis se efectuaron en las muestras de material nano particulado obtenido en cada proceso de calcinación. En el caso del análisis DLS y de TEM se utilizó como solvente etanol absoluto para evitar la aglomeración excesiva de las partículas de dióxido de titanio.

Se realizó una prueba para determinar la forma en la que se aglomeran las nanas partículas en el solvente etanol absoluto al dejar pasar el tiempo. Para esto se realizó una nueva síntesis por los dos métodos antes descritos y se utilizó la misma condición de calcinación en cada caso. Se tomó una muestra de 50 mg de cada material sintetizado y se los disolvió en etanol absoluto. Se sonicaron las muestras durante 4 minutos para deshacer cualquier aglomeración que se haya producido en el proceso de calcinación. Posteriormente se realizaron los análisis por DLS al tiempo 0 y cada 10 minutos hasta completar 4 mediciones.

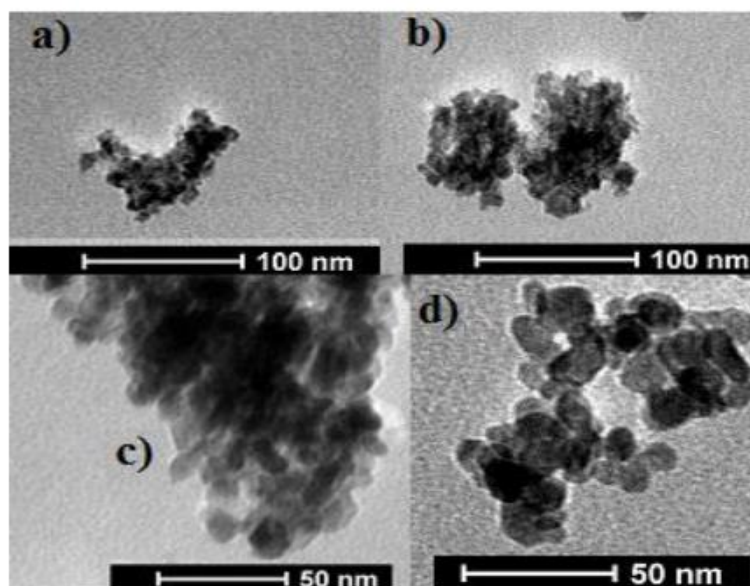


Figura 2. . Micrografías TEM de las partículas de TiO₂, obtenidas por el método 1 a las siguientes condiciones de calcinación: (a) 300 °C – 30 min, (b) 300 °C – 60 min, (c) 500 °C – 30 min, (d) 500 °C – 60 min.

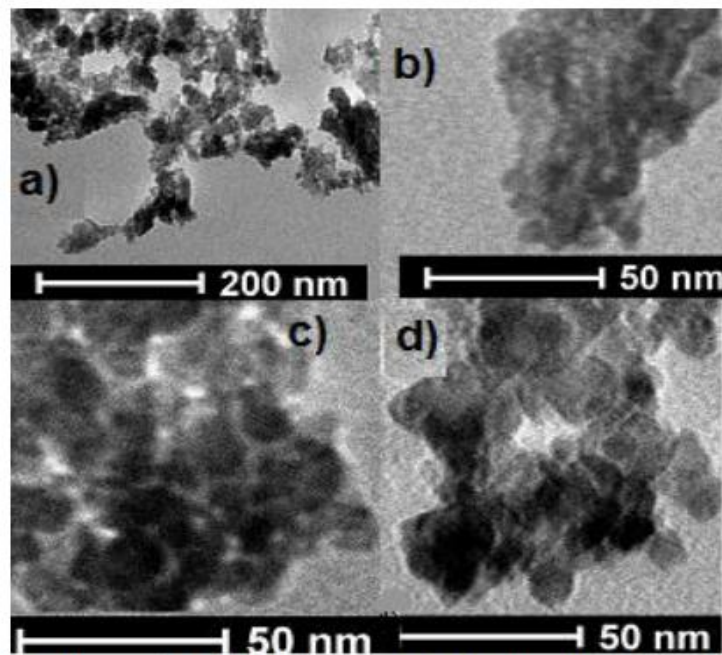


Figura 3. Micrograffías TEM de las partículas de TiO_2 , obtenidas por el método 2 a las siguientes condiciones de calcinación: (a) 300 °C – 30 min, (b) 300 °C – 60 min, (c) 500 °C – 30 min, (d) 500 °C – 60 min.

2.18. Peróxido de Hidrogeno

Torres (2014) los oxidantes comúnmente utilizados en los tratamientos de agua el peróxido de hidrogeno tiene un potencial medio. Su poder oxidante es más fuerte que el cloro, dióxido de cloro, y el permanganato de potasio, A través de procesos catalíticos, el H_2O_2 se puede convertir en radical hidroxilo (OH) que tienen un poder oxidante solo superado por el flúor.

Garces (2003) el peróxido de hidrogeno favorece la generación de radical hidroxilo, los cuales son fuertemente oxidantes y permiten la degradación y el rompimiento de las moléculas que componen lo compuestos recalcitrantes de los colorantes.

También es conocido como agua oxigenada y tiene características de un líquido polar, el H_2O_2 es empleado actualmente en las industrias, actividades de desinfección, tratamientos y otros. De esta manera el H_2O_2 en el sector industrial suele tener concentración al 30% manteniendo de esta manera su diferencia con el agua oxigenada de empleo doméstico.

Tabla 5.
Comparación de los potenciales de oxidación de diferentes compuestos.

Oxidante	Potencial de oxidación (V)
Flúor	3.0
Radical hidroxilo	2,8
Ozono	2.1
Peróxido de hidrogeno	1.8
Permanganato potasio	1.7
Dióxido de cloro	1.5
Cloro	1.4

Fuente: Propia del investigador

Torres (2014) su capacidad oxidante permite inhibir el crecimiento microbiano, oxidar determinados contaminantes fáciles de oxidar como hierro y sulfuros y difíciles de oxidar como disolventes, gasolinas y pesticidas.

Torres (2014) la razón por la que el peróxido de hidrógeno se puede utilizar en aplicaciones tan diversas es debida a su variable selectividad. Simplemente ajustando las condiciones de la reacción como, por ejemplo, pH, temperatura, dosis, tiempo de reacción, y / o adición de catalizador, el H₂O₂ puede oxidar a un contaminante u otro.

Torres (2014) es capaz de oxidar al sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, aminas y aldehídos. Puede oxidar los cloros residuales y compuestos de azufre reducido, tiosulfatos, sulfitos y sulfuros. Oxida cianuros, NO_x / SO_x, nitritos, hidrazina, sulfuro de carbonilo, y otros compuestos de azufre.

2.19. Parámetros que influyen en el proceso de fotocátalisis con TiO₂

Existen varios parámetros que influyen cualitativa y cuantitativamente en el proceso de óxido reducción foto catalítico, se presentan los más importantes.

2.19.1. Temperatura y pH

Blanco (2011) la variación de la temperatura no afecta significativamente la velocidad de las reacciones foto catalítica. El pH de las soluciones acuosas afecta el tamaño de las partículas, la

carga superficial y las posiciones de los máximos y mínimos de las bandas del TiO₂ debido a su carácter anfótero. Debe trabajarse a un pH diferente al punto de carga cero donde la superficie del óxido no está cargada.

Herman (1999) el punto de carga cero (isoeléctrico) del TiO₂ se encuentra alrededor de PH=7. Por lo tanto, los valores óptimos para un resultado eficiente están en un rango de 9 a 9.5. PH.

2.19.2. Características del catalizador

Mermin (1975) el proceso se mejora cuando la foto catalizador posee una alta área superficial, una distribución de tamaño uniforme y forma esférica de las partículas y la ausencia de porosidad interna

2.19.3. Concentración inicial del contaminante

Las cinéticas de degradación foto catalíticas siguen generalmente el mecanismo de Langmuir – HimshenIwod donde la velocidad de reacción varía proporcionalmente a la fracción de superficie cubierta por el sustrato: (D., Arslan I. Balcioglu I. And Baheman, 1996).

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{inicial} = r = K \left(\frac{KC}{1 + KC}\right)$$

Donde K es la constante de velocidad de la reacción y K es la constante de adsorción del compuesto. Los valores de los constantes son influenciados por el pH, la temperatura, el catalizador y la intensidad de radicación, además de las propiedades de los compuestos involucrados.

2.19.4. Intensidad de la luz

La velocidad de reacción es proporcional a la intensidad de la luz hasta cierta intensidad específica para cada proceso. En el proceso de degradación foto catalítica de contaminantes intervienen distintos parámetros que van desde la naturaleza del catalizador, la configuración de la foto- reactor, la fuente de la luz empleada, hasta los procesos de adsorción del contaminante sobre el catalizador.

2.20. La radiación solar y aplicaciones en la fotocatalisis.

Shaline (2014) la radiación ultravioleta es uno de los métodos de desinfección ampliamente empleados en tratamiento de agua, su efectividad dependerá de la dosis aplicada. La longitud de onda óptima se encuentra en el intervalo de 250 a 270 n. m. La desinfección ocurre debido a la inactivación de las paredes de las células de los microorganismos perturbando su capacidad de reproducción y de infección. Sin embargo, si la radiación es utilizada en las dosis menores lo microorganismos tienden a revertir el daño celular.

2.20.1. Técnicas fotoquímicas de oxidación

Luz ultravioleta UV/ peróxido de hidrogeno H₂O₂

La ruptura de H₂O₂ por fotones irradiados alcanza $\theta_{OH} \rightarrow 185 \text{ nm} = 0.98$, generando de esta manera dos radicales hidroxilo por cada molécula de H₂O₂.

La fotólisis del H₂O₂ se realiza casi siempre empleando lámparas de vapor de mercurio de baja o medidas presión. La longitud de onda que más favorece al proceso de fotólisis esta entre 210-240 nm. Si los contaminantes se fotolizan directamente, aumenta el proceso de foto degradación oxidativa.

Ventajas de la luz ultravioleta UV/ peróxido de hidrogeno H₂O₂

- Oxidante comercialmente accesible
- Térmicamente estable y puede almacenarse en el lugar
- Carece de inconvenientes de transferencia de masa asociados a gases al ser soluble en agua
- Operación simple
- Inversión de capital mínima

Desventajas de la luz ultravioleta UV/ peróxido de hidrogeno H₂O₂

- Especies diferentes pueden absorber los fotones

- Altas concentraciones de agente oxidante
- Método no efectivo en la degradación de alcanos fluorados y clorados

2.21. Foto Reactor de tipo Bach

El tipo de reactor dependerá de los parámetros a utilizar, por lo tanto, los materiales válidos para reactores de proceso de fotocatalisis, la necesidad de tener una elevada transmisividad en el UV y una elevada resistencia a la degradación hace que las posibilidades de elección sean limitadas. Entre las posibles alternativas se encuentran los fluoropolimeros (inertes químicamente, con una buena transmisividad y resistencia y buenos difusores de luz (UV), materiales acrílicos y varios tipos de vidrio (necesariamente con bajo contenido en hierro ya que este absorbe el UV). El cuarzo es también un material excelente pero muy costoso lo que invalida desde el punto de vista práctico (Legrini O., 1993, pág. 167).

La utilización de materiales plásticos puede ser una buena opción ya que existen diversos materiales (politetrafluoroetileno, etileno – tetrafluoroetileno, etilpropileno, fluorado, materiales acrílicos, etc.) que pueden ser extraídos en forma tubular y poseen las características necesarias de transmisividad y resistencia térmica, así como el mantenimiento de sus propiedades durante su uso a la intemperie (Legrini O., 1993).

Rossetil (1989) el vidrio es otro material alternativo para foto-reactores, el vidrio común no es adecuado ya que absorbe parte de la luz UV que llega a la foto – reactor, debido al contenido de hierro. Por ello solo resultan adecuados aquellos vidrios que poseen un bajo contenido en hierro, como es el caso del boro silicato (pírex) otra alternativa sería el cuarzo, el inconveniente es el aspecto económico.

El reactor de tipo Bach es sencillo de operar en laboratorio e industrias, se utilizan cuando se han de tratar pequeñas cantidades de sustancias. Donde no existe flujo de entrada ni de salida, es simplemente un reactor donde no existe flujo de entrada ni de salida, es simplemente un reactor con un agitador que homogeniza la mezcla.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

El desarrollo del trabajo de investigación se realizó en el Instituto Nacional de Salud del Niño que se encuentra situado en el distrito de San Borja – Lima Av. Javier Prado Este 3101, Cercado de Lima 15037. UTM 18 L- Este: 0297338 y Norte: 8673202 a una altura de 250 msnm, ubicado al margen izquierdo del km 31 de la Javier prado, perteneciente a la jurisdicción del distrito de San Borja-Departamento de Lima.

Lindero y colindantes

Norte: Av. Julio Barletti

Sur: Av. Javier Prado Este

Este: Calle Manuel Scorza

Oeste: Av. Agustin de la Rosa Toro

2.21.1. Características climatológicas de la zona de investigación

La zona presenta un clima húmedo, en el invierno presentado una temperatura máxima de 21° C y mínima de 11° C (SENAMHI, 2019).

3.2. Ubicación de ejecución del proyecto

La ubicación donde se llevó a cabo la ejecución del trabajo, se realizó en el Laboratorio de AGQ LABS del callao que se encuentra situado en el distrito del Callao – Lima Av. Santa Rosa 511 la Perla – Callao. UTM 12 L – Este: .069692, y -77 L – Norte: 121588 a una altura de 100 msnm, ubicado a la espalda del km 10 de la Av. Guarda Chalaca.

El cual corresponde a un clima bastante húmedo – según los métodos de Thornthwaite. El lugar de ejecución de los experimentos a escala piloto se desarrollará en los laboratorios donde se adquirió el reactor. Asimismo, los análisis fisicoquímicos se ejecutaron en el laboratorio acreditado

de AGQ del callao, Asimismo los análisis microbiológicos y otros parámetros como DBO₅, DQO, SST y AG se llevó a cabo en el laboratorio de AGQ del callao.

AGQ Labs es un Centro Tecnológico Químico que basado en laboratorios de análisis, ensayos avanzados e ingeniería química especializada y corresponde a un laboratorio con Acreditación para Laboratorios de Ensayos, otorgada por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) de Perú para ensayos físico-químicos y microbiológicos en el sector medioambiental para todo tipo de aguas (naturales, residuales, consumo y uso humano, proceso y marinas). Incluida toma de muestra, Acreditación para Laboratorios de Ensayos, otorgada por el Servicio Internacional de Acreditación (IAS)

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se consideró en el proyecto fue la investigación mixta ya que:

Se investigó, recolecto información para luego ser analizada y convertida en conocimiento. Se realizó el análisis del medio del agua residual antes y después del tratamiento mediante la oxidación foto catalítica con nano partículas de dióxido de titanio TiO₂ (catalizador) y peróxido de hidrogeno H₂O₂ (oxidante) a diferentes concentraciones.

3.3.1. Enfoque

Esta investigación es de tipo mixta, se obtuvo resultados validos que afirmaron a los objetivos inicialmente planteados. Este proyecto se llevó a cabo en el laboratorio AGQ, callao (acreditados con INACAL).

Se trató el agua residual contaminada de la trampa de grasa, proveniente del servicio de alimentación hospitalaria (INSN, SB), a nivel laboratorio en un reactor de tipo Bach, mediante la oxidación foto catalítica a diferentes concentraciones de TiO₂ y H₂O₂, traerá consecuencias positivas en el ámbito social, económico y ambiental.

3.3.2. Alcance o Nivel

Alcance

El alcance de esta investigación fue explicativo, descriptivo y experimental. El trabajo de investigación “Eficiencia de oxidación foto catalítica heterogénea mediante nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria”.

El tratamiento de aguas residuales industriales con nano partículas de TiO_2 y H_2O_2 , influirá en mejorar la calidad del agua residual que se vertiera al alcantarillado, cumpliendo con los valores máximos admisibles (VMA) del anexo N°1. Asimismo, contribuye de forma positiva reduciendo la contaminación en los cuerpos de aguas residuales.

Nivel

El nivel de la investigación fue descriptivo, ya que nos permite analizar, medir y evaluar la Demanda Química del Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (A y G), que son elementos determinantes de la calidad del agua a tratar.

Además, nos permitió describir y conocer sistemáticamente el trabajo de investigación y su impacto ambiental.

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Materia Prima

Las nano partículas de Dióxido de Titanio y Peróxido de Hidrogeno, fue adquirida mediante el laboratorio acreditado AGQ LABS ya que son productos que poseen venta corporativa y es poco usual comprar la cantidad que requeríamos para dicha investigación

3.4.2. Materiales de Laboratorio

- Balde

- GPS
- Guantes
- Vaso precipitado de 2000 mL.
- Pipetas 20 mL, 10 mL, 5 mL y 1 mL.
- Vaso precipitado de 100 mL y 250 mL.
- Morteros con pilón de cerámica.
- Termómetro
- Pizeta de plástico
- Ligas
- Papel toalla
- Fiola 50 mL, 100 mL

3.4.3. Equipos

- Reactor Bach con lámpara UV marca Philips (40W, 254nm).
- Equipo Multiparámetro (Marca HANNA H1 48-5)
- Balanza analítica (Ma Henki I)
- PH metro (Hanna Instruments HI981408)

3.4.4. Reactivos

- Dióxido de Titanio (TiO₂) químicamente puro
- Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) al 40%
- Hidróxido de Sodio (NaOH)

3.5. Procedimientos y metodologías

3.5.1. Población

GEPEHO (2019) el agua residual del servicio de alimentación hospitalaria (trampa de grasa) del Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN-SB), vierten al alcantarillado diario hasta 59000 litros/día (59m^3), y mensual hasta 1777400 litros/mes (1777.4 m^3).

3.5.2. Población objetiva

Se obtuvo 20 litros como muestra representativa, a tratar las aguas residuales mediante el proceso de oxidación foto catalítica heterogénea, aplicando nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2), el cual ingresara a distintas concentraciones al sistema de reactor de tipo Bach, para realizar el tratamiento.

3.6. Muestreo y caracterización del agua residual

La toma de muestra del agua residual industrial se ha obtenido de la trampa de grasa proveniente del servicio de alimentación hospitalario que se encuentra dentro del Instituto Nacional de la Salud del Niño – San Borja, cuyas coordenadas (18 L-E:0297338 y N: 8673202) donde se medirá el caudal, con el método de muestreo simple, consiste en elegir un punto representativo a muestrear, en el cual se va tomar 4 muestras representativas, para DQO, DBO_5 , SST y aceites y grasas.

Estas muestras tienen que estar aseguradas y enroscadas apropiadamente, limpios de un 500 ml de capacidad y para medir los parámetros de campo (Conductividad, temperatura y pH), se utilizó el equipo multiparametro, las muestras de las aguas fueron preservadas con ácido nítrico, la toma de muestra se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010 -2016 – ANA.

Una vez tomada las muestras, para realizar los análisis de los parámetros DQO, SST, DBO_5 , aceites y grasas, fueron trasladados al Laboratorio Acreditado AGQ - Callao. La medición de los

parámetros físico-químicos va a consistir en analizar el olor, color, turbidez, conductividad, el pH (Equipo multifuncional).

Las muestras de agua tomadas fueron preservadas con ácido nítrico, la toma de muestra se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA.

3.7. Proceso de preparación del agua residual

La muestra de agua residual industrial que se ha obtenido de la trampa de grasa, proveniente del servicio de alimentación que se encuentra dentro del Instituto Nacional de la Salud del Niño – San Borja-Lima. Se ha retirado 20 litros de agua residual como muestra desde la trampa de grasa. Luego se ha trasladado en una botella herméticamente cerrada al laboratorio AGQ, que se encuentra en el distrito del Callao – Lima. Donde se utilizó el equipo de multiparametro para medir los parámetros (conductividad, temperatura y pH). Luego de observar que el agua residual tenía un pH de 5.1, se procedió aplicar 2 g de hidróxido de sodio (Na OH) para 20 de litros de agua para elevar a un pH de 9, ya que este producto químico es uno de los compuestos de bases fuertes y muy rentables en el mercado. Según las investigaciones realizadas para tener mayor eficiencia en el tratamiento de aguas residuales es eficiente, trabajar a un rango de pH de 8.5 a 11.

3.8. Plan de muestreo

En el plan de muestreo se va a realizar antes y después del tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Tabla 6.
Plan de muestreo de los parámetros organolépticos.

Tipos de parámetros	Parámetros	Nº muestra total	Puntos de muestreo
Organolépticas	Sabor	2	En la entrada del canal y en la salida del reactor reactor de tipo Bach.
	Color	2	
	Olor	2	

Fuente: Propia del investigador

Tabla 7.
Plan de muestreo de los parámetros fisicoquímicos.

Tipos de parámetros	Parámetros	Nº totales	muestras	Puntos de muestreo
Fisicoquímicos	SST	2		
	DQO	12		
	DBO ₅	2		En la entrada del canal y en la salida del reactor de tipo Bach
	A y G	2		

Fuente: Propia del investigador

3.8.1. Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado y rotulado

La toma de muestra debe ser realizada por un laboratorio acreditado ante el (INACAL), el muestreo, preservación, embalaje se realiza siguiendo las instrucciones del ANEXO N° III Requisito para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para monitoreo de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. El personal responsable de la toma de muestra debe utilizar los guantes descartables antes de iniciar y desechar luego de terminar en cada punto.

Toma de muestra

Las características del recipiente, el volumen dependerá del laboratorio encargado y el tipo de reactivo a utilizar para la preservación de las muestras, es recomendable utilizar frascos de plástico o vidrio con boca ancha hermético.

Preservación de muestras

Una vez realizada el muestreo y en caso el parámetro lo requiera se agrega el preservante ver ANEXO N° III de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

El etiquetado y rotulación de los frascos se debe realizar con letra clara y legible y de preferencia utilizar un plumón de tinta indeleble y cubrir con cinta adhesiva transparente y debe contener la siguiente información:

- Nombre de PTAR
- Numero de muestra
- Fecha y hora de la toma de muestra
- Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado
- Operador de muestra

Ver el Anexo N° V de R.M. N° 273-2013-VIVIENDA etiquetas de muestras de agua.

Llenado del formato de cadena de custodia

El rellenado de la cadena de custodia, es mostrando los parámetros que son próximos a evaluar, forma y tipo de botella o frasco, prototipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen o cantidad, numero de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador de muestreo y otra información. ANEXO N° VI CADENA DE CUSTODIA de la R.M. N° 273-2013- VIVIENDA.

Conservación y transporte de las muestras

Las muestras recolectadas, preservadas y rotuladas deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica (color) con un refrigerante (ice pack), ANEXO N° II de la R.M. N°273-2013-VIVIENDA.

. El transporte de las muestras (DBO5, DQO, SST, A y G) al laboratorio para su respectivo análisis, debe cumplir con el tiempo y debe estar acompañado con su cadena de custodia.

Control durante el tratamiento

Los parámetros considerados importantes para evaluar y controlar el agua residual industrial antes, durante y después en el tratamiento.

Laboratorio

- Para el muestreo de Aceites y Grasas se utilizó un envase vidrio de un volumen de 1 litro, color ámbar. Refrigerándose a 4°C.
- Para el muestreo de Sólidos suspendidos Totales (SST) se utilizó un envase vidrio de un volumen de 100 ml y fue Refrigerado a 4°C.
- Para el muestreo del DBO₅ se utilizó un envase de plástico de un volumen de 1 litro. Refrigerándose a 4°C.
- Para el muestreo del DQO se utilizó un envase de plástico de un volumen de 100ml Refrigerándose a 4°C.

3.8.2. Procedimientos para el proceso fotocátalisis heterogénea

Se ejecutó este proyecto en el laboratorio AGQ – Callao. El agua residual se manejó a un pH de 9 (Básico), la luz ultravioleta (UV) 40 W, 254 nm de forma constante para el tratamiento del agua residual. Se usó un agitador para la agitación de las muestras. Se trabajó a un volumen de 1000 ml de agua residual, con un caudal constante de 11.37 ml/s. Cada muestra ingreso al reactor de tipo Batch teniendo un tiempo de remoción de 120 minutos (2 horas), manteniendo este tiempo de forma constante. Se obtuvo un total de 12 repeticiones a distintas concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) las concentraciones de cada absorbente se basan de acuerdo al volumen de agua residual a utilizar.

Después de retirar el agua tratada en un vaso precipitado de 1000 ml (1 L), se procedió a sedimentar de forma original, los residuos que pudieron quedar después de los procesos anteriores por un tiempo de 60 minutos (1hora). Al culminar cada uno de los procesos de tratamiento se midió la variación del pH, cada muestra obtenida fue el laboratorio acreditado AGQ, Callao.

Finalmente, se obtuvo un total de 12 tratamientos a distintas concentraciones de Nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y Peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para determinar la participación en el proceso de cada uno de estos agentes y evaluar posibles mejoras al proceso optimizado, donde se tomó muestra para ser analizadas los parámetros; DQO, DBO_5 , SST, A y G del Anexo N°1 Valores Máximos Admisibles (VMA – Anexo 1).

3.9. Equipos para el análisis de las aguas residuales

Tabla 8.

Materiales y equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Parámetro Fisicoquímico	Materiales y equipos
pH	Método empleado para el análisis fue electroquímico con el pH-metro
DBO_5	Método directo con electrodo. Se utilizó el equipo Oxi 700, el
DQO	Técnica gravimetría
	Técnica Espect UV –VIS)
SST	
A y G	Turbidímetro (NTU) Técnica gravimetría
	Técnica Gravimetría

Fuente: Elaboración propia del investigador

3.10. Metodología para la Instalación del reactor de tipo Bach

3.10.1. Criterios de diseño del reactor Bach

Se realizó los ensayos experimentales utilizando un reactor de tipo Bach a nivel laboratorio llamado Simulador Solar que consta con las siguientes características: una fuente de radiación lámpara UV marca Philips (40w, 254nm), confinado dentro de un espacio delimitado por una superficie opaca (carcaza cilíndrica de metal) que evitara el paso de la radiación UV hacia el exterior y además soportara el reactor, una superficie reflectante de acero, un tubo de boro silicato (Pírex) en forma de espiral concéntrico que será la zona de reacción, las demás fuentes de

radiación UV y los accesorios de las conexiones eléctricas requeridas (balastos electrónicos, cables, sockets, y contactores), la bomba, tanque de alimentación y mangueras. Con un volumen de 70 ml/s aproximadamente, un vaso precipitado de una capacidad de 1000 ml y una bomba de agua con un caudal de 11.37 ml/s. Existe diseño que puede realizarse de forma rectangular o cilíndrica, sin embargo, se escogió la forma cilíndrica por ventajas y evitar zonas muertas. Su altura va hacer de 1m2, el flujo másico que se va a trabajar son los factores tales como DBO5, DQO, SST y A y G, la carga hidráulica que se empleará.

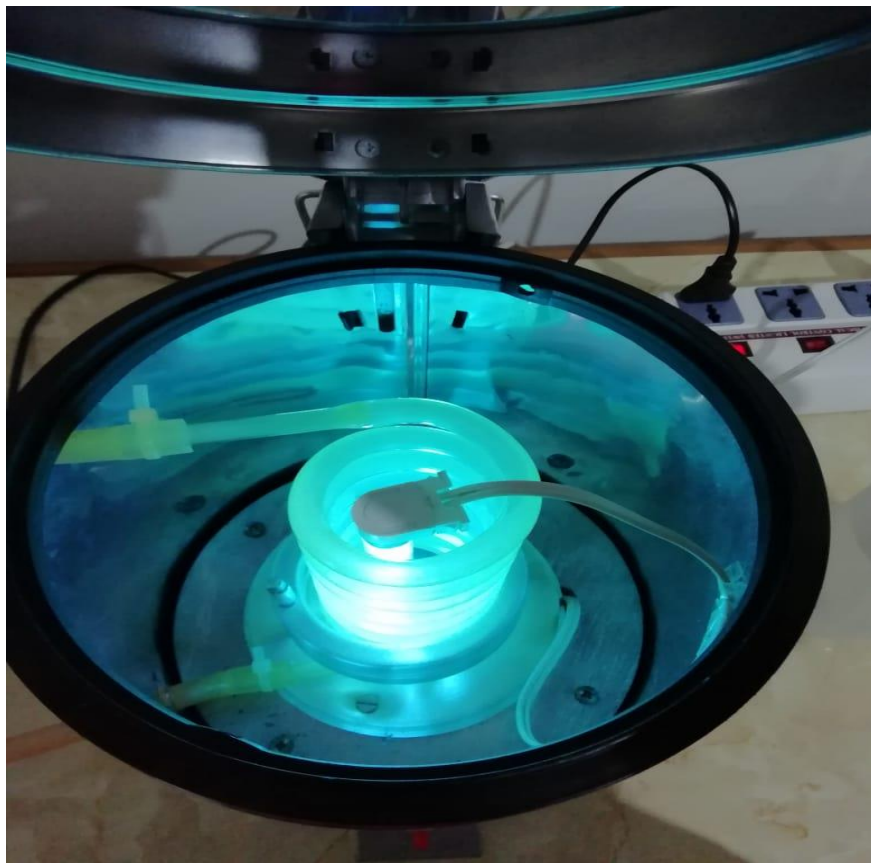


Figura 4. Reactor de tipo Bach (simulador solar).

3.10.2. Ventajas del reactor Bach

Las ventajas del reactor desnaturalizan con su flexibilidad. Un solo recipiente puede realizar una secuencia de diversas operaciones sin la necesidad de romper la contención. Esto es particularmente útil cuando se procesan tóxicos o componentes altamente potentes. Su utilidad

es más beneficioso en procesos industriales y aplicaciones de control de contaminación. Sin embargo, para el tratamiento de aguas residuales son prácticos a escala laboratorio para tratar volúmenes de agua residual pequeños, ya que no tiene entrada ni salida, el tratamiento es mediante la recirculación continuo.

3.11. Variables del estudio

Tabla 9.

Tipos de parámetros a analizar en el tratamiento del agua residual.

Tipos de parámetros	Parámetros	Frecuencia	Método de control
Fisicoquímicos	PH	Diaria	Método Electrométrico
	Temperatura	Diaria	Método de lectura
	DBO ₅	Diaria	Método directo con electrodo
	DQO	Diaria	Método de ASTM D1252-06
	Oxígeno disuelto	Diaria	
	SST, DQO DBO, A y G	Diaria	

Fuente: Propia del investigador.

3.11.1. Variable dependiente

Tratamiento de agua residual contaminada: El residuo líquido es generado a partir de diferentes procesos que conlleva a la elaboración de los alimentos dentro del servicio de alimentación hospitalaria del Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja.

Fisicoquímicos:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Solidos Suspendidos Totales (SST)
- Aceites y Grasas (A y G)

3.11.2. Variable independiente

Mejía (2015) el proceso de oxidación foto catalítica empleando nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno: el proceso es definido como la fotorreacción acelerada a través del uso de un catalizador y que junto con los rayos UV que oxidan y degradan los contaminantes presenten en el agua residual contaminado.

- Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂)
- Peróxido de hidrogeno (H₂O₂)

3.11.3. Variables intervinientes

En la presente investigación es significativo no solo reconocer las variables que se toma en apreciación; sino determinarlas con el mayor acierto posible y precisar la forma en que se observara y evaluara cada una de sus características.

3.11.4. Operacionalización de variables

En la presente investigación es significativo no solo reconocer las variables que se toma en apreciación; sino determinarlas con el mayor acierto posible y precisar la forma en que se observara y evaluara cada una de sus características.

3.12. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.12.1. Técnicas

En esta investigación se utilizará la observación para identificar los factores de turbidez, además de evaluar mediante un equipo parámetro multifuncional, el cual será utilizado para medir el PH de las concentraciones iniciales y finales.

Como apoyo externo se mandará a evaluar las muestras a un laboratorio acreditado por la INACAL para determinar los niveles de concentración biológica, química y física presentes en el agua residual, pre y post el tratamiento.

3.12.2. Fichas de registro

Mediante las cédulas de registros podremos lograr obtener una diversidad de información teórica sobresaliente que ayudara extender entendimientos y variadas metodológicas empleadas en investigaciones semejantes.

3.13. Descripción del proceso.

Tanto el planeamiento como la ejecución del monitoreo de la calidad del agua realizarán con base en los lineamientos establecidos D.S. N°010 – 2019 – VIVIENDA, el cual nos servirá de referencia para la ejecución del presente proyecto para poder contrastar valores admisibles y los obtenidos en el tratamiento.

3.13.1. Etapa preliminar de gabinete

Durante esta etapa se recopilará información temática, del área de estudio se realizará un análisis de estudio previo al monitoreo. Así como también se obtendrá información de las actividades que se realizan y las rutinas diarias luego de hacer un reconocimiento y detectar alguna variación en la rutina o desperfecto

3.13.2. Etapa de campo

Durante esta etapa se reconocerán las instalaciones y facilidades de operación., también se realizarán evaluaciones para verificar los tipos de materia que se genera en el servicio de alimentación

La ubicación del punto de muestreo, se evaluarán los parámetros de calidad del agua residual desechados por el servicio de alimentación en el proceso de desfogue de agua a través de la canaleta.

La evaluación se realizó de manera que se puede cubrir las variaciones más representativas, este debe de coincidir con la generación de alimentos por día, en horario representativo. En nuestra área de estudio la principal fuente agua residual contaminada que alteran al agua provienen de la

cantidad de pacientes hospitalizados en las áreas de cuidados intensivos y de las diferentes áreas permanecen en el instituto.

En la ubicación de los puntos de monitoreo, de acuerdo con el (DS 010– 2019 – VIVIENDAS), el instituto nacional de salud del niño, se localiza en el distrito de san Borja y de acuerdo a lo dispuesto en el ECA para el agua, indica que los sistemas de alcantarillado sanitarios no deben de exceder aguas con concentraciones de:

- DBO₅: 500 mg/L
- DQO: 1000 mg/L
- Sólidos suspendidos totales: 600 mg/L
- Aceites y Grasas: 100 mg/L

3.13.3. Etapa final

Con la información inicial de la etapa de gabinete y etapa de campo, se llevará a cabo el tratamiento de interés donde las condiciones operativas para los factores del proceso de oxidación y fotocatalítica son realizadas en un laboratorio acreditado

Los equipos empleados en este proceso de tratamiento de aguas residuales fueron:

- Balanza analítica
- Medidor de PH
- Centrifuga
- Probeta de 1000 ml
- Espátula
- Balde para preparación de muestras
- Cronometro
- Agitador magnético con calentamiento
- Reactor de tipo Bach

Una vez culminado el proceso de oxidación fotocatalica las muestras serán entregadas a un laboratorio certificado para determinar si el proceso de TiO_2 y H_2O_2 es efectivo en los contaminantes evaluados y determinar si estos una vez pasados el tratamiento cumplen los parámetros a la normativa vigente y medir su eficiencia con respecto a la muestra del tratamiento.

3.14. Validación y confiabilidad del instrumento.

3.14.1. Validación

La valides será radicada por el laboratorio acreditado, Contando del mismo modo con la firma de los especialistas.

3.14.2. Confiabilidad

Con el método en mención a usar será el protocolo de monitoreo de agua, se realizarán pruebas y análisis de laboratorio para determinar si los valores permisibles son superiores a los establecidos por la norma vigente del sistema de alcantarillado sanitario. Se realizará la toma de muestra bajo los permisos establecidos por el instituto nacional de salud del niño de san Borja.

3.14.3. Método de análisis de datos

Se utilizará el diseño de muestra de probabilidad que dará cada elemento de la población la posibilidad de ser seleccionada, donde se extraerá al azar muestras de aguas para ser procesadas en el tratamiento de oxidación foto catalítica y luego ser analizadas en un laboratorio, se emplearan Tablas resumidas, en forma análoga determinando si los resultados fueron óptimos a lo esperado.

3.14.4. Aspectos éticos

El proyecto de investigación "Eficiencia de oxidación foto catalítica heterogénea mediante nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria " Se ejecutará en base a una lista física y virtual de estudios acatando los derechos de autor y del código de ética.

3.15. Método: Diagrama de flujo de las etapas del proceso.

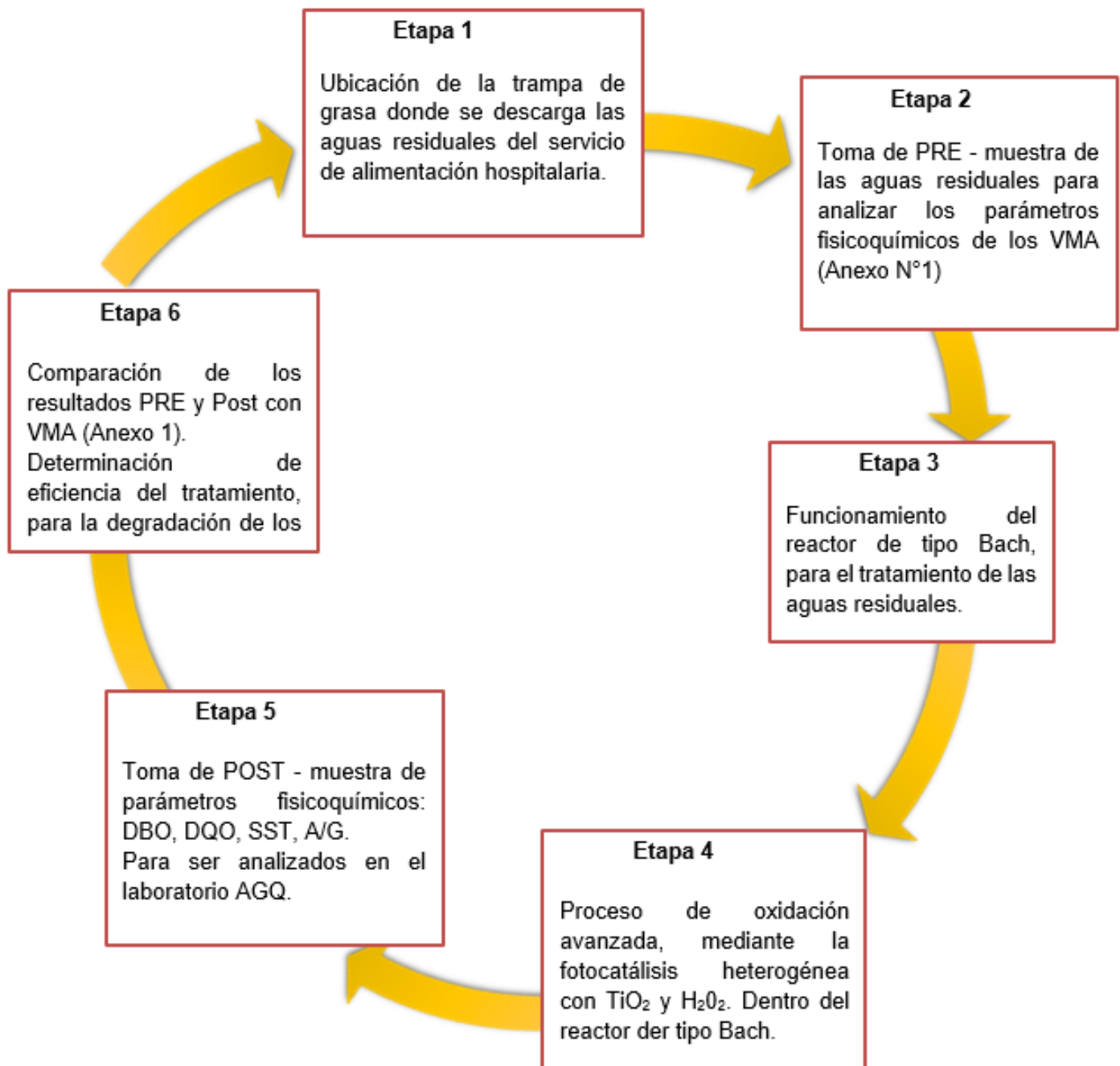


Figura 5. Etapas del proceso para el tratamiento de aguas residuales del servicio de alimentación de industrias hospitalarias.

3.16. Diseño de Investigación

Hay experimentos con las que no se obtienen las respuestas buscadas o el nivel de mejoras logradas no es lo suficiente, por ello es necesario experimentar de manera secuencial hasta encontrar el nivel de mejoras deseado. Después de una primera etapa experimental es necesario desplazar la región experimental en una dirección adecuada, para explorar en forma más detallada la región experimental inicial. La manera de realizar ambas cosas son parte de la llamada metodología de superficie de respuesta (MSR) (Gutierrez H., 2000)

La MSR es la estrategia experimental y de análisis que permite resolver el problema de encontrar las condiciones de operación óptimas de un proceso, es decir, que dan por resultados valores óptimos de una o de varias características de calidad del producto (Gutierrez H., 2000).

El diseño que se utilizó para el trabajo de investigación fue el diseño compuesto se empleará el diseño central compuesto (DCCR) 2^2 , porque se analizaron datos numéricos referentes a los catalizadores y oxidantes según lo establecido en la Tabla 6. Se planteó tratar el agua residual a nivel laboratorio en un reactor de tipo Bach, mediante la oxidación foto catalítica a diferentes concentraciones de TiO_2 y H_2O_2 . Para verificar la eficiencia del tratamiento las muestras fueron tomadas antes y después del tratamiento.

3.16.1. Diseño experimental y superficie de respuesta.

Para buscar ajustar los datos experimentales que permitan inspeccionar de manera visual la respuesta para cierta zona de factores y sus niveles de interés, así llegando a evaluar la optimización del tratamiento.

Se clasifican de superficie de respuesta se clasifican con base en el grado del modelo que se pretende utilizar. Estos diseños proporcionan los tratamientos a correr para generar datos que permitan ajustar un modelo que describa una variable de respuesta en una región experimental. Lo que se espera de los diseños MSR son:

- Que genere una distribución satisfactoria de los puntos experimentales sobre la región experimental.
- El diseño debe requerir un número mínimo de corridas experimentales, ya que en cada prueba realizada se gastan recursos que siempre son escasos.
- El diseño debe permitir que otros diseños de orden mayor se construyan a partir de él. Para verificar cuando el comportamiento de la respuesta resulta ser complicado (curvatura), se agregan puntos adicionales al diseño para tratar de explicar ese comportamiento.
- El experimento debe permitir la detección de la falta de ajuste, para lo cual se requieren repeticiones al menos en el centro del diseño.
- El diseño debe proporcionar un estimador puro de la varianza del error, lo cual se logra con repeticiones al menos en el punto central.

Asimismo, las otras propiedades deseables en los diseños para superficies de respuestas son la ortogonalidad y la rotabilidad. Estas propiedades aumentan la eficiencia de los diseños que las poseen, en el sentido que facilitan la interpretación de los parámetros estimados en el modelo y de la superficie de respuesta.

Un diseño es ortogonal cuando las columnas del matriz de diseño son independientes entre sí, hace que los coeficientes del modelo ajustado no estén correlacionados (Gutierrez H., 2000).

Un diseño es notable cuando en la varianza de la respuesta estimada sobre un punto depende de la distancia de este al centro del diseño y no de la dirección en la que se encuentra (Gutierrez H., 2000, pág. 224).

3.16.2. Relación modelo –diseño

Existe una relación directa entre el tipo de modelo que se pretende ajustar y el tipo de diseño que se debe correr. No se debe exigir a un diseño experimental más información de la que se puede dar (Gutierrez H., 2000, pág. 225).

3.16.3. Diseño de segundo orden

Aquellos que permiten ajustar un modelo de segundo orden para así estudiar, además de los efectos lineales y de la interacción, los efectos cuadráticos o de curvatura pura. Se emplean cuando se quiere explorar una región que se espera sea más compleja o cuando se cree que el punto óptimo ya se encuentre dentro de la región (Gutierrez H., 2000).

Diseño de composición central: El diseño de composición central (DCC) se emplea en la etapa de búsqueda de segundo orden. Se puede construir a partir de un diseño factorial 2^k agregando puntos sobre los ejes y al centro del diseño (Gutierrez H., 2000).

Existen varios criterios que se pueden tomar en cuenta para seleccionar un diseño de segundo orden, entre los que destacan:

- Que tenga un número mínimo de tratamientos y que permita estimar todos los parámetros de los modelos de segundo orden completo.
- Que sea flexible, en el sentido de que se pueda construir a partir de diseños de primer orden.
- Que tenga buenas propiedades como ortogonalidad, rotabilidad y/o precisión uniforme, las cuales tienen que ver con la calidad de estimación con el modelo.

El diseño central compuesto es el más flexible y se puede construir de manera que cumpla alguna o varias propiedades deseables. El diseño de Box-Behnken es una buena alternativa porque tiene un número competitivo de tratamientos, además de que por su construcción los puntos de prueba no son extremos, en el sentido de cualquiera de ellos siempre tiene al menos uno de los factores en su nivel intermedio.

La flexibilidad del diseño central compuesto es en el sentido de que se puede construir a partir de aumentar diseños más simples. Esta propiedad es de suma importancia porque permite optimizar el gasto de los recursos experimentales, es decir, si ya se corrió una factorial completa y con punto central, y se detectó la presencia de curvatura, ahora se corren los puntos axiales para completar el diseño.

3.16.4. Región experimental y región de operabilidad

La región experimental es el espacio delimitado por los rangos de experimentación utilizados con cada factor. La región de operabilidad está delimitada por el conjunto de puntos o condiciones donde el equipo o proceso puede ser operado. La región operabilidad considera todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores donde el proceso puede operarse y esta siempre es igual o más grande que la región experimental (Gutierrez H., 2000).

En la MSR es de interés tener presente esta visión de las regiones de operabilidad y experimental, al principio, el punto óptimo que interesa encontrar pudiera localizarse en cualquier lugar de la región de operabilidad, dentro o fuera de la región experimental inicial. En procesos ya estudiados, es de esperarse que dicho punto óptimo se encuentre “no muy lejos” de las condiciones de operación usuales posiblemente dentro de la región experimental inicial. En cambio, cuando es proceso es nuevo, es más probable que el punto de interés se ubique fuera de la primera región experimental propuesta, en este caso primero será necesario acercarse al punto para luego atraparlo (Gutierrez H., 2000).

3.16.5. Mejor tratamiento y punto óptimo

En particular, en los diseños factoriales completos el mejor tratamiento es el “tratamiento ganador”, desde el punto de vista estadístico. En cambio, el punto óptimo involucra que es mejor la combinación posible en toda la región de operabilidad, por ende es un reto más fuerte para el experimentador y requiere de una estrategia más completa, que incluye la posibilidad de realizar varios experimentos en forma secuencial y el uso de otras técnicas de análisis (Gutierrez H., 2000, pág. 228).

Las curvas de nivel o isolineas, representan el verdadero comportamiento de las respuestas, el cual tiene un punto óptimo localizado en el centro de la elipse más pequeña, que se encuentra fuera de la región experimental a un costado de la cima; cada curva de nivel representa puntos sobre la montaña que tiene la misma altura. El problema es encontrar la combinación (X_{01} , X_{02}) que da por resultado el rendimiento óptimo del proceso (Gutierrez H., 2000).

Por otro lado, la mejora tratamiento o “tratamiento ganador” es la combinación de niveles ($X_1=1$, $X_2=1$), que resultaría analizar el experimento 2^2 con punto al centro. El tratamiento ganador sea el punto experimental más cercano al verdadero punto óptimo, sobre todo si el experimento inicial tiene una buena región experimental (Gutierrez H., 2000).

En algunos procesos ocurrirá que el tratamiento ganador resulta ser casi tan bueno como el punto óptimo. Por ejemplo, si el tratamiento ganador proporciona un rendimiento de 98%, cuanta ganancia en términos económicos representa el 2%, y de si el proceso tiene la capacidad de dar 100% de rendimiento (Gutierrez H., 2000).

3.16.6. Elementos de la MSR

La metodología de superficie de respuesta implica tres aspectos: diseño, modelo y técnica de optimización. El diseño y modelo piensan al mismo tiempo, y dependen del tipo de comportamiento que se espera de la respuesta. De manera específica el diseño puede ser de primera o segundo orden (plano o con curvatura, (Gutierrez H., 2000).

El diseño implica para optimizar un proceso se debe aplicar el diseño de experimentos, en particular para ajustar un modelo de regresión lineal múltiple, junto con sus elementos básicos que son: parámetros del modelo, modelo ajustado, significancia de modelo, prueba de falta de ajuste, residuos, predichos, intervalos de confianza para predichos y coeficientes de determinación (Gutierrez H., 2000).

El aspecto de optimización está formado para algunas técnicas matemáticas que sirven para que, dado un modelo ajustado, explorarlo a fin de obtener información sobre el punto óptimo.

Búsqueda II o de segundo orden: Etapa del MSR en la que se utiliza un diseño – modelo de segundo orden con el que se caracteriza adecuadamente la superficie de respuesta, incluyendo la curvatura. En el momento en que se detecta la presencia de curvatura, o bien, que la superficie es más complicada que un hiperplano, se corre o se completa un diseño de segundo orden para caracterizar mejor la superficie y modelar la curvatura. Con el modelo ajustado se terminan las condiciones óptimas de operación del proceso (Gutierrez H., 2000).

3.17. Modelos Estadísticos

La metodología de experimentos factoriales fraccionados con tres niveles asociada al análisis de superficie de respuesta es una herramienta fundamental de los métodos estadísticos, que provee informaciones seguras sobre el proceso, minimizando el empirismo que involucra las técnicas del tanteo y error Box Behnken (Gutierrez H., 2000).

Para modelar la superficie de respuesta de segundo orden se empleará el diseño central compuesto (DCCR) 2^2 , que consta de 4 puntos factoriales, 4 puntos axiales con replicas respectivamente y 4 repeticiones de puntos centrales dando un total de 48 tratamientos. Para los factores y la porción factorial de 2^2 , el valor de $\alpha \pm 1,414$ se logra la invariabilidad ante el giro (Mullen y Ennis, 1979 y Pastor et al., 1996). Los rangos y niveles de las variables independientes utilizados en la forma codificada y no codificada se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.
Factores y niveles del diseño experimental.

Factores/Niveles	-1.14	-1	0	1	1.14
Nano partículas de titanio (X1)	0.3	0.5	1	1.5	1.7
Peróxido de hidrógeno (X2)	0.9	1.5	3	4.5	5.1

Fuente: Propia del investigador

Tabla 11.

Variables Independientes e independientes en el tratamiento del agua residual del servicio de alimentación hospitalaria empleando DCCR.

Tratamientos	Variables independientes				Variables dependientes			
	1	2	Nano (TiO ₂)	(H ₂ O ₂)	DBO	DQO	SST	A/G
1	-1,00	-1,00	1.0	1.5	678	1205	601	276
2	-1,00	1,00	1.0	4.5	621	939	532	218
3	1,00	-1,00	1.5	1.5	759	1197	703	365
4	1,00	1,00	1.5	4.5	712	896	659	305
5	-1,41	0,00	0.3	3.0	896	1025	767	557
6	1,41	0,00	1.7	3.0	498	994	445	165
7	0,00	-1,41	1.0	0.9	399	1316	347	106
8	0,00	1,41	1.0	5.1	296	532	285	96
9	0,00	0,00	1.0	3.0	235	1009	185	40
10	0,00	0,00	1.0	3.0	276	1015	136	30
11	0,00	0,00	1.0	3.0	260	999	122	34
12	0,00	0,00	1.0	3.0	257	1006	156	38

Fuente: Propia del investigador

Los experimentos fueron ejecutados en orden aleatorio y el tratamiento de datos para comparar el efecto de los tratamientos. La variable dependiente (Y) fue generada en modelos de función lineal, cuadrática e interacción y los datos experimentales fueron ajustados al modelo polinomial de segundo orden constituye un hiperelipsoide o hiperbolide.

Las superficies de respuesta se caracterizan ajustando un modelo a los daos experimentales. Los modelos que utilizan en MSR son básicamente polinomios. De esta manera, si se tienen K factores, el modelo de segundo orden es:

$$y = \beta_0 + \sum_i^K \equiv 1\beta_i x_i + \sum_i^K \equiv 1\beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j=1}^K \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \dots \dots \dots \text{Ecuacion (1)}$$

K: Factores del modelo de segundo orden

Y: Es el valor o variable predicho por el modelo sobre el punto estacionario.

β_0 : Coeficiente intercepto

$\beta_i \beta_{ii} \beta_{ij}$: Coeficientes del modelo lineal, cuadrático e interacción, respectivamente

x_i y x_j : Valores codificados de las variables independientes

En superficie de respuesta se prefieren los modelos jerárquicos, ya que tienen un comportamiento más estable y suave que facilita la exploración de las superficies que representan.

3.17.1. Técnicas de optimización

Una vez que se tiene el modelo debidamente ajustado y validado se procede a explorar la superficie descrita por el modelo para encontrar la combinación de niveles en los factores que dan por resultados óptimos. Si el modelo no explica un mínimo de 70 % del comportamiento de la respuesta, en términos de R^2 no se recomienda utilizarlo para fines de optimización porque su calidad de predicción es mala (Gutierrez H., 2000).

3.18. Análisis estadístico

El modelo estadístico seleccionado fue el diseño central compuesto (DCCR) 2^2 , el cual permite visualizar la respuesta de factores y sus niveles de interés, evaluando la sensibilidad de estos en el tratamiento. El programa, en este caso es el Statistica 13.1 con un intervalo de confianza del 95% ($P < 0.05$). A través de este programa será posible analizar los efectos de las variables independientes. Para el análisis será utilizada la metodología de superficie de respuesta para generar un modelo cuadrático, se analizó por ANOVA el coeficiente de determinación del modelo (R^2 y R^2_{adj}). Conforme Barros Neto, Scarmino y Bruns (2001) y Khru y Cornell (1996), el coeficiente de determinación (R^2) mide la proporción de variación total de la respuesta que es explicada por el modelo, de modo cuanto mayor R^2 , esto es cuando más cercano a 1, menor será el error y mejor será el ajuste del modelo a las respuestas observadas Barros et al., (2003). Posteriormente será analizado el ajuste del modelo si es representativo y predictivo en la regresión a través de la prueba F y en el residuo a través $SS_{Residual} = SS_{Error \text{ puro}} + SS_{Falta \text{ de ajuste}}$ de la falta de ajuste y error puro.

$$SS_{Residual} = SS_{Error \text{ puro}} + SS_{Falta \text{ de ajuste}} \dots \dots \dots \text{Ecuacion 2.}$$

Dónde:

$SS_{Residual}$: Es la suma de cuadrados del error residual

$SS_{Error\ puro}$: Es la suma de cuadrado del error puro

$S_{Falta\ de\ ajuste}$: Es la suma de cuadrado de la falta de ajuste

Para que el modelo polinomial sea considerado representativo y predictivo en la regresión del modelo polinomial, el $F_{calculado}$ debe ser mayor que el $F_{calculado}$ García, (2012). Segun Bruns et al.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del agua residual

Las aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria del Instituto Nacional de Salud del Niño, San Borja (INSN, SB), pasan por un pre tratamiento (trampa de grasa), luego son vertidas al alcantarillado, generando diario hasta 59000 litros/día (59m^3), y mensual hasta 1777400 litros/mes (1777.4 m^3) de aguas residuales altamente contaminadas (Gestora Peruana de Hospitales (GEPEHO), 2019). El costo unitario del volumen residual generado es de S/3.576 soles y costo unitario del alcantarillado es de S/1.651 por cada 1000 Lt (1 m^3), haciendo un total de S/5.23 soles. Por lo tanto, el servicio de alimentación estaría pagando mensual S/9290.31 soles, esto indica sin aplicar los Valores Máximos Admisibles (VMA).

4.2. Caracterización inicial del agua residual (pre- tratamiento)

Tabla 12.

Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (pre-tratamiento).

Parámetros Físico - Químicos	VMA	Resultados (1) Pre - tratamiento	Unidades
Aceites y Grasas	100	954	mg/L
DBO ₅	500	980	mg/L
DQO	1000	1697	mg/L
Solidos Suspendidos Totales	500	864	mg/L

Fuente: Propia del investigador

Para conocer las características del agua residual, se realizó análisis a los parámetros fisicoquímicos consiguiendo los resultados, Demanda Química del Oxígeno (DQO) 1697 mg/L, Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO₅) 980 mg/L, Solidos Suspendidos Totales (SST) 864 mg/L, Aceites y Grasas (A y G) 954 mg/L, en el laboratorio AGQ Labs, Callao con acreditación en

el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Excediendo los parametros fisicoquimicos (Anexo 1) del Valores Maximos Admisibles (VMA).

De acuerdo, a las comparaciones que se realizaron entre los Valores Maximos Permisibles (VMA) y analisis del agua residual industrial (pre-tratamiento) que se adquirieron de la trampa de grasa proveniente del servicio alimentacion hospiltaria(INSN,SB), como resultado los parametros fisicoquimicos exceden significativamente.

Mediante el Decreto Supremo N° 021-2009 – VIVIENDA se aproaron los valores máximos admisibles (VMA), establecen límites de concentración de parámetros físicos y químicos en las aguas residuales generadas por las industrias y comercios antes de ser vertidas a la red pública a fin de evitar dañar la infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos, y asegurar su adecuado funcionamiento; garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas (VMA, 2019). Sin embargo, al vulnerar los estándares, las sanciones impuestas a los usuarios no domésticos (UND) se aplican de acuerdo a lo estipulado en el (Anexo 1), los 4 parámetros, de los cuales, si el (UND) excede, la empresa prestadora de servicios de saneamiento (EPS) tiene la facultad de agregar cobros adicionales como parte de multa por cada parámetro excedido, según rangos. El costo económico para el usuario es muy alto, aplicando esa sanción económica mensualmente, (VMA, 2019).

Tabla 13.
Definicion de rangos de parámetros.

RANGO	PARÁMETROS			
	DBO ₅	DQO	SST	Ay G
VMA (mg/L)	500	1000	500	100
Rango 1	500,1-550	1000,1-1100	500,1-550	100,1-150
Rango 2	550,1 - 600	1100,1 - 1200	550,1 - 600	150,1 - 200
Rango 3	600,1 - 1000	1200,1 - 2500	600,1 - 1000	200,1 - 450
Rango 4	1000,1 - 10 ⁴	2500,1 - 10 ⁴	1000,1 - 10 ⁴	450,1 - 10 ³
Rango 5	> a 10 ⁴	> a 10 ⁴	> a 10 ⁴	> a 10 ³

Las aguas residuales industriales del servicio de alimentación hospitalaria (INSN, SB), excede con los parámetros fisicoquímicos, para ello, se estableció límite de pago adicional por cada rango: DQO 1697 mg/L (Rango 3, más de 1000,1 a 2500, el límite de pago adicional es al 100% del importe facturado por servicio de alcantarillado); DBO5 980 mg/L (Rango 3, más de 600,1 a 1000, el límite de pago adicional es al 100% del importe facturado por servicio de alcantarillado); SST 864 mg/L (Rango 3, más de 600,1 a 100, el límite de pago adicional es al 100% del importe facturado por servicio de alcantarillado); Ay G 954 mg/L (Rango 4: más de 450,1 a 103, 10 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado).

Tabla 14.
Establecimiento de límite de pago adicional por cada rango.

RANGO	LÍMITE DE PAGO ADICIONAL
Rango 1	25% del importe facturado por servicio de alcantarillado
Rango 2	75% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 3	100% del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 4	10 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado
Rango 5	20 veces del importe facturado por el servicio de alcantarillado

Fuente: Valores Máximos Admisibles D.S.N° 021 -2019

Tabla 15.
Establecimiento de pesos específicos para cada uno de los parámetros: DBO5, DBQO, SST, A y G.

PARÁMETRO	ASIGNACIÓN PORCENTUAL
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	25%
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	35%
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	20%
Aceites y Grasas	20%

Fuente: Valores Máximos Admisibles D.S. N° 021 -2019

De acuerdo a la asignación porcentual del peso específico el DBO al 25% vierte 444.34 m³, DQO al 35% vierte 622.08 m³, SST al 20% vierte 355.47 m³, A y G al 20% vierte 355.47 m³, haciendo un total de 1777400 L/mes (1777,37 m³) de agua residual mensual.

De acuerdo a la asignación porcentual del peso específico el DBO al 25% vierte 444.34 m³, DQO al 35% vierte 622.08 m³, SST al 20% vierte 355.47 m³, A y G al 20% vierte 355.47 m³, haciendo un total de 1777400 L/mes (1777,37 m³) de agua residual mensual.

Tabla 16.
Factores por cada rango.

RANGO	FACTORES				TOTAL
	F DBO ₅	F DQO	F SST	F Ay G	
Asignación porcentual	25%	15%	20%	20%	
Rango 1	6%	9%	5%	5%	25%
Rango 2	19%	26%	15%	15%	75%
Rango 3	25%	35%	20%	20%	100%
Rango 4	250%	350%	200%	200%	10 veces más
Rango 5	500%	700%	400%	400%	20 veces más

Fuente: Valores Máximos Admisibles D.S. N° 021 -2019

El excedente adicional de los contaminantes presentes en el agua residual demuestra los parámetros fisicoquímicos: DBO₅ excede un 25 % de adicional 111.09 m³, con costo de S/ 2903.22; DQO excede un 35 % de adicional 217.73 m³, con costo de S/4389.67; SST excede un 20 % de adicional 124 m³, con costo de S/2508.38; A y G excede 200 %, de adicional 710.95 m³, con costo de 5574.19 m³. Generando así el costo mensual total a pagar a SEDAPAL de S/15375.47, para la descarga de aguas residuales no domesticas de acuerdo a los VMA (Anexo 1).

Por lo tanto, al emplear el proyecto “Eficiencia de oxidación foto catalítica heterogénea mediante nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria”, los límites de pago adicional por cada rango: DQO 532 mg/L, con rango 0 pago adicional S/0.0; DBO₅ 235 mg/L con rango 0 pago adicional S/0.0; SST 122 con rango 0 pago adicional S/0.0; Ay G 30 mg/L con rango 0 pago adicional S/0.0. Con el objetivo de

disminuir los distintos parámetros a concentraciones permitidas y dar el cumplimiento con especificaciones de vertido determinadas por las entidades competentes.

4.3. Agua residual después del tratamiento (post- tratamiento)

Tabla 17.

Resultados de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (post-tratamiento).

	Nanotitanio (mg/100mL)	Peróxido de oxígeno (mL/100mL)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	AG (mg/100mL)
1	0.5	1.5	678.0	1205.0	601.0	276.0
2	0.5	4.5	621.0	939.0	532.0	218.0
3	1.5	1.5	759.0	1197.0	703.0	365.0
4	1.5	4.5	712.0	896.0	659.0	305.0
5	0.3	3.0	896.0	1025.0	767.0	557.0
6	1.7	3.0	498.0	994.0	445.0	165.0
7	1.0	0.9	399.0	1316.0	347.0	106.0
8	1.0	5.1	296.0	532.0	285.0	96.0
9 (C)	1.0	3.0	235.0	1009.0	185.0	40.0
10 (C)	1.0	3.0	276.0	1015.0	136.0	30.0
11 (C)	1.0	3.0	260.0	999.0	122.0	34.0
12 (C)	1.0	3.0	257.0	1006.0	156.0	38.0

Fuente: Propia del investigador

Tabla 18.

Eficiencia del porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos después del post-tratamiento.

Tratamientos	DBO (mg/L)	DBO (%)	DQO (mg/L)	DQO (%)	SST (mg/L)	SST (%)	AG (mg/L)	AG (%)
1	678	30.8	1205	40.8	601	30.4	276	71.1
2	621	36.6	939	62.9	532	38.4	218	77.1
3	759	22.6	1197	41.5	703	18.6	365	61.7
4	712	27.3	896	66.5	659	23.7	305	68.0
5	896	8.6	1025	55.8	767	11.2	557	41.6
6	498	49.2	994	58.3	445	48.5	165	82.7
7	399	59.3	1316	31.6	347	59.8	106	88.9
8	296	69.8	532	96.7	285	67.0	96	89.9
9 (C)	235	76.0	1009	57.1	185	78.6	40	95.8
10 (C)	276	71.8	1015	56.6	136	84.3	30	96.9
11 (C)	260	73.5	999	57.9	122	85.9	34	96.4
12 (C)	257	73.8	1006	57.3	156	81.9	38	96.0

Fuente: Propia del investigador

El propósito de esta investigación fue determinar la eficiencia del proceso de oxidación foto catalítica heterogénea mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2), en aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria con altas cargas de contaminantes. Para ello se realizaron análisis del pre-tratamiento para determinar la concentración de carga de los contaminantes, se verifico que los resultados iniciales eran superiores a los Valores Máximos Admisibles (VMA), obteniendo como resultados parámetros fisicoquímicos como: DBO_5 980 mg/L, DQO 1697 mg/L, SST 864 mg/L, A y G 954 mg/L. Excediendo el nivel admisible establecidos. En la Tabla 17 y 18, se expone después de realizar el tratamiento de las aguas residuales industriales para determinar el proceso foto catalítico mediante la aplicación de 12 dosis a diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) (0.5, 0.5, 1.5, 1.5, 0.3, 1.7. 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, mg/L) y peróxido de hidrogeno al 40% (H_2O_2) (1.5, 4.5, 1.5, 4.5, 3.0, 3.0, 0.9, 5.1, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0 ml/L), con radiación lámpara UV marca Philips (40W, 254nm) tiempo de recirculación 2 horas de forma constante, con una temperatura de 38 °C. (Gil E., 2005), según las investigaciones con una gran variedad utilizada en la foto reactores, la potencia es un parámetro limitante del diseño y solo se puede variar en el intervalo de 30 W – 150 W. Por lo tanto, 40 W alcanza considerablemente resultados en los tiempos de operación estimados.

Donde, se obtuvo resultados de acuerdo a la estadística superficie de respuesta y curva de contorno, la remoción, oxidación y degradación de los parámetros fisicoquímicos como: DBO_5 235 mg/L con dosificación TiO_2 1mg/L y H_2O_2 3ml/L hasta 60% de remoción; DQO 532 mg/L con dosificación de TiO_2 1mg/L y H_2O_2 5.1 ml/L hasta 90% de remoción, SST 122 mg/L con dosificación de TiO_2 1mg/L y H_2O_2 3ml/L hasta 80%, A y G 30 mg/L con dosificación de TiO_2 1mg/L y H_2O_2 3ml/L hasta 90% de remoción. Demostrando que los parámetros fisicoquímicos se encuentran debajo de los valores máximos admisibles (VMA – Anexo N°1).

Torres (2014) indica que la eficiencia del proceso foto catalítico está gobernada por distintos parámetros que afectan a la velocidad de foto- oxidación, entre los que cabe destacar: distribución

espectral e intensidad de la radiación incidente, concentración del catalizador, concentración y tipo de oxidante, PH del medio y temperatura. El rango de concentraciones que reporta mayor porcentaje de degradación es TiO_2 0.5 mg/L y H_2O_2 3ml/L, son los mejores rendimientos en la degradación de los contaminantes fenólicos se presentaron a pH básico (aprox. 8.5). Se ha analizado, la influencia de estos parámetros en la eliminación de los contaminantes orgánicos e inorgánicos mediante la fotocatalisis heterogénea

Tolentino (2017) determino la eficiencia del proceso de oxidación foto catalítica empleando dióxido de titanio (TiO_2), en aguas residuales con cargas contaminantes de lavandería de un hospital a un pH = 4, donde obtuvo resultados de degradación de DQO sin presencia de H_2O_2 de 34.21%, y con de H_2O_2 35.27%. (Edison Gil, 2004), obtuvo resultados de degradación de la DQO sin presencia de H_2O_2 de 26.49% y con presencia de H_2O_2 de 41.8%, estas aguas fueron tomadas de lavandería no hospitalaria, por lo que ambos resultados no son distantes de una eficiencia de degradación. De acuerdo a las investigaciones realizadas se aplicó H_2O_2 , por su importancia de activar al catalizador de nano partículas de TiO_2 y la eficiencia en el tratamiento. Estudios anteriores muestran que la materia orgánica del efluente puede ser degradada por medios oxidantes como el H_2O_2 , aplicando UV, el H_2O_2 necesita de un catalizador que le permita incrementar su velocidad de generación de radical hidroxilo. Un exceso de peróxido de hidrogeno en el sistema puede reducir su eficiencia.

Camachin (2012) determino según los estudios realizados donde se ha empleado nano partículas dióxido de titanio (TiO_2), luz ultravioleta (UV) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), para degradar compuestos orgánicos han reportado que hay una relación molar óptima con los compuestos orgánicos. Cuando la concentración de H_2O_2 es demasiada baja, la velocidad de reacción es lenta al inicio de la descomposición del H_2O_2 . Las altas concentraciones de H_2O_2 hacen que él se convierta en consumidor de radical hidroxilo volviéndose una competencia para la degradación de los contaminantes y la disminución de velocidad de reacción de la foto degradación.

Domenech (2004) menciona que se requieren diversas concentraciones de H_2O_2 , dependiendo del contaminante a tratar. Hay que tener en cuenta que altas concentraciones de H_2O_2 se reproducen reacciones competitivas con un efecto inhibitorio. Se elige el intervalo de operación de 1 a 3 ml/ L a de peróxido de hidrogeno para el caso de estudio, por tratarse de un agente coayudante del proceso. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos para la eficiencia de remoción, oxidación y degradación de los parámetros DQO, SST, A y G se aplicó la concentración optima 3ml/L de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) al 40%, lo cual se encuentra dentro de los rangos de investigación.

El agua residual industrial se encontraba al inicio con pH 5.3 (ácido), donde se elevó el pH con gotas de hidróxido de sodio (NaOH) a 9.1 del agua residual a tratar. A pesar de que el TiO_2 es anfótero y funciona adecuada y eficientemente a pH básicos, el rango de operación para el caso de estudios fue seleccionado a pH 9.1. Edison (2004), de acuerdo a los reportes bibliográficos para procesos foto catalíticos a menor pH se presentan mayor eficiencia de degradación de contaminantes, sin embargo, ocurre limitaciones de tipo químico como la formación de especies volátiles de contaminantes no permiten un tratamiento efectivo, por ende, es recomendable trabajar con un pH de 9 a 11. Al modificar el pH puede cambiar la intensidad de color de la muestra. Chávez (2005) de igual forma, el aumento en la intensidad de la radiación y en la concentración del peróxido de hidrogeno aumentan las condiciones oxidativas lo cual se refleja en una mayor degradación del contaminante.

El tiempo de recirculación conveniente para que las partículas de nano partículas TiO_2 , y H_2O_2 , tuviera efecto en la eficiencia de degradación de los contaminantes presentes en las aguas residuales industriales del servicio de alimentación hospitalaria, fue de 2 horas de forma constante. Este resultado fue comparado con Edison (2004), ya que muestra valores de recirculación similares de 2 horas como máximo y 1 hora como mínimo.

El incremento de la temperatura es una alternativa aplicada en estudios anteriores para acelerar la velocidad de reacción. Sin embargo, al sobrepasar cierto grado de temperatura, ocurre una

descomposición acelerada de peróxido de hidrogeno en oxígeno y agua. Torres (2004) según las investigaciones, reportan variaciones considerables en la remoción de materia orgánica de agua residual, el rango recomendable de la temperatura se encuentra entre 25 °C y 45°C a presión atmosférica.

4.4. Resultados del ANOVA para la cuantificación del DBO₅ (mg/L)

Tabla 19.

Resultados de la ANOVA para la cuantificación del DBO₅ (ml/L).

	SC	GL	CM	F-valor	p-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	18734.7	1	18734.7	65.813	0.003915
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	444820.5	1	444820.5	1562.601	0.000036
(2)Peróxido de Hidrogeno (mL/100mL)(L)	7778.2	1	7778.2	27.324	0.013621
Peróxido de Hidrogeno (mL/100mL)(Q)	49342.5	1	49342.5	173.334	0.000947
1L y 2L	25.0	1	25.0	0.088	0.786296
Lack of Fit	121327.3	3	40442.4	142.069	0.000990
Pure Error	1.2532	3	0,3615		
Total SS	602972.9	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, MS: cuadrados medios

En la Tabla 19 el análisis de varianza para la cuantificación del DBO₅, aplicando la fotocatalisis mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (Q), resulta significativo (p<0.000036), los efectos principales del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (Q) resulta significativo (p<0.000947) en la remoción del DBO₅. Por otra parte, R² = 0.977 indica que los efectos incluidos en el modelo ajustado de la nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (L) y la interacción de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (L) no fue significativa (p=0.786296) presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de cuantificación del DBO₅ y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo,

se observa que la falta de ajuste del modelo es significativa, quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2), para una remoción eficiente del DBO_5 .

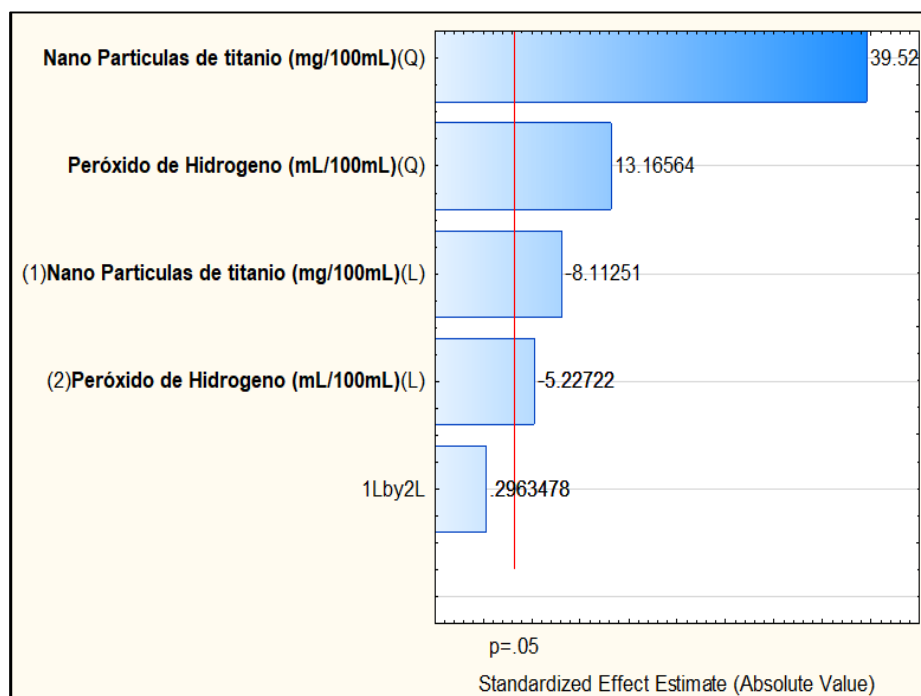


Figura 6. Diagrama de Pareto para el efecto de la variable DBO_5 .

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 6, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre la cuantificación del DBO_5 , aplicando la fotocatalisis mediante la nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) (mL/L) muestra que las variables nano partículas de dióxido de titanio (L-Q), peróxido de hidrogeno (L-Q) y la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (L) y peróxido de hidrogeno (L) muestra los resultados de regresión lineal son estadísticamente significativos ($p=0,05$). Lo que implica que estas variables son determinantes

para la cuantificación del DBO, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio (Q), seguida del peróxido de hidrogeno (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (1L) y peróxido de hidrogeno (2L) como un parámetro significativo para verificar mejor la cuantificación del DBO₅ demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, TiO₂ (Q), H₂O₂ (Q), TiO₂ (1L), H₂O₂ (2 L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (Q) tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla20.

Regresión lineal para el porcentaje de cuantificación del DBO5.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	1850.94	1.61975	35.8573	0.000048	1686.67	2015.22
(1)Nanotitanio (mg/100mL)(L)	-2246.18	1.88606	-34.6173	0.000053	-2452.68	-2039.68
Nanotitanio (mg/100mL)(Q)	1069.45	1.05440	39.5298	0.000036	983.35	1155.55
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	-261.68	7.62869	-12.0990	0.001215	-330.52	-192.85
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	39.58	3.00604	13.1656	0.000947	30.01	49.14
1L by 2L	3.33	6.24805	0.2963	0.786296	-32.46	39.13

Fuente propia del investigador

En la Tabla 20 los resultados del coeficiente de regresión lineal, donde la primera muestra los valores de los efectos para la eficiencia de cuantificación del DBO₅ muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano

partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L_1) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L_2) con un valor ($p= 0.78$).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para la cuantificación de DBO_5 a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L:

$$Y = 1850.94 - 2246.18N + 1069.45N^2 - 261.68P + 39.58P^2$$

Dónde:

Y: Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO_5) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2) ml/L

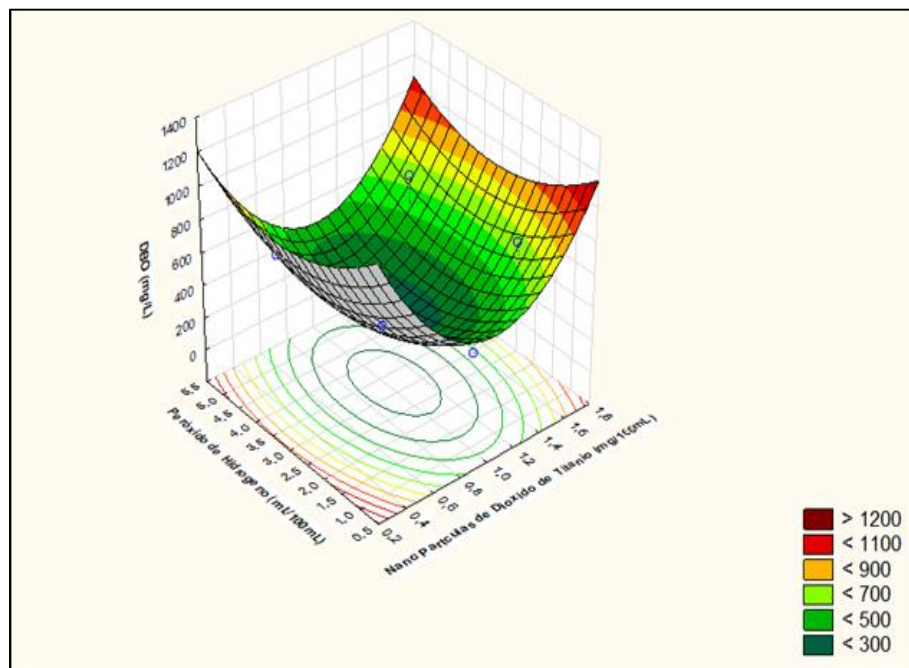


Figura 7. Curvas de contorno para la eficiencia del Nano Dióxido de Titanio para la cuantificación del DBO_5 .

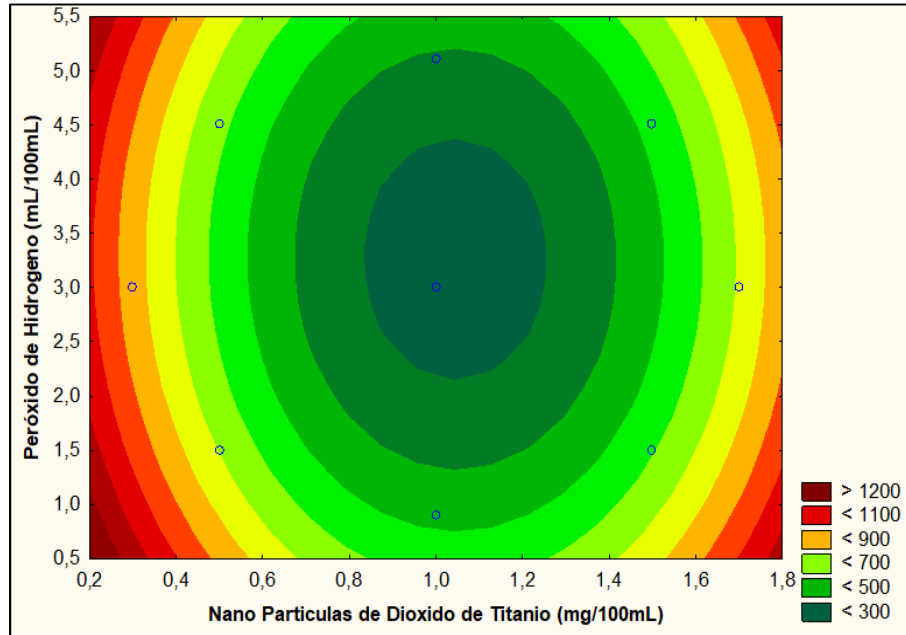


Figura 8. Superficie de Respuesta para la cuantificación del DBO5 mg/L.

En la Figura (7 y 8) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), la adición del peróxido de hidrogeno aumenta la velocidad de la remoción, siendo más efectiva los resultados de la cuantificación del DBO₅ mayores a (1200 mg/L) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis del DBO₅ a factores de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de hidrogeno ml/L.

4.5. Resultados del porcentaje de remoción del DBO₅ (%)

Tabla 21.

Resultados del ANOVA para el porcentaje de remoción del DBO.

	SC	GL	CM	F- valor	p-valor
(1)Nano partículas de titanio (mg/100mL)(L)	195.072	1	195.072	65.813	0.003915
Nano partículas titanio (mg/100mL)(Q)	4631.618	1	4631.618	1562.601	0.000036
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	80.989	1	80.989	27.324	0.013621
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	513.770	1	513.770	173.334	0.000947
1L by 2L	0.260	1	0.260	0.088	0.786296
Lack of Fit	1263.300	3	421.100	142.069	0.000990
Pure Error	0.892	3	1.964		
Total SS	6278.352	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, MS: cuadrados medios

En la Tabla 21 el análisis de varianza para el porcentaje de remoción del DBO₅, mediante el proceso de la fotocatalisis aplicando nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (Q), lo cual resulta estadísticamente significativa (p<0.000036), los efectos principales del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (Q) resulta significativo (p<0.000947) en la remoción del DBO₅. Por otra parte, R² = 0.977 indica que los efectos incluidos en el modelo ajustado de la nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (L) y la interacción de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (L) no fue significativa (p=0.786296) presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de reducción de la concentración DBO₅ y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo es significativa, quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo. Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar el porcentaje de remoción del Demanda Química del Oxígeno, a través de la aplicación a diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂).

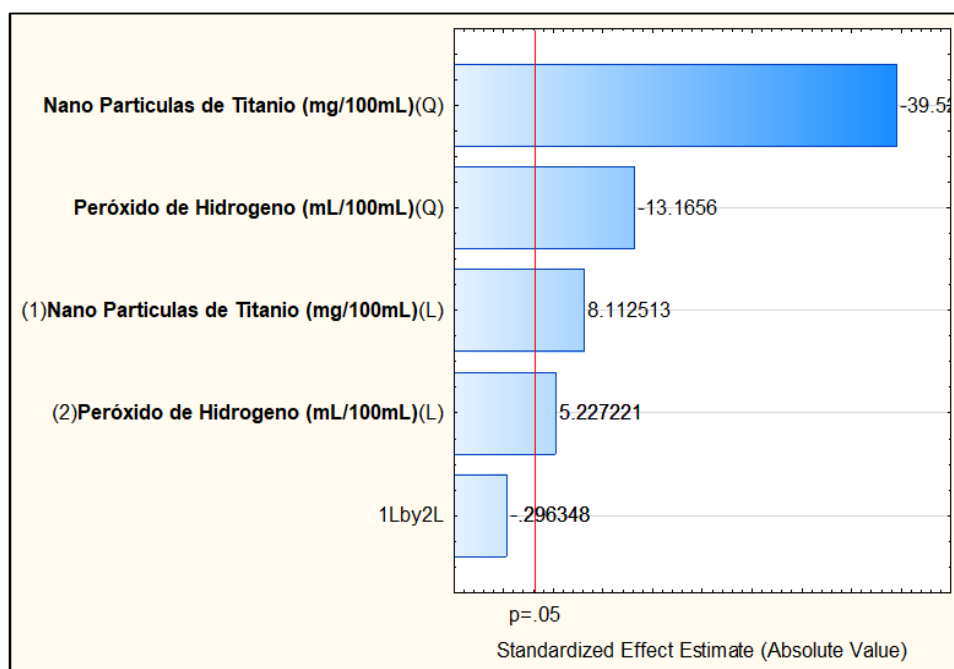


Figura 9. Diagrama de Pareto para la remoción del DBO5.

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 9, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre el porcentaje de remoción del DBO₅, mediante la fotocatalisis con nano partículas de dióxido de titanio (mg/L) y peróxido de hidrogeno (ml/L) muestra que las variables nano partículas de dióxido de titanio (L-Q), peróxido de hidrogeno (L-Q) y la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (L) y peróxido de hidrogeno (L) son estadísticamente significativos ($p=0,05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la remoción del DBO, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio (Q), seguida del peróxido de hidrogeno (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (1L) y peróxido de hidrogeno (2L) como un parámetro significativo para verificar mejor el porcentaje de remoción del DBO₅ demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, TiO₂ (Q), H₂O₂ (Q), TiO₂ (1L), H₂O₂ (2

L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) (Q) tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso. Según (Edison Gil, 2004), la interacción más relevante para el proceso de oxidación foto catalítica es el pH – TiO_2 . A medida que aumenta el pH, se produce un efecto negativo en la variable de respuesta cualquiera sea la concentración del catalizador, pero es más sensible el efecto del pH sobre la variable de respuesta a bajas concentraciones de TiO_2 , respectivamente, presentándose en ambos casos una sensibilidad similar a valores altos y bajos.

Tabla 22.
Regresión lineal para el porcentaje de remoción del DBO₅.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95.00%	95.00%
Mean/Interc.	-88.872	5.267322	-16.8723	0.0005	-105.64	-72.109
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	229.202	4.621027	34.6173	5E-05	208.131	250.273
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	-109.128	2.760653	-39.5298	4E-05	-117.91	-100.342
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	26.703	2.207009	12.099	0.0012	19.679	33.726
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	-4.038	0.306739	-13.1656	0.0009	-5.015	-3.062
1L by 2L	-0.34	1.14776	-0.2963	0.7863	-3.993	3.313

En la Tabla 22 los resultados del coeficiente de regresión lineal, donde la primera muestra los valores de los efectos para el porcentaje de remoción del DBO₅ muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (Ly Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (LyQ). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L1) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L₂) con un valor (p= 0.78).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para la remoción DBO₅ a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L:

$$Y = -88.872 + 229.202N - 109.128N^2 + 26.703P - 4.038P^2$$

Dónde:

Y: Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) ml/L

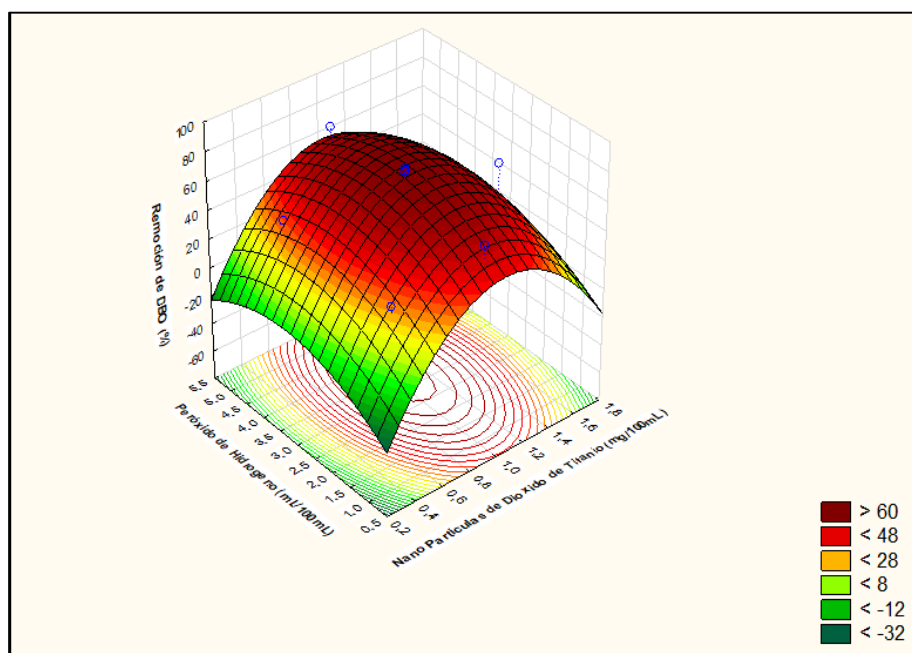


Figura 10. Curvas de contorno para la remoción del DBO.

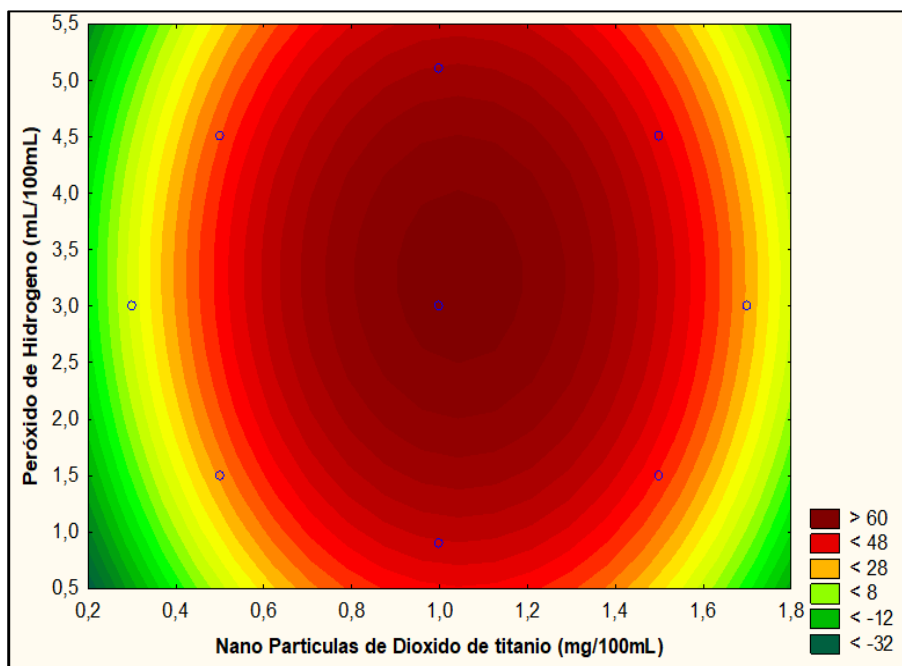


Figura 11. Superficie de Respuesta para la Remoción del DBO.

En la Figura (10 y 11) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), la adición del peróxido de hidrogeno aumenta la velocidad de la remoción, siendo más efectiva los resultados del DBO5 mayores a (60%) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis del DBO5 a factores de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de hidrogeno ml/L. De esta forma estadísticamente demostramos que el tratamiento realizado fue eficiente en un 60% para la remoción del DBO5.

4.6. Resultados del ANOVA para la cuantificación del DQO (mg/L)

Tabla 23.

Resultados de la ANOVA para la cuantificación del DQO (ml/L).

	SC	GL	CM	F- Valor	p-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	1125.2	1	1125.2	25.428	0.015039
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	4021.6	1	4021.6	90.884	0.002448
(2)Peróxido de hidrogeno(mL/100mL)(L)	349860.2	1	349860.2	7906.446	0.000003
Peróxido de hidrogeno (mL/100mL)(Q)	2061.3	1	2061.3	46.583	0.006435
1L by 2L	306.3	1	306.3	6.921	0.078274
Lack of Fit	54909.9	3	18303.3	413.634	0.000201
Pure Error	1.347	2	2.42		
Total SS	413780.9	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, CM: cuadrados medios

En la Tabla 23 el análisis de varianza para la cuantificación del DQO, aplicando peróxido de hidrogeno ml/L (L) resulta estadísticamente significativo ($p=0.000003$), empleando nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q) ($p=0.002448$) resulta estadísticamente significativo para la cuantificación del DQO. Sin embargo, la interacción lineal (L) de los adsorbentes nano partículas de dióxido de titanio mg/100L (1L) y el peróxido de hidrogeno ml/L (2L) resulta estadísticamente no significativa ($p= 0.078274$). Presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de cuantificación del DQO y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo estadísticamente es significativa (Lack of fit) $p= 0.000201$ quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio mg/L (TiO₂) y peróxido de hidrogeno ml/L (H₂O₂), para una remoción eficiente del DQO.

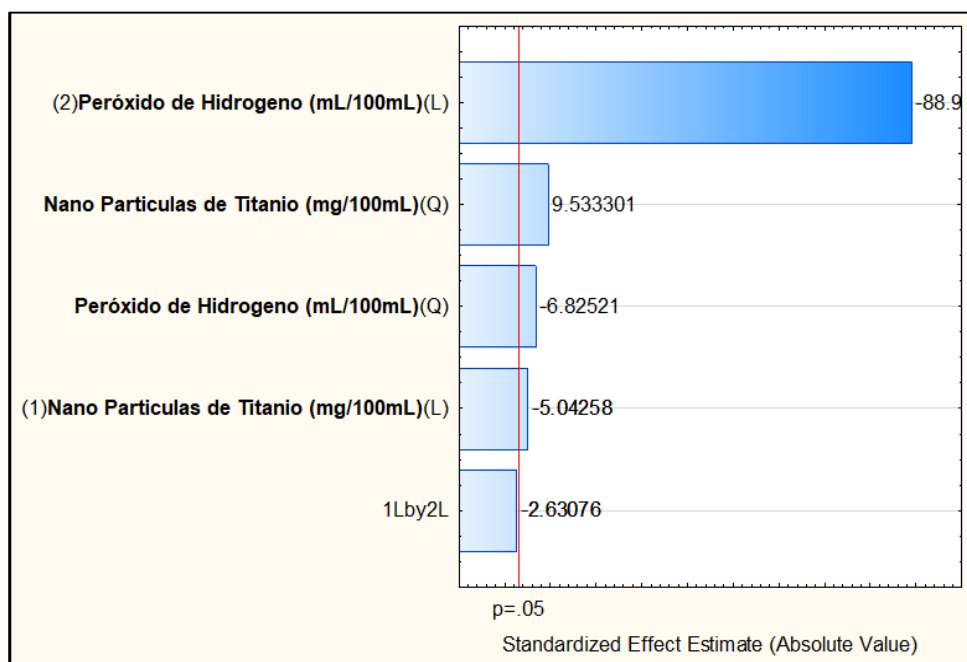


Figura 12. Diagrama de Pareto para eficiencia de cuantificación de DQO

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 12, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre la cuantificación del DQO, muestra que las variables peróxido de hidrogeno ml/L (2L-Q) y nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q-1L) son estadísticamente significativos ($p=0.05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la cuantificación del DQO, pero la variable que mayor influencia presenta es peróxido de hidrogeno (ml/L) (2L), seguida de nano partículas de dióxido de titanio (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de peróxido de hidrogeno (2L) y nano partículas de dióxido de titanio (1L) como un parámetro significativo para verificar mejor la cuantificación del DQO demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, H_2O_2 (L), TiO_2 (Q), TiO_2 (1L), H_2O_2 (2L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) (L), tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla 24.
Regresión para la cuantificación del DQO.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	1444.395	2.35187	70.97114	0.000006	1379.626	1509.164
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-192.214	2.58231	-7.51357	0.004885	-273.629	-110.800
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	101.688	1.66661	9.53330	0.002448	67.742	135.634
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	-79.917	4.52744	-9.37171	0.002573	-107.055	-52.779
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	-8.089	1.18518	-6.82521	0.006435	-11.861	-4.317
1L by 2L	-11.667	4.43471	-2.63076	0.078274	-25.780	2.447

En la Tabla 24 los resultados del coeficiente de regresión, donde la primera muestra los valores de los efectos para la eficiencia de cuantificación del DQO muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L1) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L₂) con un valor (p= 0.078).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para la cuantificación de DQO a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L:

$$Y = 1444.395 - 192.214N + 101.688N^2 - 79.917P - 8.089P^2$$

Dónde:

Y: Demanda Química del Oxígeno (DQO) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) ml/L

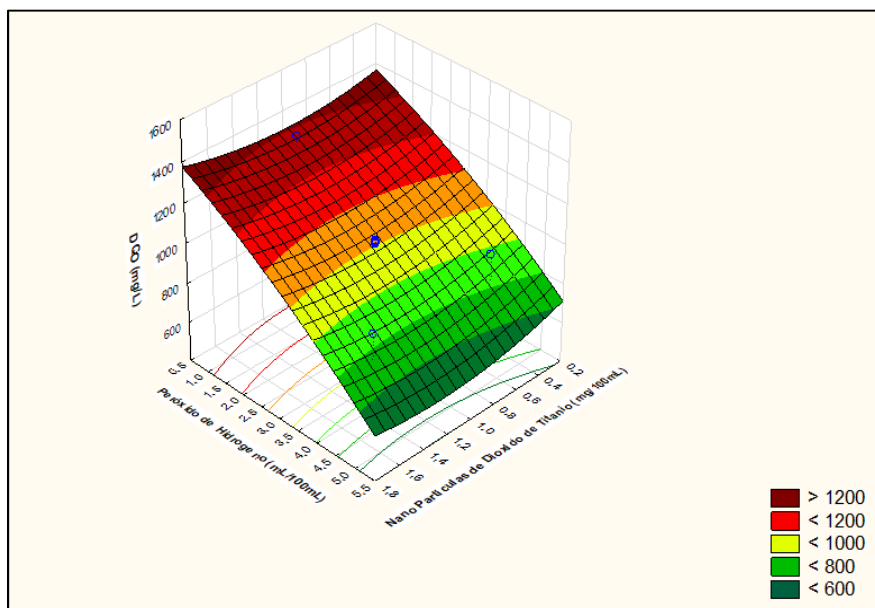


Figura 13. Curva del contorno para la cuantificación del DQO.

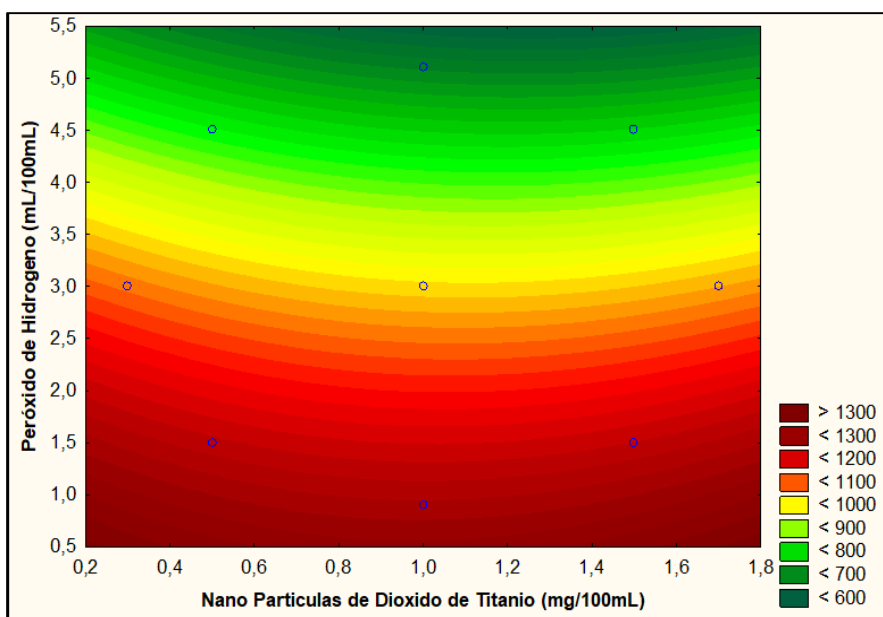


Figura 14. Superficie de Respuesta para la cuantificación del DQO

En la Figura (13 y 14) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), la adición del peróxido de hidrogeno aumenta la velocidad de la remoción, siendo más efectiva los resultados de la cuantificación del DQO. De acuerdo a las curvas de contorno los resultados de cuantificación del DQO será mayores a (1300 mg/L) y resultados de cuantificación mediante la superficie de respuesta (1200 mg/L) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis del DQO a factores de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de hidrogeno ml/L.

4.7. Resultados del porcentaje de remoción del DQO (%)

Tabla 25.

Resultados de la ANOVA para la remoción del DQO aplicando el proceso de fotocátalisis con nanopartículas TiO₂ y H₂O₂.

	SC	GL	CM	F- Valor	p-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	7.749	1	7.749	25.428	0.015039
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	27.697	1	27.697	90.884	0.002448
(2)Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(L)	2409.464	1	2409.464	7906.446	0.000003
Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(Q)	14.196	1	14.196	46.583	0.006435
1L by 2L	2.109	1	2.109	6.921	0.078274
Lack of Fit	378.161	3	126.054	413.634	0.000201
Pure Error	0.914	3	0.305		
Total SS	2849.682	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, CM: cuadrados medios

En la Tabla 25 el análisis de varianza para la cuantificación del DQO, aplicando peróxido de hidrogeno ml/L (L) resulta estadísticamente significativo (p=0.000003), empleando nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q) (p=0.002448) resulta estadísticamente significativo para el porcentaje de remoción del DQO. Sin embargo, la interacción lineal (L) de los adsorbentes nano partículas de dióxido de titanio mg/100L (1L) y el peróxido de hidrogeno ml/L (2L) resulta

estadísticamente no significativa ($p= 0.078274$). Presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de reducción de la concentración del DQO y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo estadísticamente es significativa (Lack of fit) $p= 0.000201$ quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio mg/L (TiO_2) y peróxido de hidrogeno ml/L (H_2O_2), para evaluar el porcentaje de remoción eficiente del DQO.

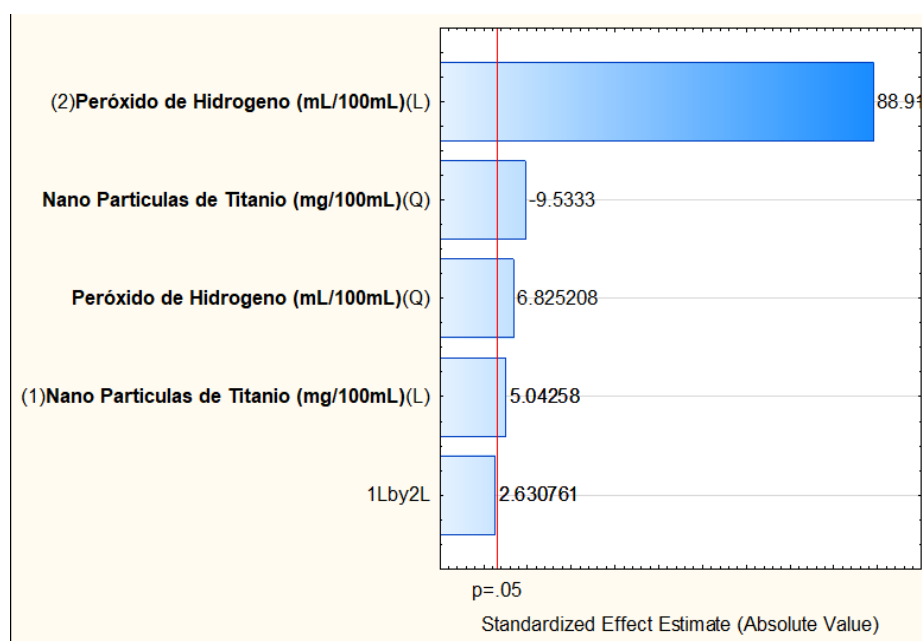


Figura 15. Diagrama de Pareto para la remoción del DQO.

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 15, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre el porcentaje de remoción del DQO, muestra que las variables peróxido de hidrogeno ml/L (2L-Q) y nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q-1L) son estadísticamente significativos ($p=0.05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la remoción del DQO, pero la variable que

mayor influencia presenta es peróxido de hidrogeno (ml/L) (2L), seguida de nano partículas de dióxido de titanio (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de peróxido de hidrogeno (2L) y nano partículas de dióxido de titanio (1L) como un parámetro significativo para verificar mejor la remoción del DQO demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, H₂O₂ (L), TiO₂ (Q), TiO₂ (1L), H₂O₂ (2L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (L), tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla 26.
Regresión lineal para la cuantificación del DBO5.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	20.96305	1.688952	12.41187	0.001127	15.5881	26.33805
(1)Nanotitanio (mg/100mL)(L)	15.95140	2.123013	7.51357	0.004885	9.1950	22.70777
Nanotitanio (mg/100mL)(Q)	-8.43884	0.885196	-9.53330	0.002448	-11.2559	-5.62175
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	6.63209	0.707671	9.37171	0.002573	4.3800	8.88421
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	0.67129	0.098355	6.82521	0.006435	0.3583	0.98430
1L by 2L	0.96819	0.368026	2.63076	0.078274	-0.2030	2.13941

En la Tabla 26 los resultados del coeficiente de regresión lineal, donde la primera muestra los valores de los efectos para el porcentaje de remoción del DQO muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único

que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L_1) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L_2) con un valor ($p= 0.078$).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para el porcentaje de remoción del DQO a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L:

$$Y = 20.96305 + 15.95140N - 8.43884N^2 + 6.63203P + 0.67129P^2$$

Dónde:

Y: Demanda Química del Oxígeno (DQO) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2) ml/L

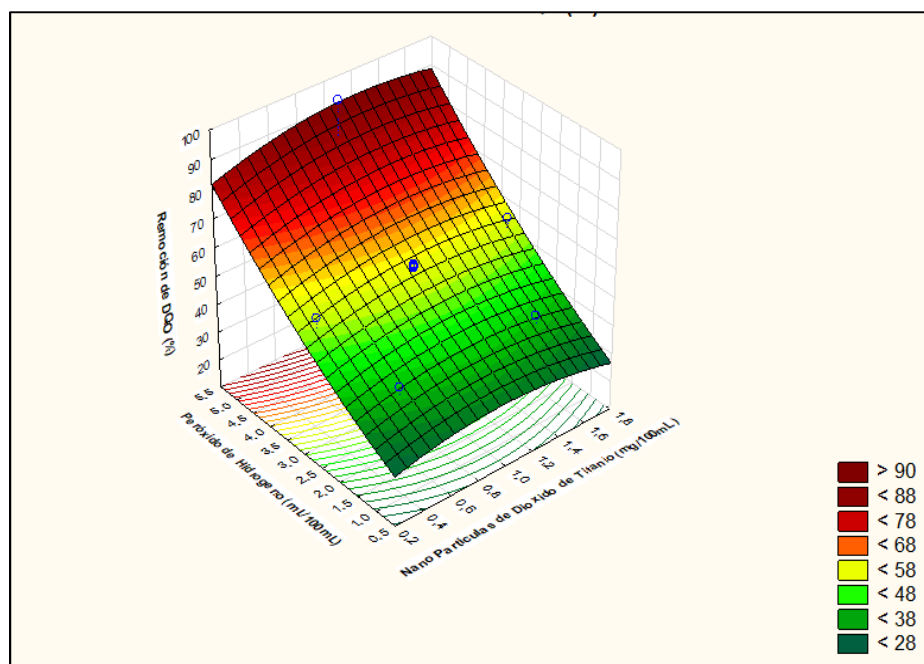


Figura 16. Curvas de contorno para la remoción del DQO.

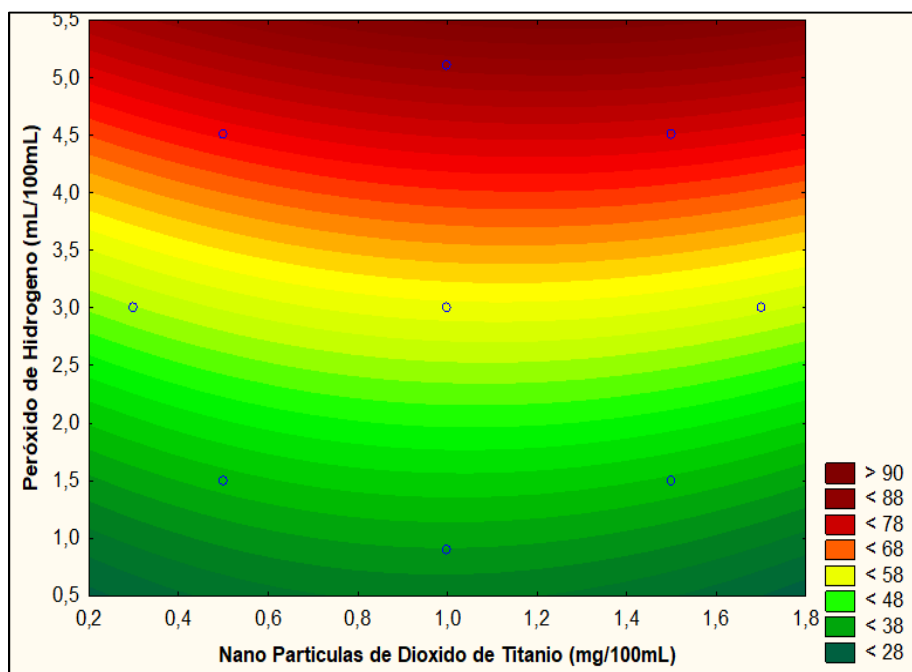


Figura 17. Superficie de Respuesta para la remoción del DQO

En la Figura (16 y 17) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de Hidrogeno ml/L en el análisis inicial (%), en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L). De acuerdo a las curvas de contorno y superficie de respuesta obtendremos resultados de remoción o degradación del DBO5 mayores a (90%) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis del DBO5 a factores de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de hidrogeno ml/L. De esta forma estadísticamente demostramos que el tratamiento realizado fue eficiente en un 90% para la remoción DQO.

4.8. Resultados del ANOVA para la cuantificación de SST (mg/L)

Tabla 27.

Resultados del ANOVA para la cuantificación de solidos suspendidos totales (SST).

	SC	GL	CM	F - valor	P - valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	6211.5	1	6211.5	8.3162	0.063333
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	465335.7	1	465335.7	623.0088	0.000141
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	5040.4	1	5040.4	6.7483	0.080533
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	98009.8	1	98009.8	131.2192	0.001428
1L by 2L	156.3	1	156.3	0.2092	0.678490
Lack of Fit	106737.2	3	35579.1	47.6346	0.004974
Pure Error	0.2408	1	1.469		
Total SS	620617.0	11			

$R^2=0.977$, R^2 -ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, MS: cuadrados medios

En la Tabla 27 el análisis de varianza para la cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales, aplicando la fotocatalisis mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) (Q), resulta significativo ($p<0.0000141$), los efectos principales del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) (Q) resulta significativo ($p<0.0001428$) en la remoción de los Solidos Suspendidos Totales Por otra parte, $R^2 = 0.977$ indica que los efectos incluidos en el modelo ajustado de la nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) (L) y la interacción de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) (L) no fue significativa ($p=0.678490$) presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de cuantificación de los Solitos Suspendidos Totales y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo es significativa, quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2), para una remoción eficiente de los Solidos Suspendidos Totales

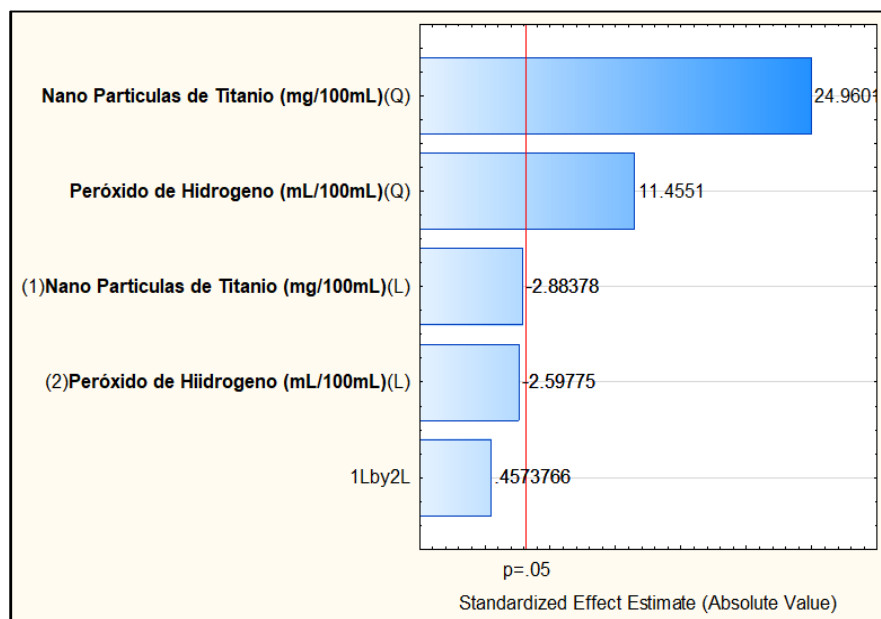


Figura 18. Diagrama de Pareto para el efecto de la variable SST

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 18, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre la cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales, aplicando la fotocátalisis mediante la nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) (mL/L) muestra que las variables nano partículas de dióxido de titanio (Q), peróxido de hidrogeno (Q), muestra los resultados de regresión lineal son estadísticamente significativos ($p=0,05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio (Q), seguida del peróxido de hidrogeno (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (1L) y peróxido de hidrogeno (2L) seguida por las nano partículas de dióxido de titanio (L) y peróxido de hidrogeno (L) como un parámetro significativo para verificar mejor la cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, TiO_2 (Q), H_2O_2 (Q).

Esto indica que un cambio de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) (Q) tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla 28.

Resultados de coeficientes de regresión lineal para la eficiencia de cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales (SST).

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	95.%	95.%
Mean/Interc.	1875.49	3.6149	22.4301	0.000194	1609.39	2141.59
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-2268.69	0.1040	-21.5852	0.000218	-2603.17	-1934.20
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	1093.84	3.8234	24.9601	0.000141	954.37	1233.30
(2)Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(L)	-359.82	1.0347	-10.2704	0.001968	-471.31	-248.32
Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(Q)	55.78	4.8693	11.4551	0.001428	40.28	71.27
1L by 2L	8.33	1.2199	0.4574	0.678490	-49.65	66.32

En la Tabla 28 los resultados del coeficiente de regresión lineal, donde la primera muestra los valores de los efectos para la eficiencia de cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L1) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L2) con un valor ($p= 0.67$).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para la cuantificación de los Solidos Suspendidos Totales a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L:

$$Y = 1875.49 - 2268.69N + 1093.84N^2 - 359.82P + 55.78P^2$$

Dónde:

Y: Solidos Suspendidos Totales (SST) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) ml/L

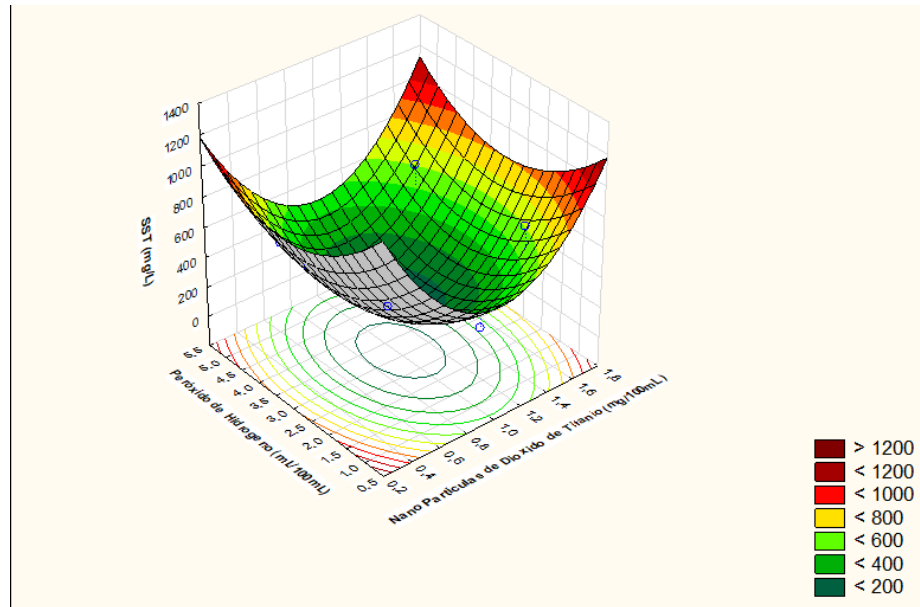


Figura 19. Curvas de contorno para la eficiencia del Nano Dióxido de Titanio de la cuantificación del SST.

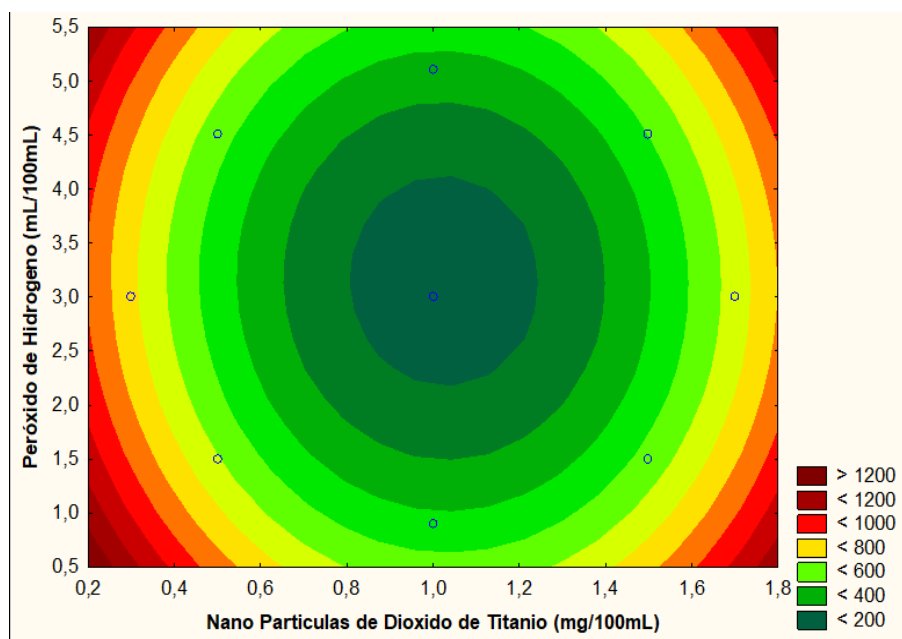


Figura 20. Superficie de Respuesta para la cuantificación del SST mg/L

En la Figura (19 y 20) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), que obtendremos resultados de Solidos Suspendidos Totales menores a (200 mg/L) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. De esta forma la estadística muestra los resultados para el parámetro de Solidos Suspendidos Totales superan los valores máximos permisibles y se necesita de un tratamiento óptimo que reduzca a gran escala. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis del Solidos Suspendidos Totales a factores de nano partículas de Dióxido de Titanio mg/L y Peróxido de Hidrogeno ml/L.

4.9. Resultado del porcentaje de remoción de SST (%)

Tabla 29.

Resultados del ANOVA para la remoción de solidos suspendidos totales (SST).

	SC	GL	CM	F-valor	p-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	83.209	1	83.209	8.3162	0.063333
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	6233.599	1	6233.599	623.0088	0.000141
(2)Peróxido de Hidrogeno (mL/100mL)(L)	67.521	1	67.521	6.7483	0.080533
Peróxido de Hidrogeno (mL/100mL)(Q)	1312.932	1	1312.932	131.2192	0.001428
1L by 2L	2.093	1	2.093	0.2092	0.678490
Lack of Fit	1429.843	3	476.614	47.6346	0.004974
Pure Error	0.017	3	0.006		
Total SS	8313.735	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, MS: cuadrados medios

En la Tabla 29 el análisis de varianza para el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales, mediante el proceso de la fotocátalisis aplicando nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (Q), lo cual resulta estadísticamente significativa (p<0.000141), los efectos principales del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (Q) resulta significativo (p<0.001428) en la remoción de los Solidos Suspendidos Totales. Por otra parte, R² = 0.977 indica que los efectos incluidos en el modelo ajustado de las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) (L) y la interacción de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (L) no fue significativa (p=0.678490) presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de reducción de la concentración de los Solidos Suspendidos Totales y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo es significativa, quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales, a través de la aplicación a diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂).

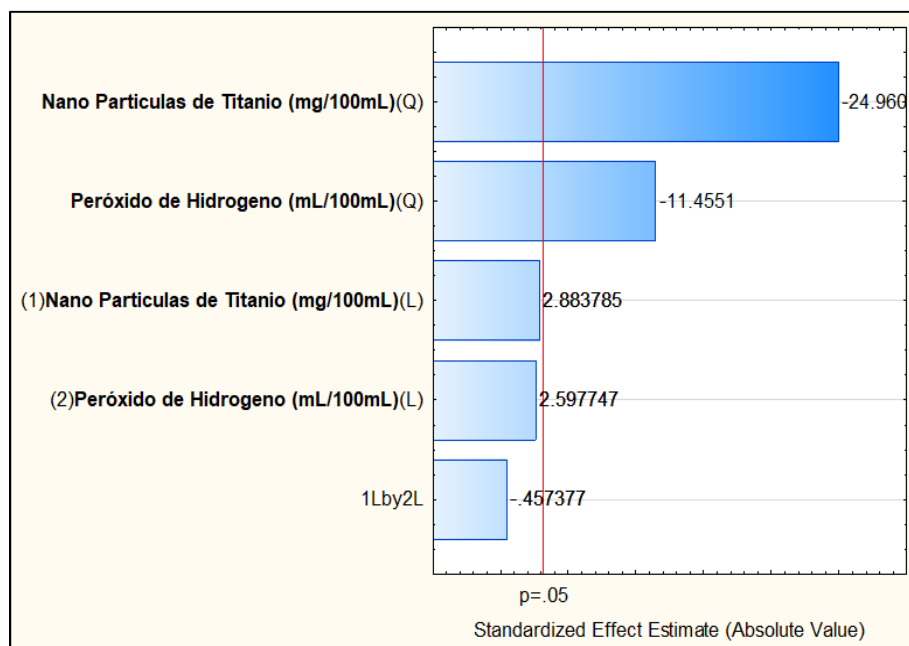


Figura 21. Diagrama de Pareto para la remoción de SST.

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 21, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales, mediante la fotocatalisis con nano partículas de dióxido de titanio (mg/L) y peróxido de hidrogeno (ml/L) muestra que las variables nano partículas de dióxido de titanio (Q), peróxido de hidrogeno (Q) son estadísticamente significativos ($p=0,05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la remoción de los Solidos Suspendidos Totales, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio (Q), seguida del peróxido de hidrogeno (Q). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de nano partículas de dióxido de titanio (1L), peróxido de hidrogeno (2L) y las nano partículas de dióxido de titanio (L) y peróxido de hidrogeno (L) como un parámetro significativo para verificar mejor el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, TiO_2 (Q), H_2O_2 (Q). Esto indica que un cambio de nano partículas de dióxido de

titanio (TiO₂) (Q) tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Según (Edison Gil, 2004), la interacción más relevante para el proceso de oxidación foto catalítica es el pH –TiO₂. A medida que aumenta el pH, se produce un efecto negativo en la variable de respuesta cualquiera sea la concentración del catalizador, pero es más sensible el efecto del pH sobre la variable de respuesta a bajas concentraciones de TiO₂, respectivamente, presentándose en ambos casos una sensibilidad similar a valores altos y bajos.

Tabla 30.

Resultados de coeficientes de regresión para el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales (SST).

		Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %
Mean/Interc.		-117.071	2.67765	-12.0970	0.001216	-147.869	-86.272
(1)Nano	titanio	262.579	1.16481	21.5852	0.000218	223.865	301.293
(mg/100mL)(L)							
Nano	titanio	-126.602	3.07215	-24.9601	0.000141	-142.743	-110.460
(mg/100mL)(Q)							
(2)Peróxido de	oxigeno	41.646	4.05494	10.2704	0.001968	28.741	54.550
(mL/100mL)(L)							
Peróxido de	oxigeno	-6.456	0.56357	-11.4551	0.001428	-8.249	-4.662
(mL/100mL)(Q)							
1L by 2L		-0.965	2.10878	-0.4574	0.678490	-7.676	5.747

En la Tabla 30 los resultados del coeficiente de regresión, donde la primera muestra los valores de los efectos para el porcentaje de remoción de los Solidos Suspendidos Totales muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (Ly Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (LyQ). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L1) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L2) con un valor (p= 0.67). La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas

para la remoción DBO₅ a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L:

$$Y = -117.071 + 262.579N - 126.602N^2 + 41.646P - 6.456P^2$$

Dónde:

Y: Solidos Suspendidos Totales (SST) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) ml/L

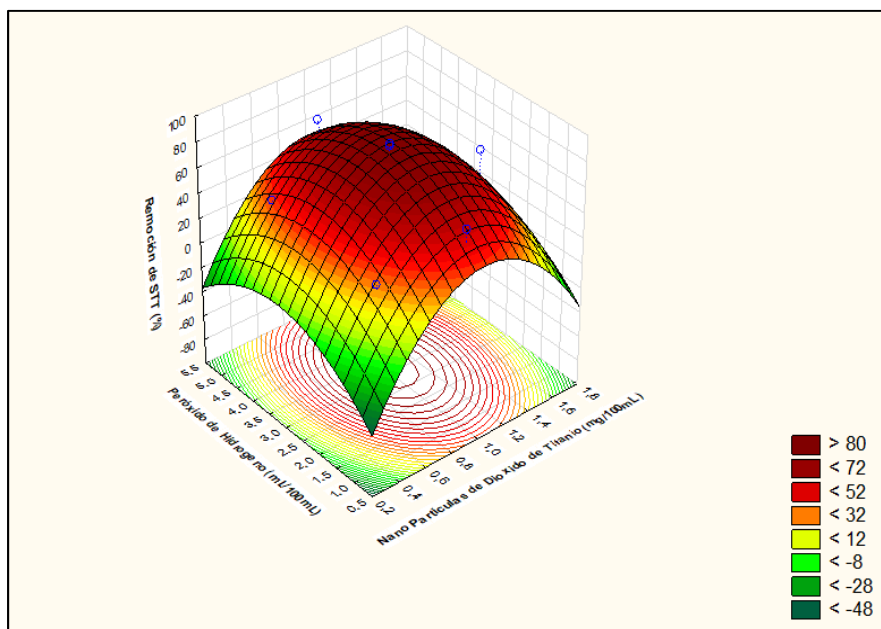


Figura 22. Curvas de contorno para la remoción de los SST.

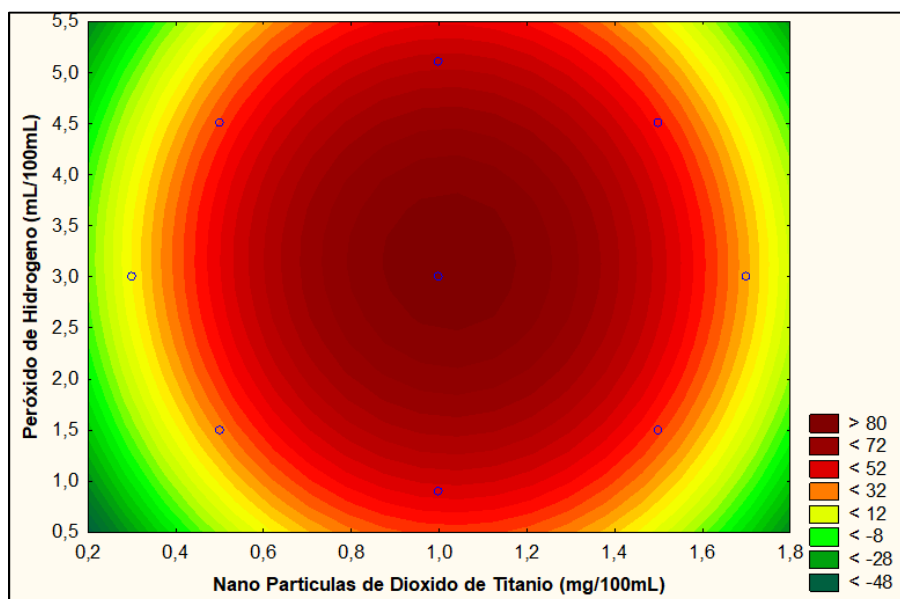


Figura 23. Superficie de Respuesta para la remoción de los SST.

Figura (22 y 23) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), que obtendremos resultados de remoción o degradación de los Solidos Suspendidos Totales mayores a (80%) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. De esta forma estadísticamente demostramos que el tratamiento realizado fue eficiente en un 80% para la remoción de los Solidos Suspendidos Totales

4.10. Resultados del ANOVA para la cuantificación de A y G (mg/L)

Tabla 31.

ANOVA para la cuantificación de Aceites y Grasas

	SC	GL	CM	F-valor	P-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	17548.0	1	17548.0	892.27	0.000082
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	203051.6	1	203051.6	10324.66	0.000002
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	2200.0	1	2200.0	111.86	0.001806
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	14329.1	1	14329.1	728.60	0.000112
1L by 2L	1.0	1	1.0	0.05	0.836083
Lack of Fit	74505.3	3	24835.1	1262.80	0.000038
Pure Error	2.590	3	1.3		
Total SS	298567.7	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, CM: cuadrados medios

En la Tabla 31 el análisis de varianza para la cuantificación de Aceites y Grasas (AG), aplicando peróxido de hidrogeno ml/L (L) resulta estadísticamente significativo ($p=0.001806$), empleando nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q) ($p=0.000112$) resulta estadísticamente significativo para la cuantificación de Aceites y Grasas. Sin embargo, la interacción lineal (L) de los adsorbentes nano partículas de dióxido de titanio mg/100L (1L) y el peróxido de hidrogeno ml/L (2L) resulta estadísticamente no significativa ($p= 0.836083$). Presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de cuantificación de Aceites Y Grasas y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo estadísticamente es significativa (Lack of fit) $p= 0.000038$ quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio mg/L (TiO₂) y peróxido de hidrogeno ml/L (H₂O₂), para una remoción eficiente de Aceites y Grasas.

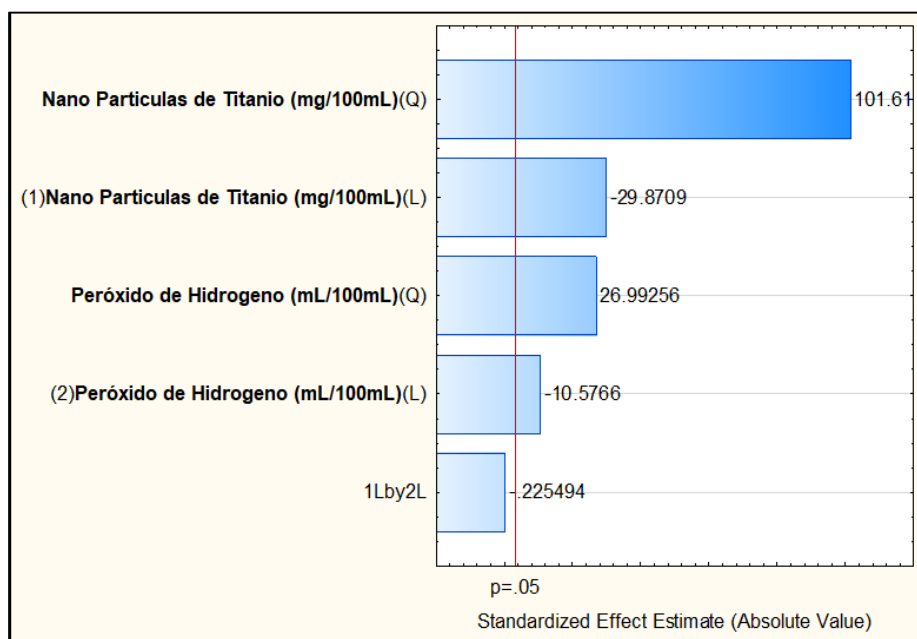


Figura 24. Diagrama de Pareto para eficiencia de cuantificación de aceites y grasas (AG).

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 24, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre la cuantificación de Aceites y Grasas, muestra que las variables peróxido de hidrogeno mL/L (2L-Q) y nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q-1L) son estadísticamente significativos ($p=0.05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la cuantificación de Aceites y Grasas, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio (Q), seguida de nano titanio (1L) Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de peróxido de hidrogeno (2L) y nano partículas de dióxido de titanio (1L) como un parámetro significativo para verificar mejor la cuantificación de Aceites y Grasas demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, H_2O_2 (L), TiO_2 (Q), TiO_2 (1L), H_2O_2 (2 L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de nano partículas de Dióxido de Titanio (TiO_2) (Q), tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla 32.

Coefficientes de regresión para la cuantificación de Aceites y Grasas.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	1074.92	1.56791	79.2251	0.000004	1031.74	1118.10
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-1537.26	1.05487	-90.1360	0.000003	-1591.53	-1482.98
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	722.56	0.11107	101.6103	0.000002	699.93	745.19
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	-138.41	5.68496	-24.3464	0.000152	-156.50	-120.32
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	21.33	0.79012	26.9926	0.000112	18.81	23.84
1L by 2L	-0.67	2.95647	-0.2255	0.836083	-10.08	8.74

En la Tabla 32 los resultados del coeficiente de regresión, donde la primera muestra los valores de los efectos para la eficiencia de cuantificación de Aceites y Grasas muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L1) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L2) con un valor (p= 0.083).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para la cuantificación de Aceites y Grasas a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L:

$$Y = 1074.92 - 1537.26N + 722.56N^2 - 138.41P - 21.33P^2$$

Dónde:

Y: Aceites y Grasas (AG) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂) ml/L

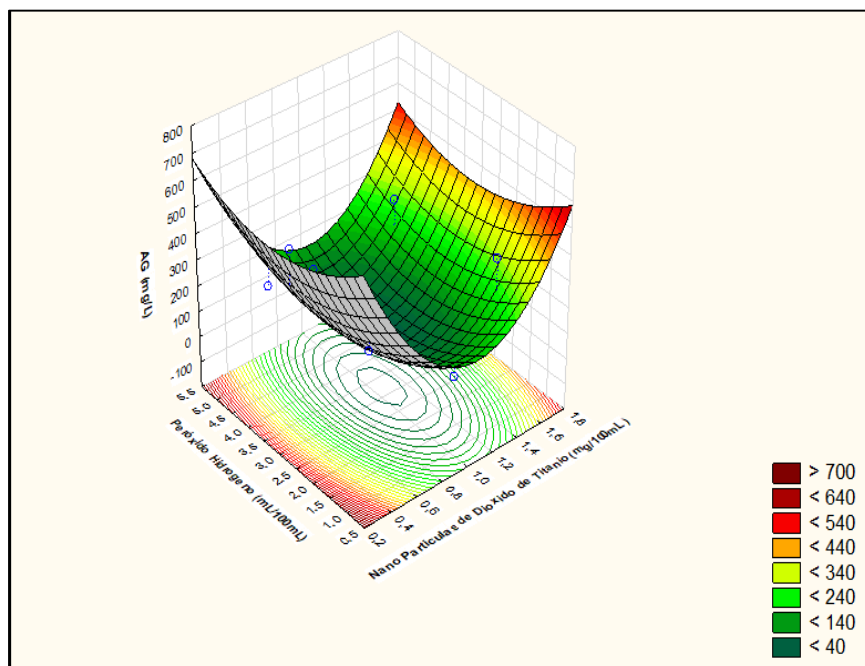


Figura 25. Curvas de contorno para la cuantificación de Aceites y Grasas (AG).

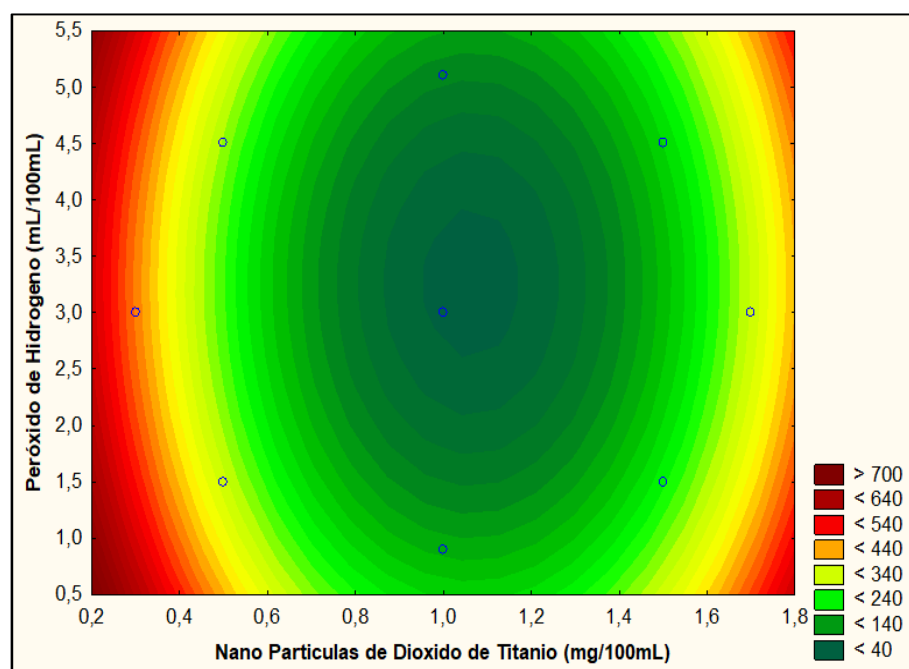


Figura 26. Superficie de Respuesta para la cuantificación de Aceites y Grasas (AG).

En la Figura (25 y 26) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L). De acuerdo a las curvas de contorno los resultados de cuantificación de Aceites y Grasas será mayores a (40 mg/L) y resultados de cuantificación mediante la superficie de respuesta (40 mg/L) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. De esta forma estadística muestra los resultados para el parámetro de Aceites y Grasas superan los valores máximos permisibles y se necesita de un tratamiento óptimo que reduzca a gran escala. La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativos para el análisis de Aceites y Grasas a factores de nano partículas de dióxido de titanio mg/L y peróxido de hidrogeno ml/L.

4.11. Resultados de porcentaje de remoción de A y G(%)

Tabla 33.
ANOVA para la remoción de Aceites y Grasas.

	SC	GL	CM	F-valor	P-valor
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	192.810	1	192.810	892.27	0.000082
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	2231.052	1	2231.052	10324.66	0.000002
(2)Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(L)	24.173	1	24.173	111.86	0.001806
Peróxido de oxigeno (mL/100mL)(Q)	157.443	1	157.443	728.60	0.000112
1L by 2L	0.011	1	0.011	0.05	0.836083
Lack of Fit	818.636	3	272.879	1262.80	0.000038
Pure Error	0.648	3	0.216		
Total SS	3280.545	11			

R²=0.977, R²-ajustado= 0.960, donde: SS: Suma de Cuadrados, DF: Grados de Libertada, CM: cuadrados medios

En la Tabla 33 el análisis de varianza para la cuantificación de Aceites y Grasas, aplicando peróxido de hidrogeno ml/L (L) resulta estadísticamente significativo (p=0.001806), empleando nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q) (p=0.000112) resulta estadísticamente significativo

para el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas. Sin embargo, la interacción lineal (L) de los adsorbentes nano partículas de dióxido de titanio mg/100L (1L) y el peróxido de hidrogeno ml/L (2L) resulta estadísticamente no significativa ($p=0.836083$). Presentan un 97% de ajuste lo que implica que los datos se ajustan al modelo matemático, explica las variaciones en el porcentaje de reducción de la concentración de Aceites y Grasas y se minimizan las posibles causas de error a un 3% restante. Asimismo, se observa que la falta de ajuste del modelo estadísticamente es significativa (Lack of fit) $p=0.000038$ quiere decir que el ajuste del modelo es estadísticamente no significativo.

Según (R. Hernandez Sampieri, 2006) menciona que para un diseño factorial es necesario realizar un diseño estadístico, sin embargo, la finalidad de esta investigación fue también determinar la concentración optima del nano partículas de dióxido de titanio mg/L (TiO_2) y peróxido de hidrogeno ml/L (H_2O_2), para evaluar el porcentaje de remoción eficiente de Aceites y Grasas.

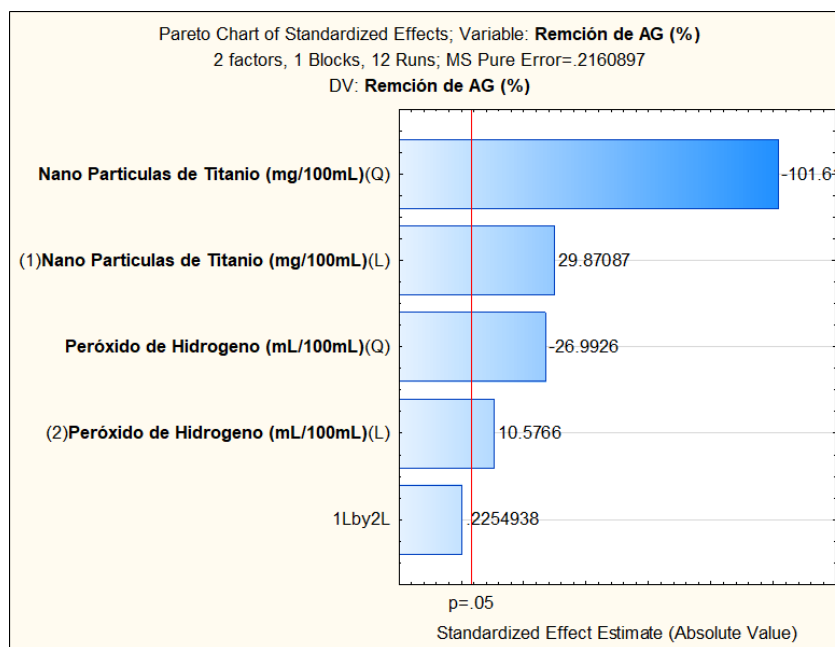


Figura 27. Diagrama de Pareto para la remoción aceites y grasas (AG).

El diagrama de Pareto, mostrado en la Figura 27, es una representación gráfica del análisis de varianza donde igualmente se observan los factores más influyentes, en su respectivo orden sobre el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas, muestra que las variables peróxido de hidrogeno

ml/L (2L-Q) y nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q-1L) son estadísticamente significativos ($p=0.05$). Lo que implica que estas variables son determinantes para la remoción de Aceites y Grasas, pero la variable que mayor influencia presenta es nano partículas de dióxido de titanio mg/L (Q), seguida de nano partículas de dióxido de titanio (1L). Todo efecto que sobrepase la línea será de considerable significancia para el proceso. Pero se excluye la combinación de peróxido de hidrogeno (2L) y nano partículas de dióxido de titanio (1L) como un parámetro significativo para verificar mejor la remoción del Aceites y Grasas demostrando así que el tratamiento es eficiente. Del diagrama se observa claramente que los factores más influyentes sobre el proceso son, en su orden, H₂O₂ (L), TiO₂ (Q), TiO₂ (1L), H₂O₂ (2 L) y (1L y 2L). Esto indica que un cambio de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) (L), tendrá un efecto más relevante que cualquier otro cambio de otra variable, por lo cual es la variable de mayor importancia en el control del proceso.

Tabla 34.

Resultados de coeficientes de regresión para el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas.

	Regressn	Std.Err.	t(3)	P	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	-12.6750	1.422213	-8.912	0.002980	-17.2011	-8.1488
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	161.1381	1.787722	90.136	0.000003	155.4488	166.8275
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	-75.7399	0.745395	-101.610	0.000002	-78.1120	-73.3677
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	14.5082	0.595907	24.346	0.000152	12.6118	16.4047
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	-2.2356	0.082822	-26.993	0.000112	-2.4991	-1.9720
1L by 2L	0.0699	0.309903	0.225	0.836083	-0.9164	1.0561

En la Tabla 34 los resultados del coeficiente de regresión, donde la primera muestra los valores de los efectos para el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas muestran que son significativos las nano partículas de dióxido de titanio (TiO₂) mg/L (L y Q) y la interacción del peróxido de hidrogeno (H₂O₂) ml/L (L y Q). La segunda columna los valores de la desviación estándar representadas a través del error puro. El valor p mostrando en la cuarta columna cuyos datos menores que el nivel de significancia, indica que los efectos son significativos a un 95% de nivel

de confianza, el único que no resulto estadísticamente significativo fue la interacción entre nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L (L_1) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L (L_2) con un valor ($p= 0.083$).

La siguiente expresión es el modelo generado de regresiones significativas para el porcentaje de remoción del DQO a factores de nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L, y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) ml/L:

$$Y= 12.6750 + 161.1381N - 75.7399N^2 + 14.5082P + 2.2356P^2$$

Dónde:

Y: Aceites y Grasas (AG) mg/L

N: Nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) mg/L

P: Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2) ml/L

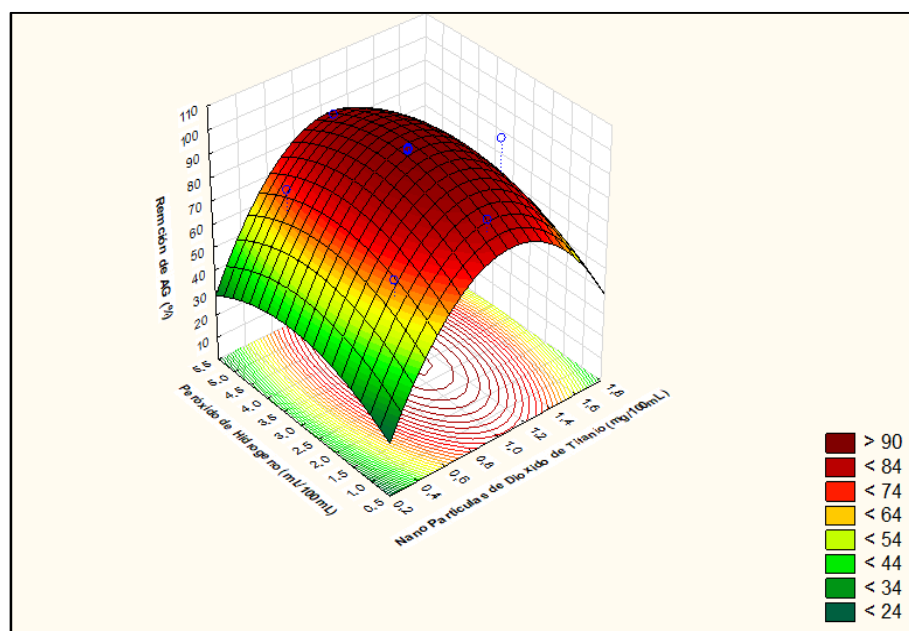


Figura 28. Curvas de contorno para la remoción de aceites y grasas (AG).

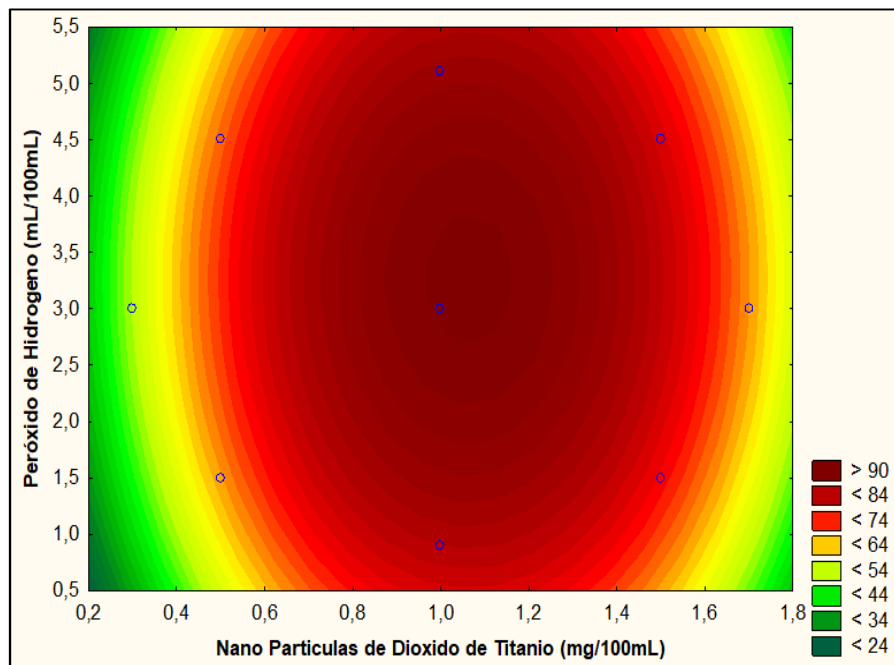


Figura 29. Superficie de Respuesta para aceites y grasas (AG)

En la Figura (28 y 29) muestra la superficie de respuesta y las curvas de contorno sobre la interacción de nano partículas de dióxido de titanio y peróxido de Hidrogeno en el análisis inicial mg/L, en el cual la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio es eficiente (0.1 mg/L) y peróxido de hidrogeno (3 ml/L), que obtendremos resultados de remoción o degradación de Aceites y Grasas mayores a (90%) en tiempo de recirculación de 2 horas, con un pH = 9 de forma constante. De esta forma estadísticamente demostramos que el tratamiento realizado fue eficiente en un 90% para la remoción de Aceites y Grasas.

Los aceites y grasas revisten especial interés en la actualidad, debido a que constituyen una fuente importante de deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Estos compuestos inhiben la degradación biológica de otras sustancias presentes en el agua, disminuyen la capacidad de autodepuración y alteran las concentraciones de azufre, fósforo y nitrógeno que pueden generar, por ejemplo, procesos de eutrofización, Este fenómeno acelera el crecimiento de plantas acuáticas y ciertas especies animales que consumen oxígeno disuelto y hacen que sus niveles sean menores a los necesarios para la vida de especies animales y vegetales.

Como resultado de la disminución de oxígeno disuelto (OD) se propician condiciones anaerobias que producen malos olores, sabores en el agua y desprendimiento de SH_2 (sulfuro de hidrógeno), NH_3 (amoníaco), CH_4 (metano) y otros gases de interés sanitario (perjudiciales para especies animales y el ser humano). Algunos de los efectos en el ser humano son: irritación en los ojos y mucosas, asfixia, pérdida del conocimiento, pérdida de funciones motoras, dolor de cabeza prolongado, edema pulmonar.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Existe eficiencia de oxidación foto catalítica empleando nano partículas de dióxido de titanio TiO_2 y peróxido de hidrogeno H_2O_2 , para la cuantificación y remoción de los parámetros fisicoquímicos: ya que los resultados arrojan eficiencia en los parámetros estudiados DBO_5 mg/L hasta 60%, DQO hasta 90%, SST hasta 80%, A y G hasta 90%. Demostrándonos que el factor que más influencia tiene en el proceso de cuantificación y remoción es el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y las nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2).
- Lo niveles de concentración óptima mediante las nano partículas de TiO_2 y H_2O_2 fueron lo siguiente:

Para la cuantificación del DBO_5 , constará la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) 0.1 mg/L y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 3 ml/L, donde se alcanzó resultados de cuantificación del DBO_5 mayores de 1200 mg/L, con una degradación hasta 60 %, se demuestra estadísticamente mediante curvas de contorno y superficie de respuesta.

Para la cuantificación del DQO, constará la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) 0.1 mg/L y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 3 ml/L, donde se alcanzó resultados de cuantificación del DQO mayores de 1300 mg/L, con una degradación hasta 90 %, se demuestra estadísticamente mediante curvas de contorno y superficie de respuesta.

Para la cuantificación del SST, constará la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) 0.1 mg/L y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 3 ml/L, donde se alcanzó resultados de cuantificación del SST mayores de 1200 mg/L, con una degradación hasta 80 %, se demuestra estadísticamente mediante curvas de contorno y superficie de respuesta.

Para la cuantificación del A y G, constará la mezcla del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) 0.1 mg/L y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 3 ml/L, donde se alcanzó resultados de

cuantificación del A y G mayores de 700 mg/L, con una degradación hasta 90 %, se demuestra estadísticamente mediante curvas de contorno y superficie de respuesta.

- Experimentalmente se comprobó que, si existe eficiencia en el proceso de oxidación foto catalítica empleando como catalizador nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y como fuente de oxidación peróxido de Hidrogeno (H_2O_2), con un tiempo de recirculación 2 horas de forma constante, indicando el tiempo óptimo para el tratamiento de las aguas residuales a distintas concentraciones.
- La totalidad de cargas de contaminantes presentes en el agua residual del servicio de alimentación hospitalaria, inicialmente fueron superior durante el pre-tratamiento del proceso de oxidación foto catalítica, posteriormente al tratamiento se determina que las concentraciones de cargas de contaminantes son admisibles para poder descargar al sistema del alcantarillado
- Finalmente, el tratamiento permite una disminución de la carga de contaminantes del efluente a ensayar sobre aguas residuales altamente contaminadas en el servicio de alimentación hospitalaria, demostrando que es una técnica para mejorar las condiciones en efluentes de las aguas residuales.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar este sistema de proceso de oxidación foto catalítica mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2), luz Ultravioleta (UV) y/o luz solar, en contaminantes como grasas, tensos activos, pesticidas, colorantes y otras. Que puedan aportar a la mejora de la calidad del agua.
- Probar el sistema de tratamiento por oxidación foto catalítica a una radiación UV mayor a 32 W, o luz solar. De esta forma se podría obtener mayor eficiencia en la degradación, disminuyendo las concentraciones del TiO_2 y mejorando el tiempo de recirculación

- La información recolectada en campo puede llegar a sustituir al tratamiento de agua convencional, ya que los resultados mostraron que la aplicación del nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2), peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y luz ultravioleta (UV), es eficiente hasta el 90% de remoción, oxidación y degradación del DQO, A y G, y un 80% de SST, y 60 % del DBO_5 .
- La utilización de nano partículas de TiO_2 es económico, rentable y amigable con el medio ambiente ya que no contamina, es una tecnología limpia que se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales en general.
- Promover y avivar a los investigadores a salir de lo convencional y empezar por nuevos estudios que son sostenibles para el medio ambiente como son los Procesos de Oxidación Avanzada (POA).

REFERENCIA

- Gil E. (2005). *Oxidacion fotocatalitica de cianuro*. Medellin.
- Raichle, B.W. y Bandala, E. R. . (2013). *Solar driven advanced oxidation processes for water decontamination and disinfection*. (E. N. Akbarzadeth, Trad.) Florida.
- Adriana Y. Ito, V. H. (s.f.).
- Adriana Y. Ito, V. H. (2009). *DEGRADAÇÃO DE FENOL EM REATOR FOTOQUÍMICO SOLAR USANDO O SISTEMA TIO₂/UV* . BRASIL : JULIO .
- Adriana Y. Ito, V. H. (s.f.). *DEGRADAÇÃO DE FENOL EM REATOR FOTOQUÍMICO SOLAR USANDO O SISTEMA TIO₂ / UV*. SAO PABLO .
- Alfano O.M., C. M. (1997). *Proceso de oxidacion Avanzada*.
- ambiental, o. d. (2014). *OEFA* . Obtenido de FISCALIZACION AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES .
- Andreozzi R., C. V. (1999). *Advance oxidation process (AOP) for water purification and recovery*. Catalysis Today.
- Araña, J., & Melian., L. M. (2002). *Removal of cyanides in wastewater by supported TiO₂ - based photocatalysis*. Catalysis Today.
- Arroyave, J. A., Garces, L. F., & Cruz, A. F. (2015). *Fotodegradacion de las aguas residuales con pesticida Mertec en la industria bananera empleando Fotocatalisis con Dioxido de Titanio y Lampara de Luz Ultravioleta* (Vol. 4). Mexico: Revista lasallista de investigacion .
- Aurioles Lopez, V. L. (s.f.). *Procesos avanzados de oxidacion y su aplicacion en alimentos. Temas seleccionados en Ingenieria de alimentos*.
- Aurioles, V. L. (2011). *Procesos avanzados de oxidacion y su aplicacion en alimentos. Temas selectos de Ingenieria de Alimentos*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Normativa nacional, protocolos de muestreos.
- Bandala, E. y. (2013). *Solar driven advances oxidation processes for water descontamination and disenfection*. *Solar Enrgy Sciences and Engieneering Applications*. Florida: CRC Press.

- Barroso, A. R. (2010). *catalizadores de hierro soportado sobre carbon activo para la oxidacion catalitica de fenol con peroxido de hidrogeno 2010 de la unviersidad autonoma de madrid* . Madrid .
- Blake D.M., M. P. (1999). *Application of the photocatalytic chermistry of titunium dioxide to disinfection and the killing of cancer cells. Separation and Purification Methods.*
- Blanco, J. (2001). *Eliminacion de contaminantes por fotocatalisis heterogenea: Purificacion de aguas por fotocatalisis heterogenea.* Argentina: CYTED.
- BLANCO, Julian. (2001). *Eliminacion de contaminantes por fotocatalisis heterogenea: Purificacion de aguas por fotocatalisis heterogenea.* Argentina.
- CANDAL R., B. S. (2001). *Eliminacion de contaminantes por fotocatalisis heterogenea: Semiconductores con actividad fotocatalitica.* (M. Blesa, Ed.) Red CYTED VIII-G.
- Casamachin Ruiz, Felipe . (2012). *Evaluacion de la foto-oxidacion de acido dicloro acetico empleando peroxido de hidrogeno como agente oxidante en un reactor bach.* Santiago de Cali .
- Casamachin, F. (2012). *Evaluacion de la foto-oxidacion de acido dicloro acetico empleando peroxido de hidrogeno como agente oxidante en un reactor Batch.* Santiago de Cali.
- Casani, S.R. (2005). *A discussion paper on challenges and limitations to water use and hygiene in the food industry. Water research.* .
- Cassano A.E., C. M. (1995). *Ind. Eng. Chem.*
- Castillo-Ledezma, J. L.-M. (2010). *Desinfeccion de agua mediante el uso de tecnologias emergentes basadas en procesos de oxidacion avanzados. Temas selectos de Ingenieria de Alimentos, 4 (1).*
- Centro de Investigacion y Desarrollo Tecnologico del Agua (CIDTA). (2013). *Lagunas facultativas . Investigacion y desarrollo tecnologico del agua.*
- CERDA, J. M. (1977). *Heat and Mass Transfer.*
- Corrales, L., Antolinez, D., Bhorquez J., y Corredor, A. (2015). *Bacterias anaerobias: Procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta.*

- Cruz Arteaga, L.S. . (2013). *Remocion de arsenico y plomo del agua utilizando minerales adsorbentes*. . Mexico: Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Division de carreras Agronomicas .
- D., Arslan I. Balcioglu I. And Baheman. (1996). *Applied catalysis B: Environmental*.
- De la Hoz, F. R. (2007). *Avances en la desinfeccion de agua de riesgo por fotocatalisis solar: Desarrollo experimental y resultados preliminares*. (A. Dhaskshinamoorthy, Trad.)
- Domenech X., J. W. (2004). *Procesos avanzados de oxidacion para la remocion de contaminantes*. Madrid España : CIEMAT.
- Domenech, X., & M., J. W. (2004). *Eliminacion de contaminantes por fotocatalisis heterogenea: Procesos avanzados de oxidacion para la eliminacion de contaminantes*. Argentina.
- Edison Gil. (2004). *Oxidacion fotocatalitica de aguas residuales de la industria de lavanderia utilizando TiO₂ como catalizador y luz UV*. Universidad EAFIT de Bogota: Colombia.
- Eduardo, F. M. (2010). *Proyecto ejecutivo de plan de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Xochiapa*.
- Garces L. . (2003). *Uso de dos fotosensibilizadores para el tratamiento de aguas coloreadas: un analisis desde el modelo factorial*. Medellin.
- Garces, L. F., Mejia, E. A., & Santamaria, J. J. (2015). *La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Mexico .
- Garces, L. F., Peñuelas, G. A., Rodriguez, A., & Salazar, J. A. (2015). *Degradacion de aguas residuales de la industria textil por medio de fotocatalis* (Vol. 2). Mexico.
- Gestora Peruana de Hospitales (GEPEHO). (2019). *Plan Operativo Anual del Servicio de Alimentacion del Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja* . Lima, Peru .
- Giraldo, L. F., Franco, E. A., & Arango, J. J. (2015). *La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. (Vol. 1). Mexico: REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACION .
- Gutierrez H., D. I. (2000). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda Edición ed.). Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenieria Universidad de Guadalajara, Mexico : MC GRAM HILL.
- Herman J.M. (1999). *Catalysis Today*.

HERMANN J.M. (1999). *Catalysis Today*.

I., A., I., B., & D., A. B. (2000). *Applied Catalysis B: Enviromental*.

Islam, M. A.-A.-M. (2015). *Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country*. Ecological Indicators, 48, 282–291.

Jazmin Carolina Santiago Talenas . (2018). *Estudio de viabilidad del uso de nanoparticulas de dióxido de titanio en el tratamiento de aguas residuales domesticas a nivel laboratorio EN la Facultad de Ingenieria Quimica y Textil de la Universidad Nacional de Ingenieria Octubre - Diciembre 2017*. Peru - Huanuco .

Jessica I., N. J. (2002). *Eliminacion de la materia organica contenida en un efluente de curtiembre mediante oxidacion biologica y quimica*. Lima.

Jusic, S y Ademovic, M. (2012). *Coagulation and flocculation in technology of drinking water treatmennt*. Sarajevo, Bosnia - Herzegovina: Energoinvest. .

Legrini O., O. E. (1993). *Chem*, 671 - 698.

Leguizamon, J. (2010). FOTSENSIBILIZACIÓN DE TiO₂ CON UN COLORANTE COMERCIAL PARA FOTODEGRADACION DE CONTAMINANTES ORGANICOS DEL AGUA. *Actualidad & Divulgación Científica*, 6.

Leguizamon, J., Quiñones, C., Espinosa, H., & Sarria, V. (2010). *Fotosensibilizacion de dióxido de titanio*.

Londoño, E. Y. (2001). *Decoloracion de aguas de teñido textil por metodos fisicos-quimicos y biologicos*.

Luis Fernando Garces Giraldo. (s.f.). *Uso de dos fotosensibilizadores para el tratamiento de aguas coloreadas: un analisis desde el modelo factorial*.

Marvin Horacio, Chavez Sifontes. (2005). *Degradacion fotocatalitica de fenol mediante dióxido de titanio en suspension acuosa*.

MERMIN, A. N. (1976). *Solid state physics*. New York.

MERMIN, A. N. (1976). *Solid state physics*. . New York .

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingenieria de aguas residuales - Tratamiento, vertido y reutilizacion* (Vol. 2). España.

- MINAM. (2015). *Ministerio del Ambiente N° 015-2015-MINAM*. PERU .
- Ministerio del Ambiente . (2005). *Ley general del ambiente* . Peru .
- Mohiuddin, K. M. (2012). *Seasonal and spatial distribution of trace elements in the water and sediments of the Tsurumi River in Japan. Enviromental Monitoring and assessment*.
- Narki, A. H. (2015). *efecto de H₂O₂ y TIO₂ en el proceso de detoxificacion por fotocatalisis heterogenea de los efluentes de la empresa cepromet minera porvenir* . Arequipa .
- Narki, F., & Huaylla, A. (2015). *Efecto del H₂O₂ en el proceso de detoxificacion por fotocatalisis heterogenea de los efluentes de la empresa CEPROMET MINERA PORVENIR S.A.C.*
- Nieto Juarez Jessica Ivanna. (2002). *Eliminacion de la materia organica contenida en un efluente de curtiembre mediante oxidacion biologica y quimica*.
- Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales. (s.f.).
- Ocasio, F. (2008). *Evaluacion de la calidad de agua y posibles fuentes de contaminacion en un segmento del rio* . Puerto Rico.
- OEFA. (Abril de 2014). *ORGANIZMO DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL* .
Obtenido de FISCALIZACION AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES :
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- Organizacion Mundial de Salud (OMS). (2015).
- Pedro, B. Q. (2015). *Tecnicas del aprendizaje en el tratamiento de las aguas residuales para desarrollar conciencia ambiental en los alumnos de educacion superior* . Lima .
- Pignatello, J., Oliveros, E y Mackay. A. (2006). *Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the fenton reaction and related chemistry*.
- POA . (2019). *Plan Operativo Anual (POA)*. Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja - Peru.
- Quiroz, M. B. (2011). *Advanced oxidation processes (AOPs) for removal of pesticides from aqueous media. En M. Stoytheva Pesticides Formulations, Effects, Fate*. Vienna.
- R. Hernandez Sampieri, C. F. (2006). *Metodlogia de investigacion* . Mexico.
- Reyes, Y. C. (2016). *Contaminacion por metales pesados: Implicaciones en la salud alimentaria*. . Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingenieria .

- RODRIGUEZ SOLIS RAFAEL . (2016). *Oxidacion fotocatalitica de herbicidas en agua mediante radiacion de baja energia. Aplicacion de catalizadores, ozono y promotores peroxidicos.* . España .
- Rodriguez, C. (2005). *Proceso de Oxidacion Avanzada*, POA's. Chile.
- Ronzano, E. y. (1995). *Tratamiento biologico de las aguas residuales*. (1. Diaz de Santos, Ed.)
- Rossettil, G. A. (1998). *Ind. Eng. Chem. Res.*
- Saénz, R. (2002). *Centro de Estudios Peruanos de Ingeniería Sanitaria (CEPIS)*. Obtenido de OPS: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/rys/rys.html>
- Sanchez, O. H. (2007). *Perspectivas sobre conservacion de ecosistemas acuaticos en Mexico* . Mexico: Instituto Nacional de Ecologia (INE-Semarnat) .
- Santiago Talenas, J. C. (diciembre de 2017). *estudio de la viabilidad del uso de nanoparticulas de dióxido de titanio en el tratamiento de aguas residuales domesticas a nivel de laboratorio en la facultad de ingenieria quimica y textil de la universidad nacional de ingenieria*. Huanuco.
- Shaline, N. y. (2014). *Treater wastewaterd effluents as a source of microbial pollution of surface water resources*. International Journal of Enviromental Reserach and public Health .
- Sistema de informacion Ambiental (SINIA). . (2016). *Normativa nacional, limites ,aximos permisibles de agua.* . Peru.
- Srebotnjak, T. C. (2004). *A global water qualitty index and hot-deck imputation of missing data*.
- Tolentino A. . (2017). *Proceso de oxidacion fotocatalitica mediante Dioxido de Titanio (TiO₂) y luz Ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua residual de la lavandaria del Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja*.
- Torres G. . (2014). *Tratamiento de aguas residuales mediante la combinacion de tecnicas avanzadas de oxidacion y biofiltros*. España.
- Valores Maximos Admisibles (VMA). (2019). *Valores maximos admisibles (VMA) para descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema del alcantarillado sanitario* . Lima - Peru.
- Velasco, L. F. (2012). *FOTODEGRADACIÓN OXIDATIVA DE FENOL CON CATALIZADORES TIO₂-C. ANÁLISIS DE LA RESPUESTA FOTOQUÍMICA DE LA FASE CARBONOSA. 2012, de Universidad de Oviedo*.

Venegas, P. (Marzo 09 de 2004). *Uso de la fotocatalisis heterogenea para el tratamiento de agua en sistemas de recirculacion en la acuicultura intensiva nacional.*

VMA. (2019). Valores Maximos Admisibles. *diario oficial del bicentenario EL PERUANO* , 60.

W.H., G. (1987). *Drinking water treatment with ozone. Enviromental Science and Technology.*

ANEXOS

Anexo 1. Ejecución de proyecto de tesis.



Figura 30. Trampa de grasa de aguas residuales del servicio de alimentación hospitalaria - Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja



Figura 31. Agua residual después del pre tratamiento de la trampa de grasa. Punto de muestreo de agua residual. Caracterización del agua residual.



Figura 32. Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro ((SST, DBO, Ay G) antes del tratamiento del agua.



Figura 33. Toma de muestra del agua residual para el análisis de los parámetros (DQO) antes del tratamiento del agua.



Figura 34. Muestras de aguas residuales listas para ser trasladadas al laboratorio AGQ, Callao.



Figura 35. Muestras de aguas residuales herméticamente cerradas, rotuladas y preservadas con ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo.



Figura 37. Obtención de muestra de agua residual para ejecutar el proyecto.



Figura 36. Se trasladó aproximadamente 20 litros de agua residual para ejecutar el proyecto en el laboratorio AGQ, Callao.



Figura 38. Medición de pH a 5.1 indicando acidez. Para ejecutar el proyecto se aplicará a un pH aproximadamente 9.



Figura 39. Se filtró las partículas suspendidas como materia orgánica del agua residual, para que ingrese al reactor de tipo Bach.



Figura 41. Se mezcló 1 gr de hidróxido de sodio para 20 litros de agua, con la finalidad de aumentar el nivel de pH de 5.1 a 9.



Figura 40. Medición del pH del agua residual con el equipo Pehachimetro.



Figura 42. Equipos y materiales a utilizar en la ejecución del proyecto “Eficiencia de oxidación fotocatalítica heterogénea mediante nanopartículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrogeno en aguas residuales de servicio alimentación hospitalaria”.



Figura 43. Reactor de tipo Bach con una radiación UV marca Philips (4w, 254nm), carcasa cilíndrica de metal, superficie reflectante de acero, tubo de boro silicato, volumen de 70 ml, un vaso precipitado de 1000 ml y caudal de 11.37 ml/s.



Figura 45. Pesaje de nanopartículas de dióxido de titanio, para mezclar con el agua residual.

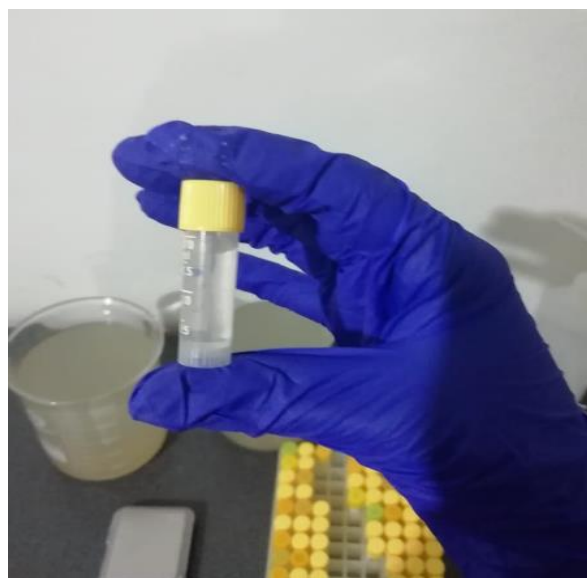


Figura 44. Pesaje de peróxido de hidrogeno, para mezclar con el agua residual



Figura 46. Prueba hidráulica del reactor. Medición del caudal constante 11.37 ml/s, en un vaso precipitado de 1000 ml.



Figura 47. Prueba del correcto funcionamiento del reactor de tipo Bach.



Figura 48. Dosificación a distintas concentraciones de dióxido de titanio TiO_2 (12 pruebas).



Figura 50. Dosificación a distintas concentraciones de peróxido de hidrógeno H_2O_2 (12 pruebas).



Figura 49. Tratamiento mediante proceso de oxidación avanzada (POA), donde se reproducirá especies oxidantes capaces de degradar compuestos de difícil degradación. Formando radical hidroxilo ($\text{OH}\cdot$), altamente reactivos que actúan como indicadores de la oxidación. El mayor auge son la fotólisis y fotocatalisis. Así inician las reacciones oxidantes en cadena, llevando a la mineralización completa de la materia orgánica.



Figura 52. Después de 2 horas del tiempo de recirculación para el tratamiento del agua residual, se procederá a retirar el agua tratada.



Figura 51. Medición del pH, después del proceso de tratamiento del agua residual.

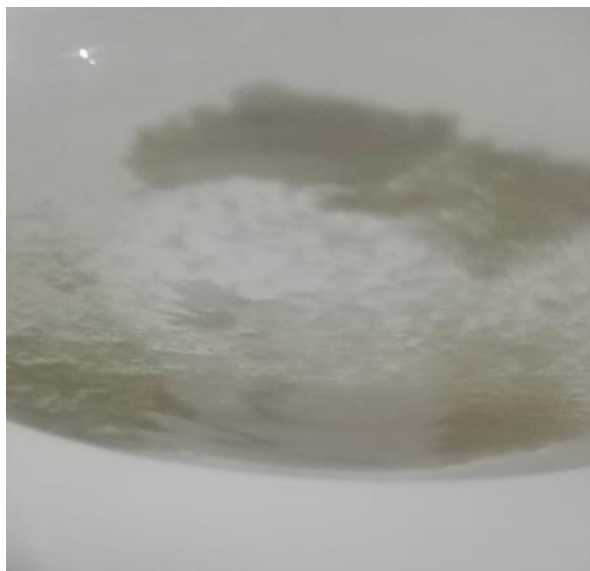


Figura 53. Se observa la sedimentación de partículas mineralizadas con el TiO_2 y H_2O_2 , que destruyeron a los contaminantes por medio de sustancias químicas como radicales libres hidroxilos, transformándoles en compuestos inocuos al ambiente.



Figura 54. Se dejó sedimentar de forma natural el agua residual tratada aproximadamente por 1 hora. Luego se utilizó el papel filtrante.



Figura 55. Comparación del agua residual sin tratamiento y el agua residual tratada con nanopartículas de dióxido de titanio y peróxido de hidrógeno.



Figura 57. Preservante ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo.



Figura 56. Ingreso del agua residual tratada a una botella esterilizada herméticamente cerrada.



Figura 59. Aplicación de ácido nítrico para preservar el agua residual tratada de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo

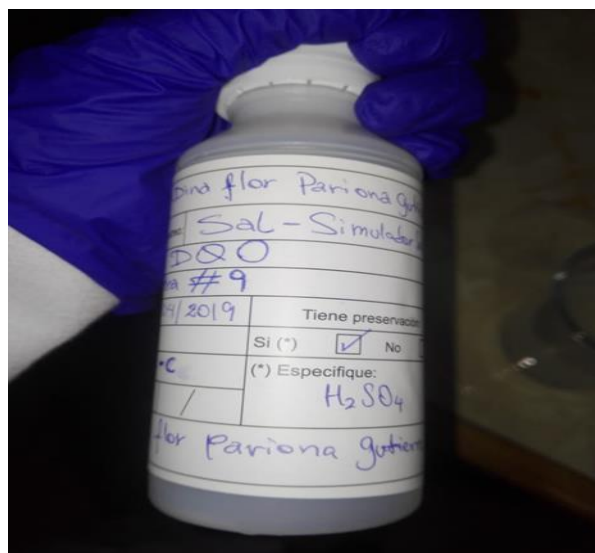


Figura 58. Rotulación del envase de la muestra del agua residual tratada.



Figura 61. Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro (DQO) post-tratamiento.



Figura 60, Toma de muestra del agua residual para el análisis del parámetro (SST, DBO, Ay G) post-tratamiento.



Figura 62. Muestras de aguas residuales post – tratamiento herméticamente cerradas, rotuladas y preservadas con ácido nítrico de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo. Para ser trasladadas al laboratorio AGQ-Callao.

Anexo 2. Mapa de ubicación de muestro del agua residual.

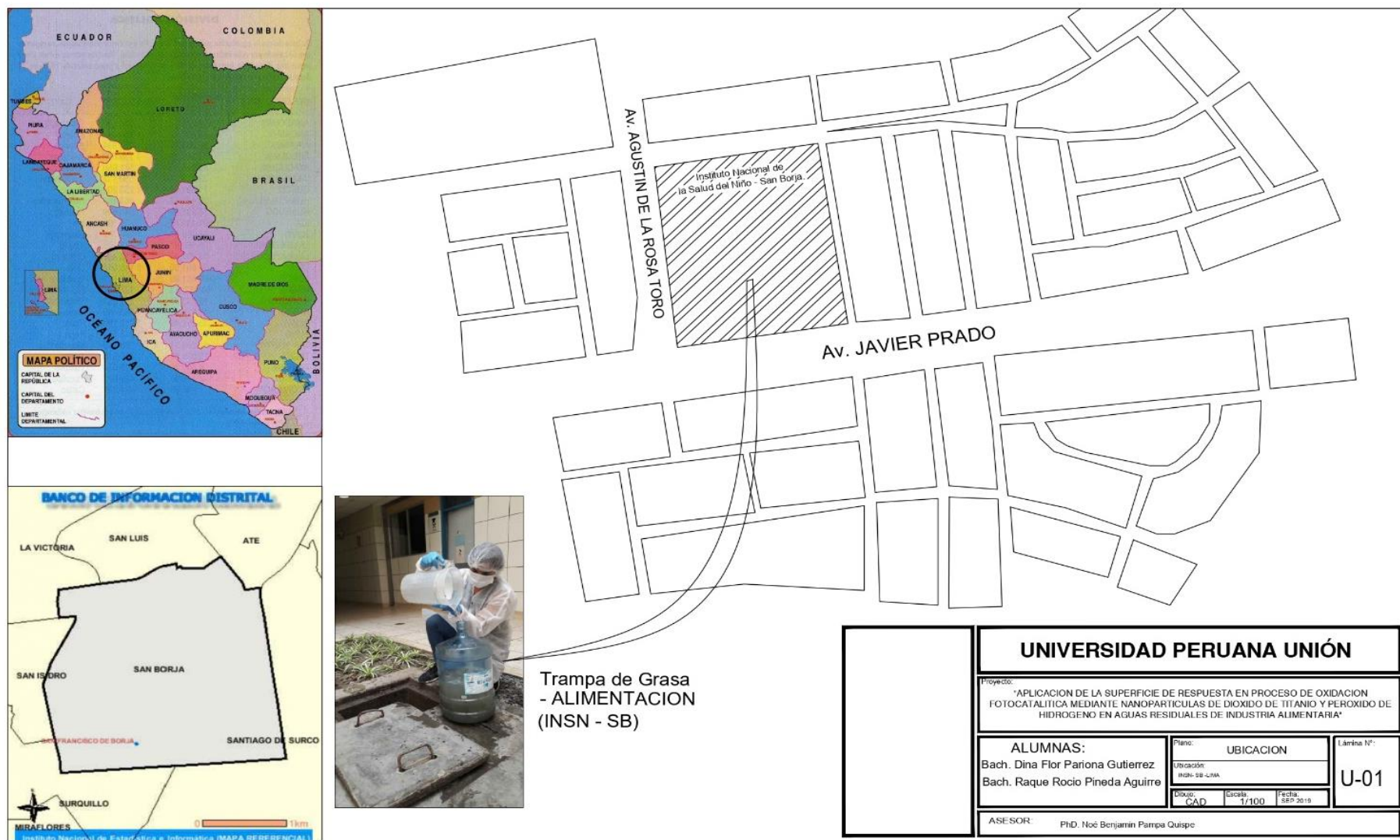


Figura 63. Punto de muestreo de las aguas residuales (Trampa de grasa) del servicio de alimentación hospitalaria INSN-SB

Anexo 3. Mapa de ejecución del proyecto.



Figura 64. Ubicación de la ejecución del proyecto en el laboratorio AGQ – Callao.

Anexo 4. Autorización para toma de muestra de las aguas residuales.

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Lima, 05 de Abril del 2019

CARTA N° 001

Señores
GESTORA PERUANA DE HOSPITALES S.A.C.
Presente.-

Atención : HUGO MENENDEZ PATO
GERENTE GENERAL DE GESTORA PERUANA DE
HOSPITALES

Asunto: Autorización para realizar el proyecto de tesis ***“Aplicación De Superficie De Respuesta En Proceso De Oxidación Fotocatalítica Mediante Nanopartículas De Dióxido De Titanio Y Peroxido De Hidrógeno En Aguas Residuales Industriales”***

De mi mayor consideración:

Por intermedio del presente tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo y asimismo aprovecho la ocasión para instar la autorización de la toma de muestra de las aguas residuales (trampa de grasa) del Servicio de Alimentación del Instituto Nacional de Salud del Niño – San Borja (INSN-SB). Para realizar el proyecto de tesis ***“Aplicación De Superficie De Respuesta En Proceso De Oxidación Fotocatalítica Mediante Nanopartículas De Dióxido De Titanio Y Peroxido De Hidrógeno En Aguas Residuales Industriales”***. Con fines de investigación y aporte en mejoras para la institución, ciñéndose a los reglamentos internos del INSN-SB.

Sin otro particular, hago propicio la oportunidad para expresarle mi especial consideración, dándole mi agradecimiento por la oportunidad brindada.

Atentamente,



Bach. De Ing. Ambiental
Dina Flor Pariona Gutierrez
DNI: 72327391


HUGO MENENDEZ PATO
GERENTE GENERAL
GESTORA PERUANA DE HOSPITALES S.A.
FRANCISCO RODRIGUEZ DELFIN
GERENTE DE OPERACIONES
GESTORA PERUANA DE HOSPITALES S.A.

Anexo 5. Análisis PRE de los parámetros fisicoquímicos del agua residual.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/013551	Registrada en: AGQ Perú	Cliente: RAQUEL PINEDA AGUIRRE
Análisis: A-PR-0028	Centro Análisis: AGQ Perú	Contrato: PE19-1069
Tipo Muestra: Agua Residual Industrial	Fecha Recepción: 23/04/2019	Cliente 3º: FLOR PARIONA GUTIERREZ
Fecha Inicio: 25/04/2019	Fecha Fin: 05/05/2019	
Descripción: TRAMPA GRASA		
Fecha/Hora Muestreo: 23/04/2019 11:35	Muestreado por: Cliente	
Lugar de Muestreo: TRAMPA DE GRASA - ALIMENTACION - INSN-SB		
Punto de Muestreo: TRAMPA GRASA		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826

FECHA EMISIÓN: 06/05/2019

OBSERVACIONES:

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

de calidad de la entidad que lo produce.

Anexo 6. Análisis POST de los parámetros fisicoquímicos del agua residual.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/033026	Registrada en: AGQ Perú	Cliente: RAQUEL PINEDA AGUIRRE
Análisis: A-PR-0028	Centro Análisis: AGQ Perú	
Tipo Muestra: Agua Residual Industrial	Fecha Recepción: 30/04/2019	Contrato: PE19-2399
Fecha Inicio: 07/05/2019	Fecha Fin: 09/05/2019	Cliente 3º: FLOR PARIONA GUTIERREZ
Descripción: TRAMPA GRASA		
Fecha/Hora: 30/04/2019 11:35	Muestreado por: Cliente	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: TRAMPA DE GRASA - ALIMENTACION		
Punto de Muestreo: TRAMPA GRASA		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826

FECHA EMISIÓN: 06/05/2019

OBSERVACIONES:

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao - La Perla-Callao. PE

T: (511) 710 27 00

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

1/2

N° de Referencia: A- 19/033026
Descripción: TRAMPA GRASA

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	30	±12,5%	mg/L	
DBO5	235	±13,4%	mg/L	
DQO	532	±11,4%	mg/L	
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	122	±10,9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde alAMD.

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	SMEWW 5520 B. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,2 - 1 000 mg/L
DBO5	SMEWW 5210B. 22nd Ed. 2012	Electrometría		1,1 - 10 000 mg/L
DQO	SMEWW 5220D. 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS		8,00 - 5 000 mg/L
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría		2,00 - 80 000 mg/L

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

Anexo 7 Resultados POST – tratamiento del DQO para 12 tratamientos.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/033014
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA#01

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1205	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao. La Perla-Callao. PE

T: (511) 7102700 F:

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

2/4

Nº de Referencia: A-19/033015	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	939	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033016

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 03

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1197	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033017

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 04

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	896	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde alAMD.

Nº de Referencia: A-19/033018	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 05	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1 025	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033019

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 06

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	994	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033020	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 07	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1 316	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033021

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 08

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	532	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033022	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 09	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1 009	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033023	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 10	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1 015	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033024	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA # 11	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	999	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033025

Descripción: CARACTERIZACIÓN DE MUESTRA

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DQO	1 006	±11,4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Anexo 8. Resultados POST – tratamiento del DBO5 para 12 tratamientos.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	678	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao, La Perla - Callao, PE

T: (511) 7102700

F:

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

2/4

N° de Referencia: A-19/033014

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	621	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	759	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	712	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	896	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014

Descripción: SALIDADEL SIMULADOR MUESTRA #02

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	498	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	399	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	296	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	235	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014

Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA#02

Tipo Muestra: Agua Residual Industrial

Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	276	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	260	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
DBO5	257	±13.4%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Anexo 9. Resultados POST – tratamiento del SST para 12 tratamientos.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	601	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao, La Perla - Callao, PE

T: (511) 7102700

F:

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

2/4

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	532	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	703	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	659	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	767	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	445	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	347	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	285	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	815	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	136	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	122	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	156	±10.9%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Anexo 10. Resultados POST – tratamiento del A y G para 12 tratamientos.



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #01	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	276	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao, La Perla - Callao, PE

T: (511) 7102700

F:

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

2/4

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #02	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	218	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #03	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	365	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #04	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	305	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #05	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	557	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

N° de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #06	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	165	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #07	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	106	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #08	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	96	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #09	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	40	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #10	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	30	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #11	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	34	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/033014	Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Descripción: SALIDA DEL SIMULADOR MUESTRA #12	Fecha Fin: 09/05/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Aceites y Grasas	38	±12.5%	mg/L	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Anexo 11. Alquiler del reactor de tipo Bach.



ALQUILER DE REACTOR

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Conste por el presente documento el CONTRATO PRIVADO DE ALQUILER DE UN REACTOR TIPO BACH, que celebran de una parte a las srtas. Raquel Rocío Pineda Aguirre identificada con DNI N° 70132370 con domicilio en Urb. Las terrazas de Carapunguillo Mz. N, Lt 04 Lurigancho – Chosica y Dina Flor Pariona Gutiérrez identificada con DNI N° 72327391 con domicilio Av. Alava 222 San Luis – Lima: quienes convienen de mutuo acuerdo y regulado por las leyes vigentes sobre la materia, en los términos y condiciones siguientes:

ANTECEDENTES:

PRIMERA. - las señoritas mencionadas líneas arriba se hacen responsables del equipo alquilado asumiendo los gastos por los daños que puedan ser ocasionados mientras este se encuentre dentro de los días de alquiler

SEGUNDA. - los retrasos en la entrega del reactor al finalizar el presente contrato serán sancionados con un día de alquiler adicional por cada hora y día natural a partir de la fecha pasada

TERCERA. - Las personas usuarias se comprometen a cuidar las instalaciones y los equipos en donde se llevarán a cabo las pruebas del reactor, ya que quedan bajo su custodia, y deben devolverlas en el mismo estado en el que se las entrego y dentro del plazo señalado. En caso de extravío, hurto o deterioro grave deben reponerlas.

CUARTA. - La duración del Contrato será fijada en las condiciones particulares. Cualquier modificación de la duración deberá ser objeto de un nuevo acuerdo escrito entre las partes, pudiendo Potencia aceptar o no las solicitudes de prórroga.

QUINTA. - Las partes acuerdan que el monto de la renta que se pague en calidad de contraprestación por alquiler del reactor, asciende a la suma de S/ 2000. 00 (dos mil y 00/100 nuevos soles) por un periodo de 5 días, cantidad que será cancelada en dinero, en la forma y oportunidad a que se refiere la empresa AGQ LABS

SEXTA. - La forma de pago de la renta será por medio del número de cuenta facilitada mediante el banco BBVA banco continental a nombre de AGQ LABS y será antes de la entrega del reactor y las instalaciones.

SETIMA. - Las partes acuerdan que a fin de garantizar el fiel cumplimiento de las obligaciones asumidas en el presente contrato intervendrá como garante solidario a Raquel Rocío Pineda Aguirre y Dina Flor Pariona Gutiérrez quién responderá de igual forma que AGQ LABS por las obligaciones asumidas por éste

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao . La Perla-Callao. PE T: (511) 710 27 00

encionalclienteperu@agqlabs.co

agqlabs.pe

El presente contrato tiene naturaleza privada y se regulará por lo establecido en las presentes cláusulas. Las partes se comprometen a resolver de manera amistosa cualquier desacuerdo que pudiera surgir en el desarrollo del presente contrato. En caso de no ser posible una solución amigable, y resultar procedente litigio, las partes firmantes del presente contrato, cuyos datos de identificación constan en el mismo y aquí se tienen por reproducidos, se comprometen, con renuncia a cualquier otro fuero, a someter todos los conflictos, litigios y desavenencias surgidas del presente contrato, ya sea en su cumplimiento, interpretación o ejecución, a someterse a la Jurisprudencia de Vigo.

Lima, 25 de abril del 2019



Raquel Rocío Pineda Aguirre

70132370



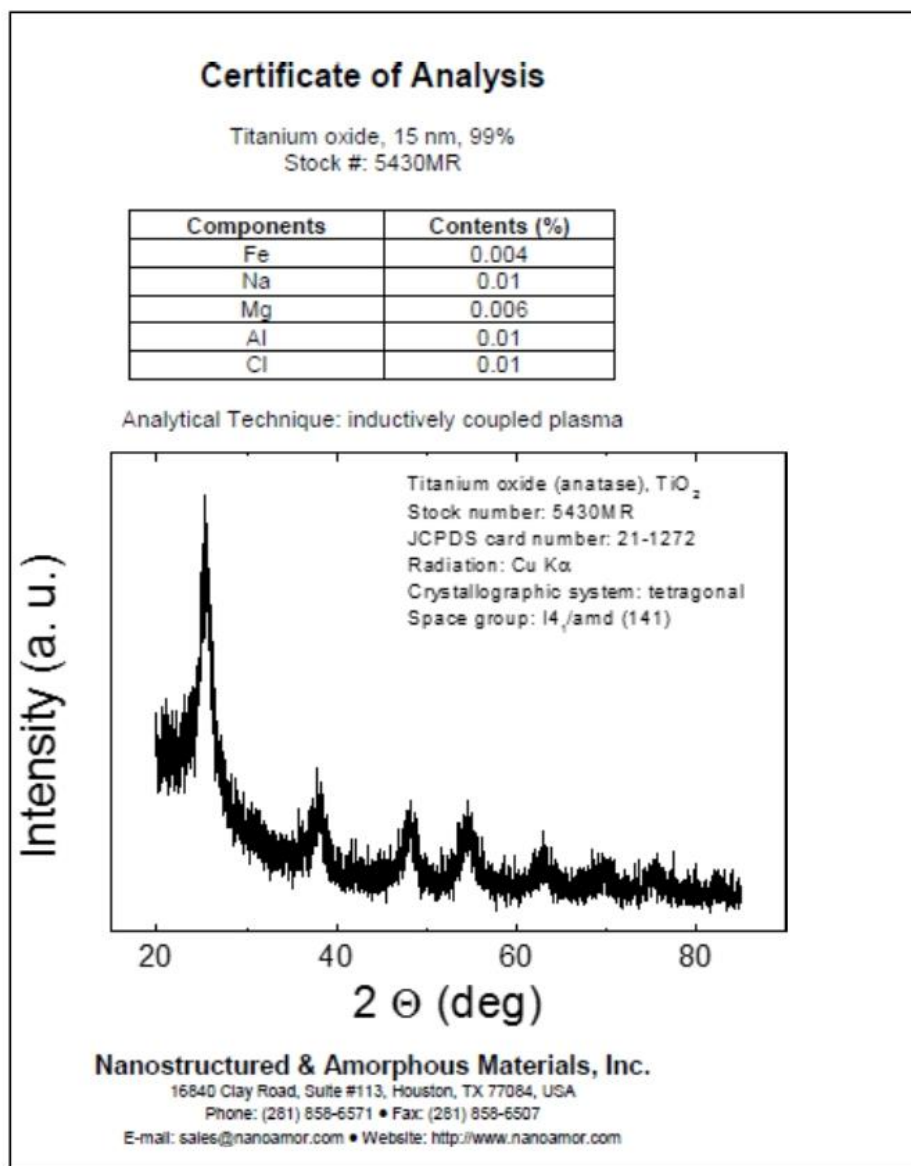
Dina Flor Pariona Gutiérrez

72327391



Yoel Iñigo CQP 826

Anexo 12. Ficha técnica de seguridad de nanopartículas de dióxido de titanio



Ficha técnica de identificación de TiO₂ comercial

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Carcinogenicidad (Categoría 2)

2.2 Elementos de la etiqueta**Pictograma:****Palabra de advertencia:** ATENCIÓN**Indicaciones de peligro:**

H351 - Susceptible de provocar cáncer.

Consejos de prudencia:

P201 - Procurarse las instrucciones antes del uso.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P308 + P313 - EN CASO DE exposición demostrada o supuesta: consultar a un médico.

P405 - Guardar bajo llave.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

Ninguna.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES**3.1 Sustancia**

No aplica.

3.2 Mezcla

COMPONENTES EN LA MEZCLA	No. CAS	% PESO	CLASIFICACIÓN
Dióxido de Titanio	13463-67-7	80 - 98	Carc. 2; Aquatic Acute 3
Hidróxido de aluminio	21645-51-2	0 - 9	Aquatic Acute 2
Dióxido de Silicio	7631-86-9	0 - 11	Not classified

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua y jabón, durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre

nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: Puede provocar irritación de la nariz, garganta y pulmones.
Contacto con la piel: El contacto con el polvo puede causar irritación mecánica o reseca la piel.
Contacto con los ojos: El contacto del polvo con los ojos puede provocar irritación mecánica.
Ingestión: nocivo. Puede causar molestias gastrointestinales, náuseas, vómitos.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO₂. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El producto y sus embalajes pueden quemar pero no encienden fácilmente.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Retire los embalajes si aún no fueron alcanzados por las llamas, y puede hacerlo sin riesgo.
Enfríe los embalajes con agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido, removiendo los restos hasta eliminar los rescoldos.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contenga el producto y evite su dispersión al ambiente. Prevenga que el producto llegue a cursos de agua.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto con pala y colocarlo en un recipiente apropiado. Barrer o aspirar evitando la dispersión del polvo. Puede ser necesario humedecerlo ligeramente. Limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse después de manejar este producto.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	el suministrado por el fabricante.
Productos incompatibles:	No se conocen materiales incompatibles.

SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**8.1 Parámetros de control**

CMP (Res. MTESS 295/03):	10 mg/m ³
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	15 mg/m ³
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	15 mg/m ³
IDLH (NIOSH):	5000 mg/m ³
PNEC (agua):	0,127 mg/l
PNEC (mar):	> 1 mg/l
PNEC-STP:	> 1000 mg/kg

8.2 Controles de exposición**8.2.1 Controles técnicos apropiados**

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavajojos.

8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o butilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para polvo (P1). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico:	Polvo cristalino.
Color:	Blanco.
Olor:	Inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	6 - 7
Punto de fusión / de congelación:	1843°C (3349°F)
Punto / intervalo de ebullición:	3000°C (5432°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	N/D
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (20°C):	3,4 - 4,3 g/cm ³
Solubilidad (20°C):	Insoluble en agua, álcalis, ácidos diluidos y disolventes orgánicos.
Coef. de reparto (logK _{ow}):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log K _{oc} :	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Tamaño de partícula primario: ,0.15 - 0,40 µm
--------------------	---

SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**10.1 Reactividad**

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas.

10.5 Materiales incompatibles

No se conocen materiales incompatibles.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

Toxicidad aguda:	DL50 oral (rata, OECD 401): > 5000 mg/kg DL50 der (conejo, OECD 402): > 10000 mg/kg ETA-CL50 inh. (rata, 4hs., calc.): > 5 mg/l
Irritación o corrosión cutáneas:	Irritación dérmica (conejo, OECD 404): no irritante
Lesiones o irritación ocular graves:	Irritación ocular (conejo, OECD 405): no irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, OECD 406): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, OECD 403): no sensibilizante

Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

El dióxido de titanio (CAS 13463-67-7) está clasificado como cancerígeno humano posible (grupo 2B) por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos). [47,93; 2010]

Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: Puede provocar irritación de la nariz, garganta y pulmones.

Contacto con la piel: El contacto con el polvo puede causar irritación mecánica o reseca la piel.

Contacto con los ojos: El contacto del polvo con los ojos puede provocar irritación mecánica.

Ingestión: nocivo. Puede causar molestias gastrointestinales, náuseas, vómitos.

SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA**12.1 Toxicidad**

ETA-CE50 (O. mykiss, calc., 48 h): > 100 mg/l
CE50 (D. magna, OECD 202, 48 h): > 1000 mg/l
CE50 (P. subcapitata, OECD 201, 72 h): > 100 mg/l
ETA-CE50 (T. pyriformis, calc., 48 h): 1000 mg/l
ETA-CSEO (D. rerio, calc., 14 d): > 1 mg/l
ETA-CSEO (D. magna, calc., 14 d): > 1 mg/l

12.2 Persistencia y degradabilidad

BIODEGRADABILIDAD (estimado): Los pigmentos no son prácticamente biodegradables.

12.3 Potencial de bioacumulaciónLog K_{ow}: N/D

BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

12.4 Movilidad en el sueloLogK_{oc}: N/D

CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

El criterio de PBT y mPmB de REACH no aplica a sustancias inorgánicas.

12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos, pero contiene metales como titanio y aluminio.

SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: incineración.

SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE**14.1 TRANSPORTE TERRESTRE**

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropriado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)**Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG**

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
EMS:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Estiba y Segregación:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

Contaminante Marino: NO
Nombre para la documentación de transporte: NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D

SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES

16.1 Abreviaturas y acrónimos

N/A: no aplicable.	REL: Límite de Exposición Recomendada.
N/D: sin información disponible.	PEL: Límite de Exposición Permitido.
CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	ETA: estimación de la toxicidad aguda.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.	DL ₅₀ : Dosis Letal Media.
TLV: Valor Límite Umbral	CL ₅₀ : Concentración Letal Media.
TWA: Media Ponderada en el tiempo	CE ₅₀ : Concentración Efectiva Media.
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CI ₅₀ : Concentración Inhibitoria Media.
	]: Cambios respecto a la revisión anterior.

16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:

México: NOM-018-STPS-2000.
Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441
Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04
Costa Rica: Decreto N° 28113-S
Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001
Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998
Ecuador: NTE INEN 2 266:200
Peru: NTE Decreto N° 28113 – s

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.
Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.
Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.
Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015).
Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015).
Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC 90/28/Add.2.
Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.
Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.
Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).
International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.
La clasificación se ha efectuado en base a análogos químicos y a información del producto.
SECCIÓN 2: clasificación por analogía con otros productos, y en base a datos del producto.
SECCIÓN 9: datos del producto.
Inflamabilidad: conforme a datos de ensayos.
SECCIÓN 11 y 12: analogía con otros productos.
Toxicidad aguda: método de cálculo de estimación de toxicidad aguda.

Clasificación NFPA 704



Clasificación HMIS®

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
PELIGROS FÍSICOS	0
PROTECCIÓN PERSONAL	E

PERSONAL PROTECTION INDEX	
A	G
B	H
C	I
D	J
E	K
F	L
Aquellos que no se encuentran en esta lista deben ser evaluados individualmente.	
A	H
B	I
C	J
D	K
E	L
F	M
G	N
H	O
I	P
J	Q
K	R
L	S
M	T
N	U
O	V
P	W
Q	X
R	Y
S	Z
T	AA
U	AB
V	AC
W	AD
X	AE
Y	AF
Z	AG
AA	AH
AB	AI
AC	AJ
AD	AK
AE	AL
AF	AM
AG	AN
AH	AO
AI	AP
AJ	AQ
AK	AR
AL	AS
AM	AT
AN	AU
AO	AV
AP	AW
AQ	AX
AR	AY
AS	AZ
AT	BA
AU	BB
AV	BC
AW	BD
AX	BE
AY	BF
AZ	BG
BA	BH
BB	BI
BC	BJ
BD	BK
BE	BL
BF	BM
BG	BN
BH	BO
BI	BP
BJ	BQ
BK	BR
BL	BS
BM	BT
BN	BU
BO	BV
BP	BW
BQ	BX
BR	BY
BS	BZ
BT	CA
BU	CB
BV	CC
BW	CD
BX	CE
BY	CF
BZ	CG
CA	CH
CB	CI
CC	CJ
CD	CK
CE	CL
CF	CM
CG	CN
CH	CO
CI	CP
CJ	CQ
CK	CR
CL	CS
CM	CT
CN	CU
CO	CV
CP	CW
CQ	CX
CR	CY
CS	CZ
CT	DA
CU	DB
CV	DC
CW	DD
CX	DE
CY	DF
CZ	DG
DA	DH
DB	DI
DC	DJ
DD	DK
DE	DL
DF	DM
DG	DN
DH	DO
DI	DP
DJ	DQ
DK	DR
DL	DS
DM	DT
DN	DU
DO	DV
DP	DW
DQ	DX
DR	DY
DS	DZ
DT	EA
DU	EB
DV	EC
DW	ED
DX	EE
DY	EF
DZ	EG
EA	EH
EB	EI
EC	EJ
ED	EK
EE	EL
EF	EM
EG	EN
EH	EO
EI	EP
EJ	EQ
EK	ER
EL	ES
EM	ET
EN	EU
EO	EV
EP	EW
EQ	EX
ER	EY
ES	EZ
ET	FA
EU	FB
EV	FC
EW	FD
EX	FE
EY	FF
EZ	FG
FA	FH
FB	FI
FC	FJ
FD	FK
FE	FL
FF	FM
FG	FN
FH	FO
FI	FP
FJ	FQ
FK	FR
FL	FS
FM	FT
FN	FU
FO	FV
FP	FW
FQ	FX
FR	FY
FS	FZ
FT	GA
FU	GB
FV	GC
FW	GD
FX	GE
FY	GF
FZ	GG
GA	GH
GB	GI
GC	GJ
GD	GK
GE	GL
GF	GM
GG	GN
GH	GO
GI	GP
GJ	GQ
GK	GR
GL	GS
GM	GT
GN	GU
GO	GV
GP	GW
GQ	GX
GR	GY
GS	GZ
GT	HA
GU	HB
GV	HC
GW	HD
GX	HE
GY	HF
GZ	HG
HA	HH
HB	HI
HC	HJ
HD	HK
HE	HL
HF	HM
HG	HN
HH	HO
HI	HP
HJ	HQ
HK	HR
HL	HS
HM	HT
HN	HU
HO	HV
HP	HW
HQ	HX
HR	HY
HS	HZ
HT	IA
HU	IB
HV	IC
HW	ID
HX	IE
HY	IF
HZ	IG
IA	IH
IB	II
IC	IJ
ID	IK
IE	IL
IF	IM
IG	IN
IH	IO
II	IP
IJ	IQ
IK	IR
IL	IS
IM	IT
IN	IU
IO	IV
IP	IW
IQ	IX
IR	IY
IS	IZ
IT	JA
IU	JB
IV	JC
IW	JD
IX	JE
IY	JF
IZ	JG
JA	JH
JB	JI
JC	JJ
JD	JK
JE	JL
JF	JM
JG	JN
JH	JO
JI	JP
JJ	jq
JK	JR
JL	JS
JM	JT
JN	JU
JO	JV
JP	JW
jq	JX
JR	JY
JS	JZ
JT	KA
JU	KB
JV	KC
JW	KD
JX	KE
JY	KF
JZ	KG
KA	KH
KB	KI
KC	KJ
KD	KK
KE	KL
KF	KM
KG	KN
KH	KO
KI	KP
KJ	KQ
KK	KR
KL	KS
KM	KT
KN	KU
KO	KV
KP	KW
KQ	KX
KR	KY
KS	KZ
KT	LA
KU	LB
KV	LC
KW	LD
KX	LE
KY	LF
KZ	LG
LA	LH
LB	LI
LC	LJ
LD	LK
LE	LL
LF	LM
LG	LN
LH	LO
LI	LP
LJ	LQ
LK	LR
LL	LS
LM	LT
LN	LU
LO	LV
LP	LW
LQ	LX
LR	LY
LS	LZ
LT	MA
LU	MB
LV	MC
LW	MD
LX	ME
LY	MF
LZ	MG
MA	MH
MB	MI
MC	MJ
MD	MK
ME	ML
MF	MM
MG	MN
MH	MO
MI	MP
MJ	MQ
MK	MR
ML	MS
MM	MT
MN	MU
MO	MV
MP	MW
MQ	MX
MR	MY
MS	MZ
MT	NA
MU	NB
MV	NC
MW	ND
MX	NE
MY	NF
MZ	NG
NA	NH
NB	NI
NC	NJ
ND	NK
NE	NL
NF	NM
NG	NN
NH	NO
NI	NP
NJ	NQ
NK	NR
NL	NS
NM	NT
NN	NU
NO	NV
NP	NW
NQ	NX
NR	NY
NS	NZ
NT	OA
NU	OB
NV	OC
NW	OD
NX	OE
NY	OF
NZ	OG
OA	OH
OB	OI
OC	OJ
OD	OK
OE	OL
OF	OM
OG	ON
OH	OO
OI	OP
OJ	OQ
OK	OR
OL	OS
OM	OT
ON	OU
OO	OV
OP	OW
OQ	OX
OR	OY
OS	OZ
OT	PA
OU	PB
OV	PC
OW	PD
OX	PE
OY	PF
OZ	PG
PA	PH
PB	PI
PC	PJ
PD	PK
PE	PL
PF	PM
PG	PN
PH	PO
PI	PP
PJ	PQ
PK	PR
PL	PS
PM	PT
PN	PU
PO	PV
PP	PW
PQ	PX
PR	PY
PS	PZ
PT	QA
PU	QB
PV	QC
PW	QD
PX	QE
PY	QF
PZ	QG
QA	QH
QB	QI
QC	QJ
QD	QK
QE	QL
QF	QM
QG	QN
QH	QO
QI	QP
QJ	QQ
QK	QR
QL	QS
QM	QT
QN	QU
QO	QV
QP	QW
QQ	QX
QR	QY
QS	QZ
QT	RA
QU	RB
QV	RC
QW	RD
QX	RE
QY	RF
QZ	RG
RA	RH
RB	RI
RC	RJ
RD	RK
RE	RL
RF	RM
RG	RN
RH	RO
RI	RP
RJ	RQ
RK	RR
RL	RS
RM	RT
RN	RU
RO	RV
RP	RW
RQ	RX
RR	RY
RS	RZ
RT	SA
RU	SB
RV	SC
RW	SD
RX	SE
RY	SF
RZ	SG
SA	SH
SB	SI
SC	SJ
SD	SK
SE	SL
SF	SM
SG	SN
SH	SO
SI	SP
SJ	SQ
SK	SR
SL	SS
SM	ST
SN	SU
SO	SV
SP	SW
SQ	SX
SR	SY
SS	SZ
ST	TA
SU	TB
SV	TC
SW	TD
SX	TE
SY	TF
SZ	TG
TA	TH
TB	TI
TC	TJ
TD	TK
TE	TL
TF	TM
TG	TN
TH	TO
TI	TP
TJ	TQ
TK	TR
TL	TS
TM	TT
TN	TU
TO	TV
TP	TW
TQ	TX
TR	TY
TS	TZ
TT	UA
TU	UB
TV	UC
TW	UD
TX	UE
TY	UF
TZ	UG
UA	UH
UB	UI
UC	UJ
UD	UK
UE	UL
UF	UM
UG	UN
UH	UO
UI	UP
UJ	UQ
UK	UR
UL	US
UM	UT
UN	UU
UO	UV
UP	UW
UQ	UX
UR	UY
US	UZ
UT	VA
UU	VB
UV	VC
UW	VD
UX	VE
UY	VF
UZ	VG
VA	VH
VB	VI
VC	VJ
VD	VK
VE	VL
VF	VM
VG	VN
VH	VO
VI	VP
VJ	VQ
VK	VR
VL	VS
VM	VT
VN	VU
VO	VV
VP	VW
VQ	VX
VR	VY
VS	VZ
VT	WA
VU	WB
VV	WC
VW	WD
VX	WE
VY	WF
VZ	WG
WA	WH
WB	WI
WC	WJ
WD	WK
WE	WL
WF	WM
WG	WN
WH	WO
WI	WP
WJ	WQ
WK	WR
WL	WS
WM	WT
WN	WU
WO	WV
WP	WW
WQ	WX
WR	WY
WS	WZ
WT	XA
WU	XB
WV	XC
WW	XD
WX	XE
WY	XF
WZ	XG
XA	XH
XB	XI
XC	XJ
XD	XK
XE	XL
XF	XM
XG	XN
XH	XO
XI	XP
XJ	XQ
XK	XR
XL	XS
XM	XT
XN	XU
XO	XV
XP	XW
XQ	XX
XR	XY
XS	XZ
XT	YA
XU	YB
XV	YC
XW	YD
XX	YE
XY	YF
XZ	YG
YA	YH</

Anexo 13. Ficha técnica de seguridad del peróxido de hidrogeno.



PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Revisión: mayo de 2017 – Versión: 5

SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Según la hoja técnica del producto.

1.3 Datos del proveedor de la Ficha de Datos de Seguridad

GTM México	Boulevard Benito Juárez #75 Col. San Mateo Cuautepec, Tultitlán, Estado de México CP 54948.
GTM Guatemala S. A.	Km 26.4 carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala
GTM El Salvador S. A.	Km 7 ½, Antigua Carretera Panamericana, Soyapango San Salvador
Grupo Transmerquim S. A. de C.V. (Honduras)	Bo. La Guardia, 33 calle, 2da Ave. Frente al IHCAFE, SO. San Pedro Sula, Honduras.
GTM Nicaragua S. A.	Cuesta del plomo, 800mts, Managua
GTM Costa Rica	Del servicentro Cristo Rey en Ochomogo de Cartago, 800 mts hacia el este. Costa Rica
GTM Panamá	Los Andes No.1, San Miguelito. Panamá, Panamá.
GTM Colombia S. A.	Carrera 46 No 91-7 Bogotá, Colombia.
GTM Perú S. A.	Av. Rep. de Panama 3535 Oficina 502 San Isidro. Perú
GTM Ecuador	Av. De los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro, Ed. Parque Central, Of. 1207
GTM Argentina Comercio de Productos Químicos S.A.	Encarnación Ezcurra 365 – Piso 4 – Oficina C
GTM do Brasil	Puerto Madero, C.A.B.A – C1107CLA – Argentina
	Praia de Botafogo nº 228 / sala 610, Ala B, Botafogo. CEP 22250-040
	Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1.4 Teléfono de emergencias

México :	+52 55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala:	+502 6628 5858
El Salvador:	+503 2251 7700
Honduras:	+504 2564 5454
Nicaragua:	+505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 911. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 911
Colombia:	+018000 916012 – Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú:	+511 614 65 00
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina:	+54 11 4611 2007 – 0800 222 2933
Brasil:	+55 21 3591 1868

SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Líquidos comburentes (Categoría 2)
 Toxicidad aguda, oral (Categoría 4)
 Toxicidad aguda, inhalación (Categoría 4)
 Corrosión cutánea (Categoría 1A) – Lesiones oculares graves (Categoría 1)
 Toxicidad sistémica específica de órganos diana - exposición única (Categoría 3)
 Peligro para el medio ambiente acuático – peligro agudo (Categoría 2)

2.2 Elementos de la etiqueta**Pictograma:****Palabra de advertencia:** PELIGRO**Indicaciones de peligro:**

H272 - Puede agravar un incendio; comburente.

H302 - Nocivo en caso de ingestión.

H314 - Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares graves.

H332 - Nocivo si se inhala.

H335 - Puede irritar las vías respiratorias.

H401 - Tóxico para los organismos acuáticos.

Consejos de prudencia:

P210 - Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar.

P260 - No respirar humos, gases, nieblas, vapores o aerosoles.

P273 - No dispersar en el medio ambiente.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P303 + P361 + P353 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.

P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P310 - Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

P370 + P378 - En caso de incendio: Utilizar niebla de agua, espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono (CO₂) para la extinción.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

Ninguno.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES**3.1 Sustancia**

No aplica.

3.2 Mezcla

COMPONENTES EN LA MEZCLA	No. CAS	% PESO	CLASIFICACIÓN
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1	50 - 60	Ox. Liq. 1; Acute Tox. 4; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; STOT-SE 3R; Aquatic Acute 2; Aquatic Chronic 2
Agua	7732-18-5	40 - 50	Not classified

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 15 minutos. No neutralizar ni agregar sustancias distintas del agua. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico. Puede ocasionar serios daños a la córnea, conjuntivas u otras partes del ojo.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: Nocivo si se inhala. La inhalación de aerosoles puede causar irritación a las membranas mucosas, tos, broncoespasmo reflejo, disnea y edema pulmonar. Puede ocurrir edema de glotis y daño pulmonar.

Contacto con la piel: Provoca irritación severa, dermatitis, quemaduras.

Contacto con los ojos: Causa irritación, conjuntivitis, lacrimación, quemaduras, lesiones oculares irreversibles.

Ingestión: Nocivo por ingestión. La exposición grande puede ser fatal. Provoca quemaduras.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS**5.1 Medios de extinción**

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO₂. Inundar con agua.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El recipiente sometido al calor puede explotar inesperadamente y proyectar fragmentos peligrosos. Puede reaccionar explosivamente con hidrocarburos (combustibles), y encender otros materiales combustibles (madera, papel, aceite, ropa, etc.).

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:**

Inunde el área de incendio con agua a distancia. Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Para incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames. En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia****6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia**

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma y de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el producto con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada.

Neutralización: hidróxido de calcio o bicarbonato de sodio. Neutralizar cuidadosamente, y con supervisión de un especialista. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias. Evitar la inhalación del producto. Use los EPP. Mantenga el recipiente cerrado. Use con ventilación adecuada. Manejar los envases con cuidado. Utilizar equipamiento y ropa que evite la acumulación de cargas electrostáticas. Controlar y evitar la formación de atmósferas explosivas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Revisar periódicamente los envases para advertir pérdidas y roturas. Evitar el contacto del producto con materiales inflamables o combustibles.

Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

Productos incompatibles: Sustancias inflamables o combustibles y materiales orgánicos. Descompone por reacción con soluciones alcalinas. Reacciona con cobre, aluminio, zinc y sus aleaciones.

SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**8.1 Parámetros de control**

CMP (Res. MTESS 295/03):	1 ppm; Peróxido de hidrógeno
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	1 ppm; Peróxido de hidrógeno
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	1 ppm; Peróxido de hidrógeno
IDLH (NIOSH):	75 ppm; Peróxido de hidrógeno
REL-TWA:	1 ppm; Peróxido de hidrógeno
PNEC (agua):	N/D
PNEC (mar):	N/D
PNEC-STP:	N/D

8.2 Controles de exposición**8.2.1 Controles técnicos apropiados**

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavajojos.

8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o butilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para vapores orgánicos (A). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico:	Líquido.
Color:	Incoloro.
Olor:	pungente.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	< 2
Punto de fusión / de congelación:	-56°C (-69°F)
Punto / intervalo de ebullición:	120°C (248°F)
Tasa de evaporación:	1
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/A
Límites de inflamabilidad:	N/A

Presión de vapor (20°C):	1,3 kPa
Densidad de vapor (aire=1):	1 (peróxido de hidrógeno al 50%)
Densidad (20°C):	1,195 g/cm³
Solubilidad (20°C):	Completamente miscible en agua
Coef. de reparto (logK _{ow}):	N/A
Temperatura de autoignición:	N/A
Temperatura de descomposición:	60°C (140°F) - Temperatura de descomposición auto-acelerada (SADT) con liberación de oxígeno.
Viscosidad cinemática (20°C):	1,07 cP (peróxido de hidrógeno al 27,5%) 1,17 cP (peróxido de hidrógeno al 50%)
Tensión superficial (20°C):	74 mN/m (peróxido de hidrógeno al 27,5%) 75,6 mN/m (peróxido de hidrógeno al 50%)
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log K _{oc} :	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	Comburente: la sustancia puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

9.2 Información adicional

Otras propiedades: Ninguna.

SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**10.1 Reactividad**

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. Puede ser corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

10.2 Estabilidad química

El producto no es químicamente estable, requiere estabilizantes.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas, descargas estáticas, calor, presión, choques o vibraciones. Fuentes de ignición. Evitar el contacto del producto con materiales inflamables o combustibles.

10.5 Materiales incompatibles

Sustancias inflamables o combustibles y materiales orgánicos. Descompone por reacción con soluciones alcalinas. Reacciona con cobre, aluminio, zinc y sus aleaciones.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda:	DL50 oral (rata, OECD 401): 1518 mg/kg DL50 der (conejo, OECD 402): N/D CL50 inh. (rata, 4hs., OECD 403): 20 mg/l
Iritación o corrosión cutáneas:	Iritación dérmica (conejo, OECD 404): corrosivo
Lesiones o irritación ocular graves:	Iritación ocular (conejo, OECD 405): corrosivo
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, OECD 406): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, OECD 429): no sensibilizante

Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).

Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: Nocivo si se inhala. La inhalación de aerosoles puede causar irritación a las membranas mucosas, tos, broncoespasmo reflejo, disnea y edema pulmonar. Puede ocurrir edema de glotis y daño pulmonar.

Contacto con la piel: Provoca irritación severa, dermatitis, quemaduras.

Contacto con los ojos: Causa irritación, conjuntivitis, lacrimación, quemaduras, lesiones oculares irreversibles.

Ingestión: Nocivo por ingestión. La exposición grande puede ser fatal. Provoca quemaduras.

SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA**12.1 Toxicidad**

CL50 (O. mykiss, OECD 203, 96 h): 16,4 mg/l
CE50 (D. magna, OECD 202, 48 h): 2,4 mg/l
CE50 (P. subcapitata, OECD 201, 72 h): 2,5 mg/l
CE50 (T. pyriformis, OECD 209, 48 h): N/D
CSEO (D. rerio, OECD 204, 14 d): N/D
CSEO (D. magna, OECD 211, 14 d): N/D

12.2 Persistencia y degradabilidad

BIODEGRADABILIDAD (estimado): el producto es fácilmente biodegradable.

12.3 Potencial de bioacumulación

Log K_{ow}: N/A

BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

La bioacumulación es improbable.

12.4 Movilidad en el suelo

LogK_{oc}: N/D

CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

Puede ser lixiviado del suelo.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios PBT del anexo XIII del reglamento REACH.

Esta sustancia/mezcla no cumple los criterios mPmB del anexo XIII del reglamento REACH.

12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos ni metales.

SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: tratamiento de aguas residuales.

SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE**14.1 TRANSPORTE TERRESTRE**

Nombre Apropriado para el Transporte:	SOLUCIONES ACUOSAS DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO
N° UN/ID:	2014
Clase de Peligro:	5.1 (8)
Grupo de Embalaje:	II
Código de Riesgo:	58
Cantidad limitada y exceptuada:	ADR: 1L / E2 R.195/97: 100 Kg

**14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)**

Nombre Apropriado para Embarque:	SOLUCIONES ACUOSAS DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO
N° UN/ID:	2014
Clase de Peligro:	5.1 (8)
Grupo de Embalaje:	II
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	PROH
Instrucciones para aviones de carga:	PROH
CRE:	5C
Disposiciones especiales:	A2 - A75

**14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)****Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG**

Nombre Apropriado para el Transporte:	SOLUCIONES ACUOSAS DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO
UN/ID N°:	2014
Clase de Peligro:	5.1 (8)
Grupo de Embalaje:	II
EMS:	F-H; S-Q
Estiba y Segregación:	Categoría D
Contaminante Marino:	NO
Nombre para la documentación de transporte:	UN2014; HYDROGEN PEROXIDE, AQUEOUS SOLUTION; Class 5.1(8); PG II

**SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN**

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D

nida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

16.5 Control de cambios

mayo de 2017 Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

Tabla 35.
Matriz de Consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Fases	Actividad	Metodología
General	General	General	Dependientes			El presente trabajo de investigación está orientado a Investigación: *Cualitativa Tipo de Investigación: *Experimental Porque se relaciona la eficiencia de la variable independiente (cantidad de Nano partículas de dióxido de titanio TiO_2 y peróxido de hidrogeno H_2O_2), en la presencia de las aguas contaminadas, sobre variable dependiente como los parámetros fisicoquímicos
¿Existirá eficiencia en el proceso de oxidación fotocatalítica mediante nano partículas de dióxido de titanio (TiO_2) y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para el tratamiento de aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria?	Evaluar la eficiencia del proceso de oxidación foto catalítica empleando nano partículas del dióxido de titanio (TiO_2), y peróxido de hidrogeno (H_2O_2) para el tratamiento de aguas residuales de un servicio de alimentación hospitalaria.	Mediante la oxidación foto catalítica como tratamiento se produce la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual del servicio de alimentación hospitalaria (Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja).	Fisicoquímicos: DBO ₅ , DQO, SST Y A y G	Implementación y alquiler del reactor para llevar a cabo el tratamiento	Implementación y funcionamiento del Reactor Bach	
				Caracterización de las aguas residuales industriales	Recolección de muestras.	
				Interpretación de las eficiencias.	Interpretación de los resultados.	
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicos	Independientes			
¿Cuál es la concentración de la carga de los contaminantes; ¿demanda biológica del oxígeno (DBO ₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y Aceites y grasas (A y G), presentes en las	Determinar la concentración de la carga de los contaminantes; demanda biológica del oxígeno (DBO ₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y Aceites y grasas (A y G), presentes en las aguas residuales generadas por el servicio alimentación hospitalaria.	Mediante las características del agua de investigación se podrá implantar Reactor tipo Bach para el tratamiento de aguas residuales	Dióxido de Titanio (TiO_2), Peróxido de hidrogeno (H_2O_2)	Implementación y alquiler del reactor tipo Bach	Fases como el diagnóstico, la verificación de la trampa de grasa, toma de pre muestras, la inversión de un laboratorio acreditado para las 12 repeticiones de	

aguas residuales generadas por el servicio alimentación hospitalaria?					cada parámetro físico químico	DQO, DBO, SST, Ay G (Anexo 1, VMA). Donde se desarrolla la recolección, análisis e interpretación de datos, así como las inferencias derivadas de los resultados. Es secuencial donde confirmar o no las predicciones previas emanadas de la literatura. La producción de datos estadísticos permite controlar la generación de respuestas y obtener resultados positivos, si cuenta con recomendaciones para mejorar los trabajos cuantificables ya que persigue técnicas para alcanzar los objetivos y requiere
¿Cuál es el nivel de concentración adecuada de la nano partículas de dióxido de Titanio (TiO ₂) para la degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?	Determinar el nivel de concentración adecuada de nano partículas de dióxido de Titanio (TiO ₂) para la degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.	Mediante la caracterización de los parámetros fisicoquímicos se podrá analizar datos de pre y post % de remoción		Recolección de muestras	Recojo de Muestra de Agua Residual industrial. Análisis en el laboratorio acreditado. Análisis en el laboratorio acreditado. Obtención de resultados.	
¿Cuál es el nivel de concentración adecuada de peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) para la oxidación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?	Determinar el nivel de concentración adecuada de peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) para la oxidación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.	Mediante los Resultados del laboratorio se podrá interpretar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos en el tratamiento del agua residual industrial el proceso es definido como la fotorreacción acelerada a través del uso de un catalizador y que junto con los rayos UV degradan los contaminantes presenten en el agua residual contaminado (E. mejía franco 2015)	Esta variable será medida teniendo en cuenta las dimensiones de la fotocatalisis ya que esta genera una extensión de bandas de valencia y conducción, entre el catalizador y la luz UV.	Obtención de datos de laboratorio. Análisis estadístico y matemático.	Introducción de los resultados de laboratorio al software STATISTICA. Interpretación y análisis estadísticos. Interpretación de porcentaje de remoción mediante cálculos matemáticos.	

¿Cuál es el tiempo óptimo para que las nano partículas de dióxido de titanio (TiO ₂), y peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) logre la mayor degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria?	Determinar el tiempo óptimo para que las nano partículas de dióxido de titanio (TiO ₂) y peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) logre mayor degradación de los contaminantes presentes en el agua residual generados por el servicio de alimentación hospitalaria.	Mediante los análisis dentro del tratamiento de oxidación foto catalítica como las pruebas preliminares antes de llevarlas al laboratorio, mediante la bibliografía estudiada que avala el tiempo óptimo para el tratamiento	Las variables independientes Dióxido de Titanio (TiO ₂), Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	Realizar el tratamiento foto catalítico mediante las variables independientes a diferentes tiempos y concentraciones	Implementación y funcionamiento del Reactor Bach Correr los datos en el programa estadístico Determinar el tiempo optimo	estudiar para demostrarlo en números. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2000)
¿Cuál es la calidad del efluente antes y después de su tratamiento con diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO ₂) y peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)?	Evaluar la calidad del efluente antes y después de su tratamiento con diferentes concentraciones de nano partículas de dióxido de titanio (TiO ₂) y peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂).	Mediante la estadística (Statics) que genera una conjugación de concentraciones para los 12 tratamientos por parámetro, mediante la oxidación foto catalítica como tratamiento se produce la evaluación de la calidad del efluente del servicio de alimentación hospitalaria (Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja).	Las variables independientes Dióxido de Titanio (TiO ₂), Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	Recolección de datos para la conjugación de las diferentes concentraciones con el programa estadístico.	Realizar la carta de autorización para la elaboración del proyecto y las tomas de muestra del (Instituto Nacional de la Salud del Niño, San Borja). Realizar pruebas Pre, realizar el tratamiento y tomar muestras Post, interpretación de los resultados.	

Fuente: Elaboración propia del investigador

Tabla 36.
Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del DBO5.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	255.3523	8.43517	30.27232	0.000079	228.508	282.1968	255.3523	8.435173	228.5078	282.1968
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-97.2727	11.99046	-8.11251	0.003915	-135.432	-59.1137	-48.6364	5.995228	-67.7159	-29.5569
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	534.7270	13.52720	39.52975	0.000036	491.677	577.7766	267.3635	6.763601	245.8387	288.8883
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	-62.6768	11.99046	-5.22722	0.013621	-100.836	-24.5178	-31.3384	5.995228	-50.4179	-12.2589
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	178.0943	13.52720	13.16564	0.000947	135.045	221.1439	89.0472	6.763601	67.5224	110.5720
1L by 2L	5.0000	16.87207	0.29635	0.786296	-48.694	58.6944	2.5000	8.436034	-24.3472	29.3472

Tabla 37.
Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de la DBO5.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	73.9436	0.860732	85.9079	0.000003	71.2044	76.6829	73.9436	0.860732	71.2044	76.6829
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	9.9258	1.223516	8.1125	0.003915	6.0320	13.8196	4.9629	0.611758	3.0160	6.9098
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	-54.5640	1.380327	-39.5298	0.000036	-58.9568	-50.1712	-27.2820	0.690163	-29.4784	-25.0856
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	6.3956	1.223516	5.2272	0.013621	2.5018	10.2894	3.1978	0.611758	1.2509	5.1447
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	-18.1729	1.380327	-13.1656	0.000947	-22.5657	-13.7801	-9.0864	0.690163	-11.2829	-6.8900
1L by 2L	-0.5102	1.721640	-0.2963	0.786296	-5.9892	4.9688	-0.2551	0.860820	-2.9946	2.4844

Tabla 38.
Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del DQO.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	1006.317	3.325694	302.5886	0.000000	995.733	1016.901	1006.317	3.325694	995.733	1016.901
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-23.838	4.727418	-5.0426	0.015039	-38.883	-8.794	-11.919	2.363709	-19.442	-4.397
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	50.844	5.333304	9.5333	0.002448	33.871	67.817	25.422	2.666652	16.936	33.908
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	-420.354	4.727418	-88.9182	0.000003	-435.398	-405.309	-210.177	2.363709	-217.699	-202.654
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	-36.401	5.333304	-6.8252	0.006435	-53.374	-19.428	-18.200	2.666652	-26.687	-9.714
1L by 2L	-17.500	6.652067	-2.6308	0.078274	-38.670	3.670	-8.750	3.326034	-19.335	1.835

Tabla 39.
Resultados de efectos para el porcentaje de remoción del DQO.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	57.31808	0.275991	207.6808	0.000000	56.43975	58.19641	57.31808	0.275991	56.43975	58.19641
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	1.97829	0.392317	5.0426	0.015039	0.72976	3.22682	0.98914	0.196158	0.36488	1.61341
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	-4.21942	0.442598	-9.5333	0.002448	-5.62796	-2.81087	-2.10971	0.221299	-2.81398	-1.40544
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	34.88411	0.392317	88.9182	0.000003	33.63558	36.13264	17.44206	0.196158	16.81779	18.06632
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	3.02082	0.442598	6.8252	0.006435	1.61228	4.42937	1.51041	0.221299	0.80614	2.21468
1L by 2L	1.45228	0.552039	2.6308	0.078274	-0.30455	3.20912	0.72614	0.276019	-0.15228	1.60456

Tabla 40.

Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del SST.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	148.1867	13.66349	10.84544	0.001677	104.703	191.6700	148.1867	13.66349	104.7033	191.6700
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-56.0101	19.42243	-2.88378	0.063333	-117.821	5.8007	-28.0051	9.71121	-58.9105	2.9004
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	546.9188	21.91168	24.96014	0.000141	477.186	616.6515	273.4594	10.95584	238.5930	308.3258
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	-50.4545	19.42243	-2.59775	0.080533	-112.265	11.3563	-25.2273	9.71121	-56.1327	5.6781
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	251.0004	21.91168	11.45510	0.001428	181.268	320.7332	125.5002	10.95584	90.6338	160.3666
1L by 2L	12.5000	27.32978	0.45738	0.678490	-74.476	99.4755	6.2500	13.66489	-37.2378	49.7378

Tabla 41.

Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de SST.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	82.8488	1.581423	52.3887	0.000015	77.8160	87.8816	82.8488	1.581423	77.8160	87.8816
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	6.4827	2.247966	2.8838	0.063333	-0.6714	13.6367	3.2413	1.123983	-0.3357	6.8183
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	-	2.536074	-24.9601	0.000141	-71.3717	-55.2299	-31.6504	1.268037	-35.6859	-27.6149
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	5.8396	2.247966	2.5977	0.080533	-1.3144	12.9937	2.9198	1.123983	-0.6572	6.4968
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	-	2.536074	-11.4551	0.001428	-37.1219	-20.9801	-14.5255	1.268037	-18.5609	-10.4900
1L by 2L	-1.4468	3.163169	-0.4574	0.678490	-11.5134	8.6199	-0.7234	1.581584	-5.7567	4.3099

Tabla 42.

Resultados de efectos para la cuantificación de eficiencia del A y G

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95. %	+95. %	Coeff.	Std.Err.	-95. %	+95. %
Mean/Interc.	34.9401	2.217130	15.7592	0.000555	27.884	41.9960	34.9401	2.217130	27.8842	41.9960
(1)Nano titanio (mg/100mL)(L)	-94.1414	3.151612	-29.8709	0.000082	104.171	-84.1116	-47.0707	1.575806	-52.0856	-42.0558
Nano titanio (mg/100mL)(Q)	361.2791	3.555536	101.6103	0.000002	349.964	372.5944	180.6396	1.777768	174.9819	186.2972
(2)Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(L)	-33.3333	3.151612	-10.5766	0.001806	-43.363	-23.3035	-16.6667	1.575806	-21.6816	-11.6517
Peróxido de oxígeno (mil/100mL)(Q)	95.9730	3.555536	26.9926	0.000112	84.658	107.2883	47.9865	1.777768	42.3289	53.6442
1L by 2L	-1.0000	4.434712	-0.2255	0.836083	-15.113	13.1132	-0.5000	2.217356	-7.5566	6.5566

Tabla 43.

Resultados de efectos para el porcentaje de remoción de Ay G.

	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95.%	+95.%	Coeff.	Std.Err.	-95.%	+95.%
Mean/Interc.	96.3375	0.232404	414.527	0.000000	95.5979	97.0771	96.3375	0.232404	95.5979	97.0771
(1)Nanotitanio (mg/100mL)(L)	9.8681	0.330358	29.871	0.000082	8.8167	10.9194	4.9340	0.165179	4.4084	5.4597
Nanotitanio (mg/100mL)(Q)	-37.8699	0.372698	-101.610	0.000002	-39.0560	-36.6838	-18.9350	0.186349	-19.5280	-18.3419
(2)Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(L)	3.4941	0.330358	10.577	0.001806	2.4427	4.5454	1.7470	0.165179	1.2214	2.2727
Peróxido de oxígeno (mL/100mL)(Q)	-10.0601	0.372698	-26.993	0.000112	-11.2462	-8.8740	-5.0300	0.186349	-5.6231	-4.4370
1L by 2L	0.1048	0.464854	0.225	0.836083	-1.3746	1.5842	0.0524	0.232427	-0.6873	0.7921