

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUÍMICA**



**TESIS**

**“RENDIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES  
(EM) PARA LA DEGRADACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA  
EN LA MEJORA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE EXPENDIOS DE  
COMIDA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR  
CHUMACERO URTIAGA FIORELLA YESCENIA  
MARTÍNEZ LINARES CÉSAR FRANK**

**ASESOR**

**ING° ROBERTO LAZO CAMPOSANO**

**CALLAO – 2018**

**PERU**

# TESIS - MARTÍNEZ LINARES Y CHUMACERO URTIAGA

**11%**  
Textos sospechosos



**10% Similitudes**  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS - MARTÍNEZ LINARES Y CHUMACERO URTIAGA.pdf  
ID del documento: c39c1dc3a71629b3adec76bc61e16cf13f8c6dc3  
Tamaño del documento original: 2.58 MB

Depositante: FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION  
Fecha de depósito: 18/4/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 18/4/2024

Número de palabras: 20.071  
Número de caracteres: 137.838

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repository.javeriana.edu.co</b> https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8207/tesis204.pdf?sequence=1 23 fuentes similares	10%		Palabras idénticas: 10% (2004 palabras)
2	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2382/1/TP_JSA_00013_2015.pdf 15 fuentes similares	8%		Palabras idénticas: 8% (1657 palabras)
3	<b>library.co</b>   Microorganismos Eficientes EM - Tratamiento de lodos fecales en letri... https://library.co/article/microorganismos-eficientes-tratamiento-lodos-fecales-letrina-traditional... 7 fuentes similares	6%		Palabras idénticas: 6% (1281 palabras)
4	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> https://repositorio.uncp.edu.pe/443/bitstream/handle/20.500.12894/3461/Beltran Beltran-Campos R... 10 fuentes similares	6%		Palabras idénticas: 6% (1177 palabras)
5	<b>cybertesis.unmsm.edu.pe</b> https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/20.500.12672/3885/1/Huané_jl.pdf 5 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (412 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/af2a8f5f-6b24-488d-a40d-447c0fc1f20d/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	<b>repositorio.upse.edu.ec</b> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6395/1/U/PSE-TIA-2021-0101.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	<b>dspace.espoch.edu.ec</b> http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4099/3/96T00283_UDCTFC.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	<b>hemeroteca.unad.edu.co</b>   Tratamiento de grasas y aceites por medio de bacteria... https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/download/5632/56...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
5	<b>www.scielo.org.pe</b> http://www.scielo.org.pe/pdf/arnalw26n1/a23v26n1.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)

### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)
- <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>
- <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2408>
- <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>
- [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT\\_b1eeb1e465e057f9ffb607c7bb39577/details](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_b1eeb1e465e057f9ffb607c7bb39577/details)

## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue sustentada por la Bachiller **CHUMACERO URTIAGA FIORELLA YESCENIA** y el Bachiller **MARTÍNEZ LINARES CÉSAR FRANK** ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° RODRIGUEZ TARANCO OSCAR JUAN	Presidente
ING° RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	Secretario
ING° IPANAQUE MAZA CALIXTO	Vocal
ING° LAZO CAMPOSANO ROBERTO	Asesor

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 01 Folio N° 027 y Acta N° 026 de fecha 25 de enero del 2018, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 309–2017–CU del 24 de octubre de 2017

## **DEDICATORIA**

La presente investigación de tesis está dedicada a:

**A mis padres**, Rubén Antonio Chumacero Aguilar y Rosa Huadalupe Urtiaga Pastor, por su apoyo incondicional durante toda nuestra vida universitaria y personal.

**A mis hermanos**, Noelia Chumacero y Rubén Chumacero, por estar alentándonos siempre con sus consejos y dándonos ánimos en cada etapa de mi vida.

**A nuestros profesores**, que nos guiaron arduamente para alcanzar este título anhelado.

**CHUMACERO URTIAGA FIORELLA  
YESCENIA**

**A mi madre**, Rosa Ysabel Linares Rivas, por su apoyo incondicional durante toda nuestra vida universitaria y personal.

**A mis hermanos**, María Martínez y Tommy Varas, por estar alentándonos siempre con sus consejos y dándonos ánimos en cada etapa de mi vida.

**A nuestros profesores**, que nos guiaron arduamente para alcanzar este título anhelado.

**MARTÍNEZ LINARES CÉSAR FRANK**

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A nuestros familiares que de una u otra manera alentaron a finalizar el desarrollo de la tesis.

A los miembros del jurado examinador por su colaboración en la culminación de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao por las asesorías proporcionadas para la realización de nuestro proyecto.

A nuestros profesores que nos guiaron en el desarrollo de nuestro proyecto.

Y finalmente, hacia todas las personas con las que compartimos este tiempo a través de quienes aprendimos a reconocer nuestras fortalezas y debilidades en este camino interminable que conduce a nuestra propia evolución.

# ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO.....	0
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION.....	3
1.1 Identificación del problema.....	3
1.2 Formulación del problema .....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Importancia.....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.3 Marco Conceptual.....	11
2.3.1 Aguas Residuales (AR).....	11
2.3.1.1 Aguas Residuales domésticas (ARD).....	11
2.3.1.2 Aguas Residuales no domésticas (ARND).....	12

2.3.2	Contaminantes fisicoquímicos de aguas residuales no domésticas...	13
2.3.2.1	Sólidos Suspendidos totales (SST) .....	13
2.3.2.2	Aceites y Grasas (AYG) .....	13
2.3.2.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	13
2.3.2.4	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	14
2.3.3	Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales no domésticas.....	14
2.3.4	Tratamiento Anáerobico.....	15
2.3.5	Microorganismos como biodegradadores.....	17
2.3.6	Microorganismos eficaces (EM) y su uso en aguas residuales.....	18
2.3.7	Microorganismos eficaces (EM).....	20
2.3.7.1	Bacterias Fotosintéticas (Rhodospirillum rubrum).....	20
2.3.7.2	Bacterias ácidos lácticos (Lactobacillus spp).....	22
2.3.7.3	Levaduras (Saccharomyces).....	24
2.3.8	Marco legal y normativo.....	26
2.3.9	Recomendaciones de SEDAPAL.....	29
2.3.9.1	Ubicación de los dispositivos aisladores de grasa.....	29
2.3.9.2	Dimensionamiento de los dispositivos aisladores de grasa.....	29
2.3.9.3	Importancia sobre los dispositivos aisladores de grasas.....	30
2.4	Definición de términos.....	32
III.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	35
3.1	Variables de la investigación.....	35

3.2 Operacionalización de Variables.....	36
3.3 Hopotesis General e Hipotesis Específicas.....	37
IV.METODOLOGÍA.....	38
4.1 Tipo de Investigación.....	38
4.2 Diseño de la Investigación.....	38
4.3 Población y muestra.....	40
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	40
4.5 Procedimientos de recolección de datos.....	42
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	51
V. RESULTADOS.....	64
VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....	93
6.1 Contrastacion de hipotesis con los resultados.....	93
6.2 Contrastacion de resultados con otros estudios similares.....	96
VII. CONCLUSIONES.....	97
VIII. RECOMENDACIONES .....	98
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	99
ANEXOS.....	101
ANEXO N° 01 Matriz de consistencia.....	102
ANEXO N° 02 Informes de análisis: Empresa TYPESA.....	103
ANEXO N° 03 D.S. N°021-2009-VIVIENDA.....	109
ANEXO N°04: Análisis del Ph de los microorganismos eficaces.....	111

# TABLAS DE CONTENIDO

2.1 Anexo N° 1: (VMA)- D.S. N° 021-2009 VIVIENDA.....	15
3.1 Operacionalización de variables.....	36
4.1 Factores y niveles.....	39
4.2 Diseño de taguchi.....	39
4.3 Diseño de Taguchi: Resultados de análisis de degradación.....	52
4.4 Diseño de Taguchi para DBO.....	53
4.5 Análisis estadístico de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	54
4.6 Diseño de Taguchi para DQO.....	55
4.7 Análisis estadístico de Demanda Química de Oxígeno.....	56
4.8 Diseño de Taguchi para SST.....	58
4.9 Análisis estadístico de Solidos Suspendidos Totales.....	59
4.10 Diseño de Taguchi para AyG.....	61
4.11 Análisis estadístico de Aceites y Grasas.....	62
5.1 Características fisicoquímicas del agua residual no doméstica del expendio de comida y los VMA.....	64
5.2 Resultados iniciales en el análisis de DBO .....	65
5.3 Resultados iniciales en el análisis de DQO.....	67
5.4 Resultados iniciales en el análisis de SST.....	68
5.5 Resultados iniciales en el análisis de AyG.....	70
5.6 Comparación de diferentes concentraciones sobre DBO.....	72
5.7 Comparación de diferentes concentraciones sobre DQO.....	74
5.8 Comparación de diferentes concentraciones sobre SST.....	76
5.9 Comparación de diferentes concentraciones sobre AyG.....	78
5.10 Concentración de los EMa comparados con la norma.....	80

5.11	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre DBO.....	81
5.12	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre DQO.....	83
5.13	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre SST.....	84
5.14	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre AyG.....	85
5.15	Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces.....	86
5.16	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre DBO.....	87
5.17	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre DQO.....	88
5.18	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre SST.....	89
5.19	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre AyG.....	90
5.20	Resultados del Rendimiento de EMa: % de degradación.....	92

## **TABLA DE GRÁFICOS**

4.1	Interacción para DBO medias de datos.....	54
4.2	Efectos principales para DBO .....	55
4.3	Interacción para DQO medias de datos.....	57
4.4	Efectos principales para DQO.....	57
4.5	Interacción para DQO medias de datos.....	59
4.6	Efectos principales para SST .....	60
4.7	Interacción para AyG medias de datos.....	62
4.8	Efectos principales para AyG .....	63
5.1	Comparación del valor inicial prom. con VMA EN DBO.....	66
5.2	Comparación del valor inicial prom. con VMA EN DQO.....	68
5.3	Comparación de valor inicial prom. con VMA en SST.....	69
5.4	Comparación del valor inicial prom. con VMA en SST.....	71
5.5	Comparación de diferentes concentraciones sobre DBO.....	73

5.6	Comparación de diferentes concentraciones sobre DQO.....	75
5.7	Comparación de diferentes concentraciones sobre SST.....	77
5.8	Comparación de diferentes concentraciones sobre AyG.....	79
5.9	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre DBO.....	82
5.10	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre DQO.....	83
5.11	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre SST.....	84
5.12	Tiempo Vs Concentraciones de EMa sobre AyG.....	86
5.13	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre DBO.....	88
5.14	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre DQO.....	89
5.15	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre SST.....	90
5.16	Rendimiento de EMa: % de degradación sobre AyG.....	91

## **TABLAS DE FIGURAS**

2.1	Proceso biológico en anaerobiosis.....	17
2.2	Microorganismos eficaces (EM).....	20
2.3	Bosquejo de un sistema de tratamientos de grasas.....	30
4.1	Recolección de muestra.....	42
4.2	Dosificación en envases rectangulares.....	43
4.3	Proceso de la toma de muestra.....	44
4.4	Proceso de activación de EM <sup>TM</sup> .....	46
4.5	Proceso de tratamiento de EM <sup>TM</sup> .....	47

## **CUADROS**

4.1	Características diseño de Taguchi.....	51
-----	--	----

## RESUMEN

La presente tesis determina el rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida, buscando cumplir la norma D.S. N° 021–2009–VIVIENDA.

La investigación realizada fue de tipo experimental y consistió en la degradación de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Solido Suspendidos Totales (SST) y Aceites y Grasas (AyG), con respecto a la concentración de los microorganismos eficaces (EM) y el tiempo de inoculación, mediante un diseño experimental de la metodología Taguchi.

Finalmente se obtuvo un rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) con un porcentaje de degradación en el análisis de DBO de 98,65 %, de DQO de 99,56 %, de SST de 96,75% y AyG de 99,92% en una concentración de 4% de microorganismos eficaces activados (EMa) en el tiempo de inoculación de 27 días.

**Palabras claves :** Agua residual no doméstica, carga orgánica, rendimiento de microorganismos eficaces (EM).

## ABSTRACT

This thesis determines the performance of effective microorganisms (EM) for the degradation of the organic load in the improvement of the treatment of non-domestic wastewater from food outlets, seeking to comply with the D.S. N° 021–2009–HOUSING.

The research carried out was of an experimental type and consisted of the degradation of the following physicochemical parameters: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS) and Oils and Fats (AyG), with respect to the concentration of effective microorganisms (EM) and the time of inoculation, by means of an experimental design of the Taguchi methodology.

Finally, the results of a performance of effective microorganisms (EM) with a percentage of degradation in the BOD analysis of 98,65%, COD of 99,56%, SST of 96,75% and AyG of 99,92% in a concentration of 4% activated effective microorganisms (EMa) at the inoculation time of 27 days.

**Keywords:** Non–domestic wastewater, organic load, yield of effective microorganisms (EM)

# **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

## **1.1 Identificación del problema**

Los expendios de comida requieren de un proyecto que se encuentre de acuerdo con las condiciones de los servicios, debido a que no cumple su función con la estructura de manera eficiente. En ese contexto de ideas se hace necesario analizar parámetros fisicoquímicos, al aplicar diferentes concentraciones de microorganismos eficaces (EM) en diferentes tiempos, sobre las aguas residuales no domésticas, como un mecanismo que permita disminuir o mitigar la alteración producida al ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, de la misma forma determinar si existe un rendimiento de degradación significativo sobre los parámetros fisicoquímicos evaluados al aplicar microorganismos eficaces en diferentes proporciones.

En tal sentido se considera necesario realizar un estudio que contemple alternativas para el mejor tratamiento para la disposición final de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cuál es el rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?

### **1.2.2 Problemas específicos**

1) ¿Cuál será la concentración de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?

- 2) ¿Cuál es el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?

### **1.3 Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar el rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- 1) Determinar la concentración de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.
- 2) Determinar el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

### **1.4 Justificación**

Las razones que justifican la investigación propuesta son las siguientes:

- 1) Legal: Según SEDAPAL el producto que se obtendrá permitirá cumplir con la norma de apoyo al consumidor, VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S.N° 021–2009–VIVIENDA, **Anexo N° 1**<sup>(1)</sup>
- 2) Teórica: Porque los productos obtenidos contribuirán al desarrollo de conocimientos en el campo de los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales no domésticas.

---

<sup>1</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

3) Tecnológica: Genera un conocimiento para los alumnos de la Facultad de Ingeniería Química.

### 1.5 Importancia

Según Rojas Castañeda, Milagros (2012), define que los microorganismos eficaces (EM) podrían ser una alternativa frente al problema ambiental de la contaminación hídrica, puesto que este consorcio sería utilizado por los compuestos contaminantes presentes en el agua residual como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, y se reduciría así sus concentraciones en el agua.<sup>2(2)</sup> El objetivo será analizar cuatro parámetros fisicoquímicos presentes en las aguas residuales no domésticas tras aplicar tres diferentes concentraciones de microorganismos eficaces (EM); para evaluar su rendimiento en la degradación de la materia orgánica.

---

<sup>2</sup> Cita obtenida de Rojas Castañeda, Milagros (2012) <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2408>

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Valdez Atilio (2016). Desarrollo una investigación titulada “Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito (Puno)”, determinaron evaluar el efecto con la aplicación de dosis de microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales. Se apoyó en las investigaciones de los microorganismos eficaces (E.M) de Teruo Higa (1980)

El método que empleo fue análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, sin tratamiento y con tratamiento en el laboratorio, con dosificaciones de 0%, 1%, 1,5% y 2% de EMa activado, la dosificación se aplicó cada 15 días durante un tiempo de tres meses y obtuvo los resultados siguientes disminución significativa de pH, DBO, DQO, SST, Aceites y grasas; y microorganismos patógenos. Con la dosis de aplicación del 2% en todos los tratamientos obtuvieron un 80,75% de remoción. Concluyo que los microorganismos eficaces (EM), tienen efecto sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, después del tratamiento (tres meses) se obtuvo una disminución significativa de la carga organica.<sup>3</sup>

Rojas Milagros (2012). Desarrollo una investigación titulada “Efecto de la concentración de los “Microorganismos Eficaces” (EM) en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas de las lagunas de oxidación del distrito de Moche – Región La Libertad.” Determinaron evaluar el efecto de la

---

<sup>3</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo el programa URKUND deriva <https://www.google.com.pe/search?q=microorganismos+eficaces&s>

concentración de los “Microorganismos Eficaces” (EM) en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas. Se apoyó en las investigaciones de los microorganismos eficaces (E.M) de Teruo Higa (1980). Para ello se construyeron seis biorreactores de aireación y agitación constante tipo airlift de material de vidrio de 2 L de volumen total, los cuales fueron esterilizados con hipoclorito de sodio al 2,0%/24 h y luz Ultravioleta (LUV) por 60 minutos. El EM fue previamente activado con una solución de 0,5% de melaza y agua destilada denominándose Microorganismos Eficaces Activados. Un biorreactor fue cargado sólo con 1,7 L de ARD sin los EMA (denominado como Control), los otros cinco biorreactores fueron cargados con 200 mL de EMA a las diluciones de 6,25%, 12%, 25%, 50% y 100% respecto a la concentración recomendada por el fabricante. La utilización del EM en todas las diluciones tuvo un efecto positivo en la disminución de la DBO<sub>5</sub> y los Coliformes totales y termo tolerantes ( $p < 0,05$ ). No hubo diferencia significativa al utilizar las diluciones de EM al 50% y 100% respecto a la proporción recomendada ( $p < 0,05$ )<sup>4</sup>

Herrera Fernando y Corpas Eduardo (2012). Desarrollaron una investigación titulada, “*Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos*”, tuvieron el objetivo de alcanzar las reducciones impuestas por la normatividad ambiental vigente y muestran la capacidad de una mezcla de microorganismos benéficos (MB) para reducir cargas contaminantes en agua residual. Se apoyó en las investigaciones de Los microorganismos efectivos o E.M. de Teruo Higa (1980). Los métodos que

---

<sup>4</sup> Cita obtenida de la tesis de Rojas Milagros (2012) <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2408> sin embargo el programa URKUND deriva a la pagina: [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT\\_b1eeb1e465e057f9ffb607c7bb39577/details](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_b1eeb1e465e057f9ffb607c7bb39577/details)

utilizaron fueron los análisis fisicoquímicos de la DBO5, DQO, ST y SST para dos tipos de residuos, aguas de lavado (mañana) y aguas de proceso (tarde), se encontraron reducciones en la DQO de 71,65 % (tarde) y 66,96% (mañana), en la DBO de 68,58% (tarde) y 61,22% (mañana), en los ST de 70,45% (tarde) y 70,34% (mañana) y para los SST se alcanzaron reducciones de 78,77% (tarde) y 71,48% (mañana). Los resultados obtenidos experimentalmente fueron analizados mediante un Análisis de varianza (ANOVA) permitiendo encontrar niveles de interacción entre las variables de respuesta seleccionadas. Finalmente se hacen recomendaciones necesarias para alcanzar el cumplimiento de la Legislación Ambiental vigente en cuanto a calidad y uso del recurso hídrico.<sup>5</sup>

Cardona Juanita y García Luisa (2008). Desarrollaron una investigación titulada *“Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica”*, determinaron que los microorganismos eficaces (EM®) han sido reportados como una alternativa frente al problema ambiental de la contaminación hídrica, como objetivo monitorear algunos de los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se presentaron en un ARD tras aplicar 3 diferentes concentraciones de EM®; evaluando su efecto, la relación entre parámetros y de éstos con la calidad del agua, así como el efecto de la profundidad en la acción de EM®

Se apoyó en las investigaciones de Los microorganismos efectivos o E.M. de Teruo Higa (1980). El método que emplearon fue que evaluaron tres dosis de

---

<sup>5</sup> Cita obtenida de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 11 No. 1 (57 - 67) Enero - Junio 2013, de Herrera Fernando y Corpas Eduardo (2012), <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a07.pdf>, sin embargo según el programa URKUND deriva a la página: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2408>

EM® (1/10 000, 1/5 000 y 1/3 000 v/v), empleando tanques de 1,10 x 0,56 m y 7 mm de espesor que contenían 110 L de ARD cada uno (n = 3)

Se tomaron muestras del ARD en dos alturas (20 cm y 40 cm) a los 0, 10, 30 y 45 días analizando parámetros fisicoquímicos (OD, pH, T, DQO, DBO5, ST, NO<sup>3</sup>, NO<sup>2</sup>-, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y S<sup>2-</sup>) y microbiológicos (coliformes totales y fecales, heterótrofos totales, levaduras, lactobacilos y bacterias fototróficas). Bajo las condiciones del estudio, los resultados no mostraron diferencias significativas entre las profundidades evaluadas, de igual forma no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos para la mayoría de los parámetros, a excepción de la disminución significativa de S<sup>2-</sup> (30 y 45 d) y coliformes fecales (10 d), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor DBO5 (30 y 45 d) en los tratamientos. Concluyeron que la mayoría de los parámetros evaluados, no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos, a excepción de la disminución significativa de S<sup>2-</sup> (30 y 45 d), coliformes fecales (10 d), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor DBO5 (30 y 45 d) de los tratamientos con respecto a los controles, mostro un claro efecto positivo de la aplicación de EM<sup>6</sup>

## 2.2 Bases Teóricas

Los Microorganismos Eficientes (Effective Microorganisms) son un cultivo tecnológico que junta distintas especies de microorganismos beneficiosos aeróbicos y anaeróbicos. Sembrados en un medio líquido, esta combinación inteligente contiene alrededor de ochenta tipos de microorganismos, siendo mayoritariamente bacterias fotosintéticas, bacterias del ácido láctico y levaduras de fermentación; microorganismos muy integrados en la cultura humana. Los

---

<sup>6</sup> Cita obtenida de la tesis Cardona Juanita y García Luisa (2008), <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>, sin embargo según el programa URKUND nos deriva a la página: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2408>

Microorganismos Eficientes (ME) son una Tecnología ecológica adecuada y completamente inofensiva, puesto que se elabora únicamente con microorganismos existentes en la naturaleza que desempeñan funciones favorables para la salud de los ecosistemas y seres vivos, sin que haya ninguna manipulación genética en su preparación. Estos microorganismos efectivos actúan complementándose unos con otros: En contacto con la materia orgánica, los ME generan un campo de resonancia que ordena dicha materia, segregando simultáneamente sustancias beneficiosas como ácidos orgánicos, antioxidantes, minerales y vitaminas. El resultado es que limpian el medio de elementos tóxicos y gérmenes patógenos, puesto que se alimentan de estos, transformando los residuos en antioxidantes beneficiosos para ecosistemas y organismos.<sup>7</sup>

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Agua Residual (AR)**

Novotny y Sánchez (2003), indican, el agua residual (AR), es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno.<sup>8</sup> Metcalf y Eddy (2003), indican, las AR provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas (ARD), industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua. <sup>(8)</sup>

---

<sup>7</sup> Cita obtenida de <https://microorganismoseficientes.wordpress.com/2013/04/10/tecnologia-de-los-microorganismos-eficientes/> , sin embargo el programa URKUND nos deriva a la página: <https://www.tesis-renata.cunalata.cruz.docx>

<sup>8</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página: [TESIS\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_DE\\_UNA\\_CURTIEMBRE\\_EN\\_LA\\_CIUADAD\\_DE\\_CUENCA.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf) (<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf>)

### **2.3.1.1 Aguas residuales domésticas (ARD)**

Mara y Cairncross (1990), indican, las aguas residuales domésticas (ARD) son aquellas provenientes de las actividades domésticas cotidianas como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc., por lo cual son principalmente una combinación de heces humanas y animales, orina y agua gris. Estas, presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos como detergentes y compuestos clorados y microorganismos patógenos y no patógenos. Leyva (1998), indican, las ARD se clasifican de acuerdo con su composición, la cual varía según los hábitos de la población que las genera. <sup>(8)</sup>

(Metcalf y Eddy, 2003), indican, en lo que se refiere a la composición de compuestos químicos, las ARD pueden contener varios tipos de proteínas (albúminas, globulinas y enzimas industriales (detergentes)) producto de la actividad microbiana en la propia ARD; carbohidratos como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa y grasas animales y aceites, provenientes de los alimentos, junto con los respectivos productos de la degradación de los compuestos mencionados, así como sales inorgánicas y otros compuestos inertes<sup>9</sup>

### **2.3.1.2 Aguas residuales no domésticas (ARND)**

SEDAPAL (2011), indica, las aguas residuales no domésticas son aquellas descargas que son desechadas al sistema de alcantarillado sanitario. Es decir, proceden de los procesamientos realizados de actividades comerciales e industriales (fábricas, panaderías, lavanderías, establecimientos de comida, restaurantes, comedores populares, mercados, centros comerciales, hoteles,

---

<sup>9</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página: <http://jenniferjacquelinepereacopete.pdf>

entre otros) y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.<sup>10</sup>

## **2.3.2 Contaminantes fisicoquímicos de aguas residuales no domésticas:**

### **2.3.2.1 Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Los “sólidos suspendidos totales” se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103°C – 105°C. El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro)<sup>11</sup>

### **2.3.2.2 Aceites y Grasas (AyG)**

Castro (1995), indica que su eliminación es el tratamiento de un agua residual o efluente debe ser completa porque alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos y lagos degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.<sup>12</sup>

### **2.3.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Kiely (2003), dice que el DBO5 es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20°C en un periodo de cinco días. Los valores del DBO5 de las aguas residuales industriales (las industrias de alimentación) pueden alcanzar algunos miles. (8)

---

<sup>10</sup> Cita obtenida de las recomendaciones de SEDAPAL <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

<sup>11</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>

<sup>12</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>

#### **2.3.2.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Metcalf y Eddy (1998), dicen que la determinación de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse.<sup>13</sup>

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5, porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben de los microorganismos. La relación DBO5/DQO indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:

DBO5/DQO  $\geq$  0,4 Aguas residuales muy biodegradables

DBO5/DQO 0,2 - 0,4 Aguas residuales biodegradables

DBO5/DQO  $\leq$  0,2 Aguas residuales poco biodegradables.

#### **2.3.3 Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales no domésticas:**

Existen varios parámetros fisicoquímicos de importancia que caracterizan a los efluentes residuales no domésticas y cuyos valores se encuentran estrechamente relacionados con el grado de contaminación de la misma. Por esta razón, cuantificar las concentraciones de estas sustancias es de gran interés en el tratamiento del agua residual.

---

<sup>13</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página: trabajo de trado Gonzalo Montesinos2013.docx

En el Perú, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece la norma y SEDAPAL recomienda que los desagües cuyas características físicas y químicas difieran de los de tipo doméstico, deberán sujetarse estrictamente al DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA, (Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario.<sup>1415</sup>

**TABLA N° 2.1**  
**ANEXO N° 1: (VMA)- D.S. N° 021-2009 VIVIENDA**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESION	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b>	mg/L	DBO5	500
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	mg/L	DQO	1000
<b>Solidos Suspendidos Totales (SST)</b>	mg/L	SST	500
<b>Aceites y Grasa (AYG)</b>	mg/L	AYG	100

Fuente : Norma Legal Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009)

#### **2.3.4 Tratamiento Anaeróbico**

Lazcano César (2013) define que el tratamiento anaeróbico es uno de los sistemas más complejos para aguas residuales, se realiza por metanogénesis que es un proceso en el que los equivalentes de electrón de la materia orgánica (DBO) se utilizan para reducir el carbono a su estado mínimo, -4, en CH<sub>4</sub> o metano. Cada mol de metano contiene 8 equivalentes de electrón o 64g de DBO o DQO.

El proceso se lleva a cabo en reactores completamente cerrados, en ausencia completa de oxígeno y donde los microorganismos presentes tanto facultativos

<sup>14</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

<sup>15</sup> Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece la Norma Legal de DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA, [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)

como anaeróbicos estrictos van a realizar la digestión anaeróbica tal como se describió anteriormente, hasta transformar la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>; algunas ventajas de la digestión anaerobia son la alta capacidad de depuración cuando se aplican cargas elevadas y la baja producción de lodos (5 a 10 veces menos que los procesos aerobios), bajo requerimientos de nutrientes y recuperación de energía como gas metano.<sup>16</sup>

- **Microbiología del proceso anaeróbico**

Lazcano César (2013) define que el proceso de digestión anaeróbica es llevado a cabo por un consorcio de microorganismos, entre los que se encuentran bacterias heterotróficas facultativas, bacterias acetogénicas y arqueas metanogénicas; el proceso anaeróbico consiste en una serie de reacciones bioquímicas originadas por microorganismos que transforman la materia contaminante (desagüe, lodos, etc.), en gas metano y CO<sub>2</sub> (biogás).<sup>(11)</sup> Esta conversión se realiza en forma natural en diferentes ambientes, como en el estómago de los rumiantes (rumen), sedimentos marinos, de ríos y lagos, fuentes termales, volcanes y en sistemas controlados como los digestores anaerobios. Estas transformaciones las realiza una serie de bacterias y otros microorganismos que actúan sinérgicamente, distinguiéndose principalmente cuatro etapas en el proceso.<sup>17</sup>

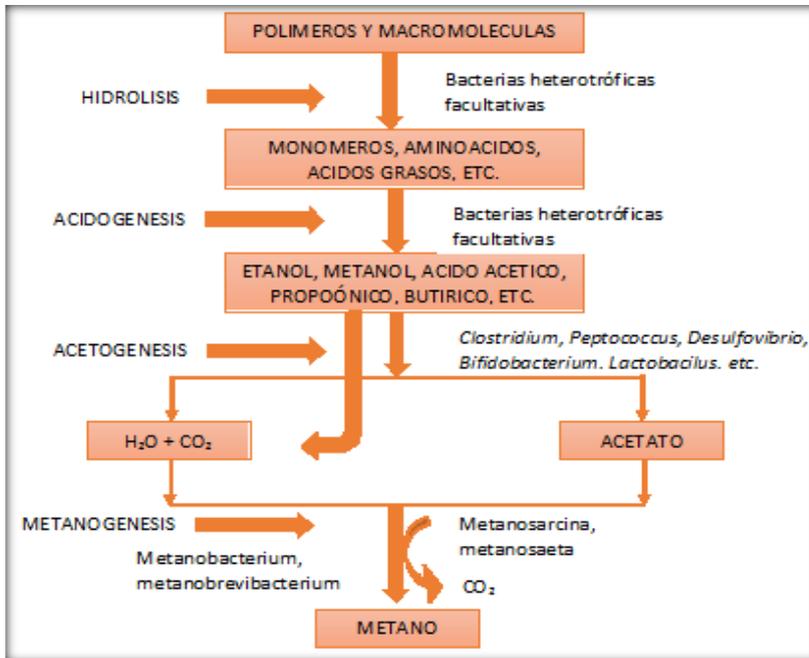
---

<sup>16</sup> Cita Obtenida del libro de Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales (Cesar Lazcano Carreño) <https://es.scribd.com/document/335326771/Biotecnologia-Ambiental-de-Aguas-y-Aguas-Residuales-1>

<sup>17</sup> Cita Obtenida del libro de Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales (Cesar Lazcano Carreño) <https://es.scribd.com/document/335326771/Biotecnologia-Ambiental-de-Aguas-y-Aguas-Residuales-1>

Los procesos importantes que ocurren en un sistema anaeróbico son: hidrolisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis<sup>18</sup>

**FIGURA Nº 2.1**  
**PROCESO BIOLÓGICO EN ANAEROBIOSIS**



Fuente : Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales (Cesar Lazcano Carreño – 2014)

### 2.3.5 Microorganismos como biodegradadores

Los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra, colonizan todo ambiente y participan en forma vital en todos los ecosistemas y están en interacción continua con plantas animales y el hombre.<sup>19</sup>

Los microorganismos son clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida sobre el planeta, porque participan en procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos de los cuales dependemos

<sup>18</sup> Cita Obtenida del libro de Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales (Cesar Lazcano Carreño)

<https://es.scribd.com/document/335326771/Biotecnologia-Ambiental-de-Aguas-y-Aguas-Residuales-1>

<sup>19</sup> Cita obtenida de la tesis de Huane Lourdes y Rivera Ronnie (2014). [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3885/1/Huan%C3%A9\\_jl.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3885/1/Huan%C3%A9_jl.pdf)

para sobrevivir y enfrentar los retos del futuro. Estos retos son gigantescos para la continuidad de la vida, en particular, para satisfacer la demanda de alimentos y medicamentos y resolver problemas ecológicos y de contaminación ambiental. Los microorganismos participan en procesos ecológicos que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, y biotecnológicos que son esenciales para la industria farmacéutica, alimenticia y médica; son los principales responsables de la descomposición de la materia orgánica y del ciclaje de los nutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, etc.) descomposición y mineralización de desechos orgánicos (materia orgánica).<sup>20</sup>

### **2.3.6 Microorganismos eficaces (EM) y su uso en aguas residuales**

Higa y Parr (1994), indican, se usa el término “microorganismos eficaces” o en inglés efficient microorganisms (EM) para denotar cultivos mixtos específicos de microorganismos benéficos conocidos que son empleados efectivamente como inoculantes microbianos.<sup>21</sup>

Sangkkara (2002), indica, EM es una tecnología desarrollada por el Doctor Teruo Higa en la década de los ochenta en Okinagua, Japón y ha sido empleada en diferentes campos como la agricultura, industria animal, remediación ambiental, entre otros y se encuentra en la actualidad ampliamente distribuida.<sup>22</sup> Estudios realizados por Silva y Silva (1995) emplearon EM para el tratamiento de ARD utilizando el sistema de lodos activados. Los resultados mostraron que el consumo

---

<sup>20</sup> Cita obtenida de la tesis de Huane Lourdes y Rivera Ronnie (2014). [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3885/1/Huan%C3%A9\\_jl.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3885/1/Huan%C3%A9_jl.pdf)

<sup>21</sup> Cita obtenida de la Maestría de Mario Morocho (2017)

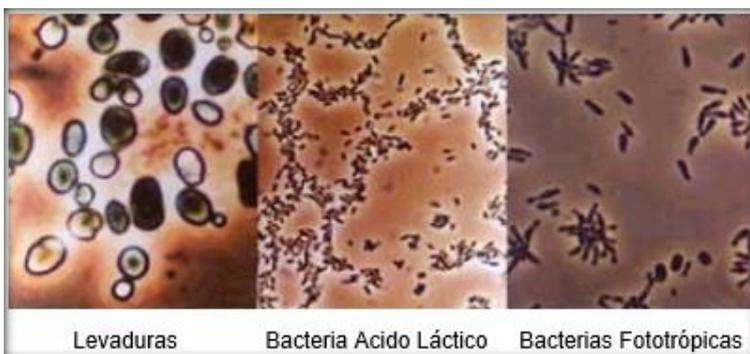
TESIS\_TRATAMIENTO\_DE\_AGUAS\_RESIDUALES\_DE\_UNA\_CURTIEMBRE\_EN\_LA\_CIUADAD\_DE\_CUENCA.pdf, <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf.pdf>

<sup>22</sup> Cita obtenida de la tesis Cardona Juanita y García Luisa (2008), <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>, sin embargo según el programa URKUND nos deriva a las páginas TESIS\_TRATAMIENTO\_DE\_AGUAS\_RESIDUALES\_DE\_UNA\_CURTIEMBRE\_EN\_LA\_CIUADAD\_DE\_CUENCA.pdf; Tesis-Renata Cunalata Cruz.docx y TESIS\_ESCRITO EM.docx

de oxígeno en el sistema de tratamiento disminuyó al igual que la producción de lodos, la DQO y los malos olores.<sup>23</sup>

Clesceri *et al.* (1999), realizaron un estudio para determinar el efecto de EM en la estabilización de lodos sépticos, mostrando disminución de olor, pH y coliformes. De igual forma, Szymansky y Patterson (2003), evaluaron la efectividad del uso de EM, para reducir olores y disminuir la cantidad de lodos generados en los tratamientos de AR, se evaluaron alcalinidad, pH, conductividad, ST, SS y SD, presentando significativas mejoras en estos parámetros. Higa y Chinen (1998), indican, la razón por la cual EM ha sido empleado para el tratamiento de AR es que los microorganismos que contiene secretan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelantes metálicos creó un ambiente antioxidante que ayude al proceso de *separación sólido/líquido*, el cual es el fundamento de la limpieza del agua.<sup>24</sup>

## FIGURA N° 2.2 MICROORGANISMOS EFECTIVOS (EM)



Fuente : <http://www.emrousa.com/about.html> (Mauricio Ramírez – 2006)

<sup>23</sup> Cita obtenida de la tesis Cardona Juanita y García Luisa (2008), <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>, sin embargo según el programa URKUND nos deriva a las páginas TESIS\_TRATAMIENTO\_DE\_AGUAS\_RESIDUALES\_DE\_UNA\_CURTIEMBRE\_EN\_LA\_CIUADAD\_DE\_CUENCA.pdf; Tesis-Renata Cunalata Cruz.docx y TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>24</sup> Cita obtenida de la tesis Cardona Juanita y García Luisa (2008), <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>, sin embargo según el programa URKUND nos deriva a las páginas TESIS\_TRATAMIENTO\_DE\_AGUAS\_RESIDUALES\_DE\_UNA\_CURTIEMBRE\_EN\_LA\_CIUADAD\_DE\_CUENCA.pdf; Tesis-Renata Cunalata Cruz.docx y TESIS\_ESCRITO EM.docx

## 2.3.7 Microorganismos del EM

### 2.3.7.1 Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris*)

Holt (2000), indica, dentro de gremio de organismos fotosintéticos que hacen parte de EM se encuentra *Rhodopseudomonas palustris*. Que estas son bacterias fototróficas facultativas clasificadas dentro de las bacterias púrpura no del azufre, el cual comprende un grupo variado, tanto en morfología, filogenia y su tolerancia a diferentes concentraciones de azufre.<sup>25</sup>

Vivanco (2003), son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones. <sup>(8)</sup>

JGI (2005), indica, *R. palustris* es encontrada comúnmente en suelo y aguas y posee un metabolismo muy versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos constituyentes y por lo tanto está implicado en el manejo y reciclaje de compuestos carbonados. No sólo puede convertir CO<sub>2</sub> en material celular, sino también N<sub>2</sub> en amonio y producir H<sub>2</sub> gaseoso. Crece tanto en ausencia como en presencia de oxígeno (JGI, 2005). En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa absorbiendo CO<sub>2</sub>, pero también puede crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>26</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

Kyun *et al.* (2004), indica, que este microorganismo presenta un crecimiento fototautotrófico con H<sub>2</sub>, sulfuro y tiosulfato como donadores de electrones en presencia de pequeñas cantidades de extracto de levadura. Su crecimiento fotoheterótrofico es posible con varios sustratos orgánicos como azúcares simples y complejos. El sulfato puede ser usado como la única fuente de azufre, mientras que el amonio, dinitrogeno, algunos aminoácidos, y en algunas cepas el nitrato, pueden ser usados como fuente de nitrógeno. Como factores de crecimiento requiere de *p*-aminobenzoato y, algunas cepas biotina. Su crecimiento óptimo ocurre a una temperatura de 30-37°C y pH 6.9 (rango 5.5-8.5) (Holt, 2000)

En ocasiones no se hace uso de *Rhodopseudomonas* porque no se conoce detalladamente su metabolismo. Sin embargo, estas bacterias se han utilizado tanto en cultivos puros como mixtos para evaluar su actividad metabólica. Cetinkaya y Ostürk (1999), manifiesta, que debido a la gran variedad de rutas metabólicas que puede llegar a tomar este microorganismo según sus necesidades y condiciones ambientales, como parte del mismo produce una serie de enzimas y coenzimas según sea el caso, dentro de las que se encuentran amilasas, hidrolasas y proteasas, así como ubiquinonas y la coenzima Q<sub>10</sub>, las cuales participan directamente en los procesos de remoción de sulfuro de hidrógeno, nitratos, sulfatos, sulfitos, hidrocarburos, halógenos y nitratos reduciendo de esta forma la demanda biológica de oxígeno. Teniendo en cuenta las condiciones de crecimiento para la bacteria fototrófica *palustris*, así como los estudios reportados por Honda *et al.*, (2006), en donde se optimiza el crecimiento de estos microorganismos bajo condiciones de anaerobiosis para el tratamiento de AR, se considera que las poblaciones de estos microorganismos

pueden llegar a adaptarse de forma exitosa a las condiciones que presentan las ARND.<sup>27</sup>

### **2.3.7.2 Bacterias Ácido Lácticas (*Lactobacillus spp.*)**

Rodríguez- Palenzuela (2000), indica, que dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo EM los más abundantes son las bacterias ácido lácticas. <sup>(8)</sup>

Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. Sustainable Community Development (2001), indica, el ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos, mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta. Early (1998), indica, no se tiene gran información precisa acerca de la forma en la cual actúan las bacterias ácido lácticas en el tratamiento de las aguas contaminadas, pero teniendo en cuenta sus características, se plantea que al disminuir el pH se genera una inhibición de patógenos. Sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos. En el estudio realizado por Kelly *et al.* (1998), se determinó que parte del comportamiento antagónico frente a patógenos del ácido láctico se debía a la producción de péptidos antimicrobianos y compuestos de bajo peso molecular, como la bacteriosina clase I, y la nisina,

---

<sup>27</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

péptido de 34 carbonos que es activo frente a la mayoría de las bacterias Gram positivas.<sup>(8)</sup>

Merck (2003), indica, en lo que se refiere a los requerimientos de crecimiento para el grupo de las bacterias ácido lácticos, se encuentran como generalidades que estas son bacterias micro aerófilas, razón por la que debe procurarse que la incubación se realice en una atmósfera con 5% de CO<sub>2</sub>.<sup>28</sup>

Por lo general, para su crecimiento se emplean una incubación de tres días, a 37°C o hasta cinco días a 30°C, puesto que son microorganismos de crecimiento relativamente lento y sus rendimientos metabólicos dependen de la temperatura directamente.<sup>29</sup>

### **2.3.7.3 Levaduras (*Saccharomyces sp*)**

Harvey *et al.*, (1985), indica, el tercer grupo dentro de los gremios de microorganismos presentes en EM son las levaduras. Todos los miembros de *Saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar, se encuentran la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, porque *Saccharomyces* no puede asimilar lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se pueden emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados.<sup>30</sup> Aparte de carbono y el nitrógeno los macroelementos indispensables son el fósforo que se emplea comúnmente en forma de ácido fosfórico y el Mg<sup>+2</sup> como sulfato de magnesio, que también provee

---

<sup>28</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>29</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>30</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

azufre. Finalmente son también necesarios el  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{Zn}^{+2}$  como elementos menores. Un requerimiento esencial está constituido por las vitaminas del grupo B como biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina. Existen, sin embargo, algunas diferencias entre las distintas cepas. Entre las vitaminas mencionadas la biotina es requerida por casi la totalidad de las mismas. (Harvey *et al.*, 1985)<sup>31</sup>

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir azúcares, y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, también producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticos presentes en el EM® (ACARA, 2006) Como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras producen etanol en relativamente altas concentraciones, que es también reconocida como sustancia antimicrobiana (Mlikota *et al.*, 2004). Se asume por lo tanto que, al degradar los carbohidratos presentes en AR, se producirá etanol, el cual puede funcionar como sustancia antagónica frente a microorganismos patógenos (Sustainable Community Development, 2001).<sup>32</sup>

Los requerimientos anteriormente mencionados cambian según las condiciones de cultivo, porque el aumento de la aerobiosis disminuye los requerimientos de esa vitamina y el uso de urea como fuente de nitrógeno los aumenta por la necesidad de biosíntesis de tres sistemas enzimáticos que contienen biotina. En el caso de la tiamina, se ha demostrado que aumenta la actividad fermentativa de la levadura (Harvey *et al.*, 1985). Teniendo en cuenta que, durante el presente

---

<sup>31</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>32</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

estudio, las condiciones fueron anaeróbicas, los requerimientos de estas vitaminas y sus efectos sobre las poblaciones pudieron variar, a pesar de que las ARD, se caracterizan por ser una muy buena fuente de compuestos vitamínicos. Finalmente debe mencionarse al O<sub>2</sub> como otro requerimiento para la producción de levadura, puesto que se necesita 1 g de O<sub>2</sub> para la producción de 1 g de levadura seca en el caso de crecimiento en condiciones óptimas.<sup>33</sup>

Si existe limitación de O<sub>2</sub> no se puede alcanzar los rendimientos óptimos, lo cual genera que los valores normales de la velocidad específica de crecimiento para levaduras, que se encuentran en el orden de 0,45 a 0,6 h<sup>-1</sup> como máximo, sean mucho menores (Adams, 1986). Es así como *R. cereviceae*, puede encontrar condiciones óptimas en un rango relativamente amplio de condiciones de oxígeno, puesto que, a pesar de requerir este factor para su crecimiento, sus exigencias no son altas y con bajas concentraciones, puede realizar normalmente su metabolismo fermentativo, aunque es probable que lo haga en una forma un poco menos eficiente (Adams, 1986). Así mismo, para las poblaciones de levaduras, la temperatura óptima se ha establecido en 28,5°C, dado que a mayores temperaturas disminuye el rendimiento, probablemente debido al aumento de energía de mantenimiento (Adams, 1986). El rendimiento celular puede también afectarse por la presencia de inhibidores como SO<sub>2</sub>, ácido aconítico y metales pesados o restos de herbicidas o bactericidas que pueden estar presentes en las melazas (Sustainable Community Development, 2001).<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

<sup>34</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

### 2.3.8 Legal Normativo

En el Perú las normas que regulan los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las aguas residuales no domésticas e industriales se encuentran regulados por:<sup>35</sup>

- El Decreto Supremo N° 021–2009–VIVIENDA (VMA) – (publicado el 21.11.2009)
- El Decreto Supremo N° 003–2011–VIVIENDA (Reglamento) – (publicado el 22.05.2011)
- El Decreto Supremo N° 010–2012–VIVIENDA (Modificación al Reglamento) – (publicado el 04.03.2012)
- La Resolución Ministerial N° 116–2012–VIVIENDA (Parámetros según la CIU) – (publicada el 19.06.2012);
- El Decreto Supremo N° 001–2015–VIVIENDA (Modificación al D.S. 021–2009–VIVIENDA y su Reglamento) – (publicado el 10.01.2015)
- La Resolución de Consejo Directivo N° 025–2011–SUNASS–CD (Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de parámetros) - (publicada el 20.07.2011); y,
- La Resolución de Consejo Directivo N° 044–2012–SUNASS-CD (Directiva sobre VMA) – (publicada el 10.01.2013)

En el Decreto Supremo N°021–2009 Vivienda definen los Valores máximos admisibles (VMA) de descargas del agua residual no doméstica al sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento. Son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio

---

<sup>35</sup> Cita obtenida de la tesis de Valdez Atino (2016) <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4085>, sin embargo URKUND nos deriva a la página TESIS\_ESCRITO EM.docx

cumplimiento exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento (SEDAPAL).<sup>3637</sup>

Se tiene un marco legal que contempla a la DBO, DQO, TSS y AyG como los parámetros obligatorios de medir para la evaluación de valores máximos admisibles cuyos límites correspondientes son: 500 mg/L, 1 000 mg/L, 500 mg/L y 100 mg/L es decir por encima de estos rangos la entidad prestadora de servicios de saneamiento (SEDAPAL en Lima es la empresa encargada de llevar a cabo esta tarea) se encuentra facultada en virtud del Decreto Supremo N° 021–2009 Vivienda a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la autoridad correspondiente (SUNASS) e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado conforme a la regulación prevista en el reglamento que deriven de la vulneración de los Valores Máximos Admisibles.<sup>38)</sup>

En el Perú las normas que rigen las descargas de efluentes son de carácter transectoriales y sectoriales donde intervienen diversas instituciones que tienen competencias exclusivas y compartidas, lo que en la práctica complica la fiscalización y sanción en caso no se cumplan dichas normas, lo que resulta en un incumplimiento general por parte de los entes generadores de estos efluentes salvo aquellos que tienen como exigencia en la calidad de sus procesos para certificarse (grandes empresas exportadoras). Existe interés por parte de algunas entidades estatales como Sedapal y el organismo de evaluación y fiscalización ambiental en lograr el cumplimiento de las normas, pero las

---

<sup>36</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

<sup>37</sup> Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece la Norma Legal de DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA, [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)

<sup>38</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

competencias compartidas, aplicación de sanciones y vacíos legales reduce el alcance y el cumplimiento de sus metas.<sup>3940</sup>

Para lograr la adecuación de los parámetros, que exige el Reglamento, se puede evitar el ingreso de sólidos y grasas hasta conseguir que el efluente sea compatible con los valores mencionados anteriormente o construir una trampa de grasa. (1) (10)

## **2.3.9 Recomendaciones de SEDAPAL**

### **2.3.9.1 Ubicación de las trampas de grasa y solidos**

Se instalarán las trampas de grasa en los conductos de desagüe de lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en Restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde exista el peligro de introducir en el sistema de desagüe, grasa en cantidad suficiente para afectar el buen funcionamiento de éste<sup>41)</sup>

### **2.3.9.2 Dimensionamiento de las trampas de grasa y sólidos para expendios de comida:**

El dimensionamiento depende:

- Principalmente del tipo de grasas y aceites (vegetales y animales que son poco solubles en el agua y son saponificables) a remover.
- De la cantidad y volumen de grasas evacuados.
- De caudal promedio e instantáneo descargado.
- Del periodo de mantenimiento
- Base para el Diseño de Trampa de sólidos y grasas

---

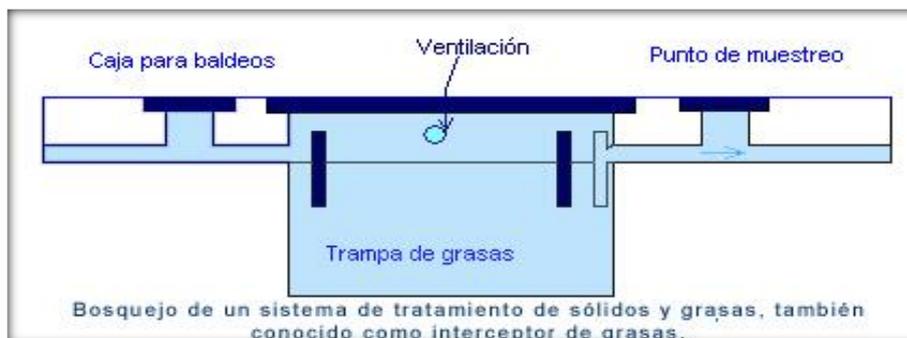
<sup>39</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

<sup>40</sup> Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece la Norma Legal de DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA, [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)

<sup>41</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

Volumen convencional: 600 a 700 L. El Largo (L) debe ser mucho mayor que el ancho (a), de preferencia  $L = 1,8a$ . La altura útil húmeda debe ser tal que haga fácil la limpieza de los sólidos y grasas retenidas. El ingreso y salida puede ser a través de una trampa "tee", bafle, campana o cualquier otro sistema que permita el flujo laminar.<sup>42</sup>

**FIGURA N° 2.3**  
**BOSQUEJO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE SOLIDOS Y GRASAS**



Fuente : Recomendación SEDAPAL (2009)

### 2.3.9.3 Importancia sobre las trampas de grasa y sólidos

- La instalación de las trampas de grasa que usen tanques sépticos sólo es obligatoria cuando se trate de establecimiento que preparen y expendan alimentos (como restaurantes, hoteles, campamentos y similares).
- La capacidad mínima de la trampa de grasa deber ser de 120 L.
- La trampa de grasa tendrá una cobertura hermética. La grasa almacenada deberá ser eliminada cuando el volumen alcance un espesor equivalente al 50% de la altura del líquido en ella.
- La trampa de grasa estará ubicada en lugar de fácil acceso y la proximidad de los artefactos que descarguen desechos grasos.
- El tubo de ventilación tendrá un diámetro mínimo de 50 mm (2")

<sup>42</sup> Según SEDAPAL DS N°021-2009-VIVIENDA <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>

- Los interceptores se ubicarán en sitios donde puedan ser inspeccionados y limpiados con facilidad. No se permitirá colocar encima o inmediato a ellos maquinarias o equipos que pudiera impedir su adecuado mantenimiento. La boca de inspección será de dimensiones adecuadas. <sup>(1)</sup>

## 2.4 Definición de términos

- a) **Aceites y grasas:** Se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua.
- b) **Aguas residuales no domésticas:** Proceden de los procesamientos realizados en fábricas, expendios de comida, restaurantes y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal.
- c) **Bacterias:** Son microorganismos unicelulares de tipo procariótico, constituidos por una sola célula autónoma que además no tiene membrana nuclear.
- d) **Bacterias ácido lácticas:** Las bacterias del ácido láctico comprenden un caldo de bacterias fermentadoras y productoras de ácido láctico.
  - 1) **Bacterias heterótrofas:** La bacteria heterótrofa–HB obtiene dióxido de carbono de sustancias orgánicas como carbohidratos y proteínas.
  - 2) **Bacterias facultativas:** Son bacterias que pueden desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.
  - 3) **Bacterias fotosintéticas:** Son bacterias fototróficas facultativas.
  - 4) **Bacteria lactobacillus spp.:** Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo.

- 5) **Bacteria Rhodopseudomonas palustris:** Son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas empleados por otros microorganismos.
- 6) **Bacteria Saccharomyces:** Es un microorganismo de la familia de la levadura.
- 7) **Biodegradación:** Descomposición natural y no contaminante de una sustancia o producto por la acción de agentes biológicos.
- 8) **DBO:** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de dióxigeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.
- 9) **DQO:** La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte.
- 10) **Enzimas:** Son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas.
- 11) **Inoculación:** Es ubicar algo que crecerá y se reproducirá.
- 12) **Levaduras:** Las levaduras son importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación.
- 13) **Metanogénesis:** Es la formación de metano por parte de los seres vivos. Es una forma de metabolismo microbiano muy importante y extendida.
- 14) **Microorganismos eficaces (EM):** son un cultivo tecnológico que junta distintas especies de microorganismos beneficiosos aeróbicos y anaeróbicos.

- 15) Proteínas:** Son biomoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.
- 16) SST:** Los sólidos suspendidos totales se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.
- 17) Sustancias orgánicas:** Las sustancias orgánicas se forman naturalmente en los vegetales y animales.
- 18) Sustancias inorgánicas:** Se denomina sustancia inorgánica a toda sustancia que carece de átomos de carbono en su composición química.
- 19) Tratamiento anaeróbico:** Es un sistema complejo para aguas residuales donde se realiza la metanogénesis.

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

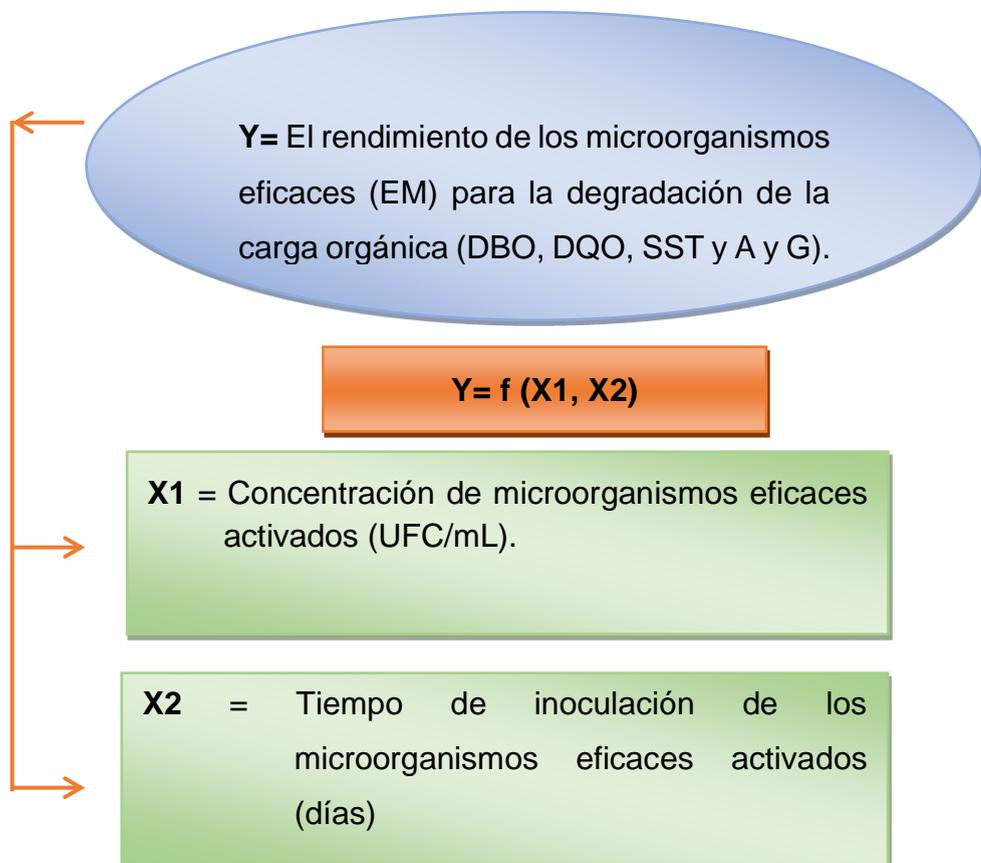
#### 3.1. Variables de la Investigación.

**Y** = El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG)

$$Y = f(x1, x2)$$

**X1** = Concentración de microorganismos eficaces activados (UFC/mL)

**X2** = Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (días).



### 3.2. Operacionalización de variables.

**TABLA N° 3.1  
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

VARIABLE DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y = El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, AyG y SST).	- mg O <sub>2</sub> /L - mg O <sub>2</sub> /L - mg de TSS/L - mg de aceite y grasa/L	- DQO - DBO - SST -Aceites y grasa	-Método colorimétrico. - Prueba de DBO de cinco días - Metodología analítica - Método gravimétrico
VARIABLE IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X1 = Concentración de microorganismos eficaces activados.	- Unidades Formadoras de Colonias /mL	- UFC/mL	- Dosificación en diferentes porcentajes de EMa.
X2 = Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados.	- Tiempo	- Días	- Realizar corridas experimentales y evaluar

### 3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas

#### Hipótesis General

El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) será favorable en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

### **Hipótesis Específicas**

- 1) La concentración de los microorganismos eficaces (EM), reducirá considerablemente la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida
- 2) El tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG) será necesario en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Tipo de Investigación

Para definir el tipo de investigación se consultó el libro “Metodología de la investigación científica” de Jaime M. Deza Rivasplata y Sabino Muñoz Ledesma (Deza & Muñoz, 2010), por lo que se concluyó que la investigación es de tipo combinada.

El tipo de investigación es experimental, se descubrió que la variable  $X_1$  = Concentración de microorganismos eficaces (UFC/mL) y la variable  $X_2$  = Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (días) harán variar cada vez a la variable "Y = El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG)

### 4.2. Diseño de Investigación



**Y** = El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG)

**X1** = Concentración de microorganismos eficaces activados (UFC/mL)

**X2** = Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (días).

En la **Tabla 4.1** se observa los dos factores y tres niveles establecidos en el presente trabajo de investigación.

**TABLA N° 4.1**  
**FACTORES Y NIVELES**

N	Factores	Notación	Niveles		
1	Concentración de microorganismos eficaces activados (EMa)	X <sub>1</sub>	2% EMa	3% EMa	4% EMa
2	Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa). ( días )	X <sub>2</sub>	4	13	27

En la **Tabla 4.2** se observa el diseño creado para la investigación, la metodología Taguchi de arreglo ortogonal L9 (3<sup>2</sup>) de 2 factores y tres niveles, por el tipo de diseño ortogonal se realizaron nueve corridas experimentales. Se analizó la varianza (ANOVA) mediante el Modelo lineal general y para determinar el tratamiento más efectivo.

**TABLA N° 4.2**  
**DISEÑO DE TAGUCHI**

N <sup>a</sup>	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	TSS (mg/L)	AYG (mg/L)
1	4	2%	15 525	35 366	3 564	1 659
2	4	3%	14 350	24 072	3 700	1 590
3	4	4%	10 552	19 980	5 128	1 038
4	13	2%	3 285	8 820	2 476	1 362
5	13	3%	2 916	7 034	3 200	1 267
6	13	4%	2 092	4 558	2 808	758
7	27	2%	705	780	416	250
8	27	3%	663	720	184	51.29
9	27	4%	486	530	110.5	7,8

#### **4.3. Población y muestra**

No se aplica en la presente investigación y se considera el criterio de muestra experimental.

**a) Muestra experimental.** - La muestra está constituida por el volumen de 60 L de agua residual no doméstica extraídas de la trampa de grasa del expendio de comida, para analizar los parámetros fisicoquímicos DBO, DQO, SST y AyG en el laboratorio acreditado TYPESA, dicha muestra será analizada tomando en cuenta una muestra testigo inicial para realizar las comparaciones cuando se agreguen diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMa) en diferentes tiempos.

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para dar respuesta a los objetivos planteados, se tomó la muestra experimental del expendio de preparación de comida de la localidad de Lima del distrito de Lurín (Zona Sur).

Para el tratamiento se realizó los análisis de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales no domésticas en el laboratorio acreditado por INACAL (TYPESA), a una temperatura ambiental que oscila entre 18°C y 14°C como mínimo según registros de SENAMHI.

Se determinó las características fisicoquímicas de la muestra testigo 0% sin tratamiento y con tratamiento de concentraciones del 2%. 3% y 4% de EMa (Microorganismos eficaces activado) en diferentes tiempos que son 4,13 y 27 días, durante casi un mes.

De la misma forma se realizó cuadros comparativos con los Valores Máximos Admisibles para Descargas de Aguas Residuales No Domésticas para el Sistema de Alcantarillado D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, para finalmente efectuarse las interpretaciones y conclusiones respectivas.

**a) Materiales y equipos**

- 1) Peachimetro
- 2) Espectrofotómetro
- 3) Balanza
- 4) Baldes de 20 L y uno de 80 L
- 5) Recipientes rectangulares (envases de plástico) capacidad de 9,8 L
- 6) Jarra de plástico de 1 L
- 7) Jarra de plástico de 2 L
- 8) Vasos precipitados de 1 000 mL, 600 mL y 250 mL
- 9) Probeta de 100 mL
- 10) Baguetas
- 11) Guardapolvo
- 12) Guantes quirúrgicos desechables.
- 13) Cofia
- 14) Mascarilla
- 15) Marcador indeleble

**b) Insumos**

- 1) Microorganismos eficaces EM<sup>TM</sup> (EM. AGUA)
- 2) Melaza de caña de azúcar
- 3) Agua residual no doméstica de expendio de comida.
- 4) Agua destilada

**4.5. Procedimientos de recolección de datos**

**4.5.1. Recolección de Muestra**

En la **Figura 4.1 (Ver pag. N° 45)** se observa la toma de muestra extraída de la trampa de grasa del expendio, fueron tomadas manualmente en tres baldes de

20 L, los cuales fueron mezclados en un balde de 80 L (29 de octubre del 2017); se toma la muestra testigo M-01 y M-02, fue trasladada al laboratorio para su respectivo análisis de caracterización de los parámetros fisicoquímicos (7 de noviembre del 2017)

**FIGURA N° 4.1  
RECOLECCION DE MUESTRA**



En la **Figura 4.2 (Ver pag. N° 46)** se observa que del balde de 80 L se vaciará a nueve envases rectangulares de plástico de capacidad de 9,8 L (simulando las trampas de grasa y solidos). En cada envase rectangular se añadió cinco L de agua residual no doméstica. Se etiqueto cada envase rectangular con el porcentaje de concentración que se añadirá para el tratamiento experimental con el EMA. Los porcentajes de concentración de EMA para el tratamiento experimental son 2%, 3% y 4%. El primer análisis de muestras con concentraciones de EMA de 2%, 3% y 4% se tomaron de la primera serie de los tres primeros envases rectangulares que son M-03, M-04 y M-05. (14 de noviembre del 2017) El segundo análisis de muestras con concentraciones de EMA 2%, 3% y 4% se tomaron de la segunda serie de 3 envases rectangulares

siguientes que son M-06, M-07 y M-08. (23 de noviembre del 2017) El tercer análisis de muestras con concentraciones de EMA 2%, 3% y 4% se tomaron de la segunda serie de tres envases rectangulares finales que son M-09, M-10 y M-11 (6 de diciembre del 2017)

**FIGURA N° 4.2**  
**DOSIFICACIÓN EN ENVASES RECTANGULARES**



#### 4.5.1.1. Proceso de la toma de muestra:

En la **Figura 4.3 (Ver pag. N° 47)** se observa el proceso de toma de muestra para trasladar al laboratorio TYPASA, se detalla de la siguiente manera:

- a) **Muestreo.** - En esta actividad se recolecto muestras de agua residual no doméstica de expendios de comida, en nueve envases experimentales de tratamientos 2%, 3% y 4% EMA, previamente esterilizados.
- b) **Rotulado de muestras.** - Se etiqueto con los datos, procedencia de la muestra, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra y característica de la muestra.

- c) **Transporte y almacenamiento.** - Como el tiempo de traslado del lugar de la muestra al laboratorio TYPASA dura 1 hora y 15 minutos, se realizó en un cooler a temperatura 4°C, en frascos de vidrio de 1 L (AyG), frasco de plástico de 1 L (DBO), frasco de 1 K (SST) y frasco de 500 mL (DQO)
- d) **Análisis.** - Se realizaron los siguientes análisis: DBO, DQO SST, AyG, una vez obtenido los resultados de los análisis estos fueron comparados con la norma legal de Valores Máximos Admisibles para Descargas de Aguas Residuales No Domésticas para el Sistema de Alcantarillado D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, de la misma forma fueron comparadas con los envases experimentales de tratamiento del 0%,(muestra testigo), 2%, 3%, 4% de EMa.

**FIGURA N° 4.3**  
**PROCESO DE LA TOMA DE MUESTRA**



#### **4.5.1.2. Proceso de activación de los microorganismos (EM™):**

Según, Higa (1993), la base de la tecnología EM es el EM1 que es el original y se encuentra en estado líquido, los EM están vivos y se les puede multiplicar dándole una fuente de alimentación las cuales se convierten en “EM activados” (EMa), sin embargo, varios sectores los emplean de forma pura. Para la presente investigación el EM1 se adquirió de los representantes de BIOEM SAC

y la activación de EM1 se realizó siete días antes de la inoculación a los envases rectangulares experimentales. En la **Figura 4.4 (Ver pag. Nº 49)** se observa el proceso de activación de EM<sup>TM</sup>, se detalla paso a paso de la siguiente manera:

**a) Agua natural:** Para la presente investigación de tesis se utilizó la dosis (concentración al 5,15%), es decir para la activación de 4 236 L de EMa se utilizó 3 800 L de agua natural o de manantial libre de cloro.

**b) Acondicionamiento:** Como es de conocimiento sabemos que los microbios se multiplican mucho más rápido a temperaturas relativamente altas, se acondiciono el agua natural a 25°C

**c) Mezclado:** Una vez acondicionado el agua natural de 3 800 mL, se agregó 218 mL de melaza de caña de azúcar y 218 mL de EM1, toda la mezcla hace 4 236 L de EMa, luego se agita para que la mezcla se uniformice, la melaza es la fuente de alimento para los microorganismos eficaces.

**d) Envasado:** Para su envasado se utilizó un galón de plástico de 5 L con cierre hermético.

**e) Fermentación:** Para que se multiplique el EM, se realizó en condiciones anaeróbicas, durante siete días a temperatura constante de 25°C

**f) Extracción de aire:** A partir del tercer día se deja escapar un poco de aire para luego dejar la tapa entreabierta.

**g) EMa:** Después de los siete días se verifica su calidad, es decir se verifico el pH a 3,2 – 3,8

**FIGURA Nº 4.4**  
**PROCESO DE ACTIVACIÓN DE EM™**



#### **4.5.1.3. Proceso de Tratamiento con EMa de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida:**

En la **Figura 4.5 (Ver pag. Nº 50)** se observa el proceso de tratamiento con los microorganismos eficaces activados (EMa) de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida, se detalla de la siguiente manera:

- a) Toma de muestra:** Para saber el nivel de contaminación de las aguas residuales no domésticas se tomó una muestra representativa de las trampas de grasa de expendio de comida, para luego ser llevada al laboratorio TYPESA y realizar su respectivo análisis fisicoquímico.
- b) Llenado de baldes para la mezcla:** Para la presente investigación se prepararon baldes de capacidad de 20 L (tres baldes) para el tomado de muestras de las trampas de grasas de los expendios de comida; y la mezcla de los tres baldes de 20 L se realizó en un balde de capacidad de 80 L
- c) Llenado de envases para los tratamientos:** Se prepararon nueve envases rectangulares de plástico de capacidad de 9,8 L. En cada uno de los envases

se dará la aplicación de diferentes concentraciones de EMa y se añadirá 5 L del agua residual no doméstica de expendios de comida.

**d) Inoculación:** Se inoculo tres diferentes concentraciones de EMa con tres repeticiones por tratamiento, para el primer tratamiento se inoculo 2% de EMa es decir 100 mL de EMa en 5 L de agua residual, de la misma forma para el segundo tratamiento de inoculo 3% de EMa es decir 150 mL de EMa en 5 L de agua residual y para el ultimo tratamiento se inoculo 4% de EMa es decir 200 mL de EMa en 5 L de agua residual; todos los tratamientos tuvieron tres series de repeticiones. El día 10 de noviembre del 2017 a los 9 envases rectangulares se añadieron las dosificaciones establecidas del 2%, 3% y 4% de EMa, esta investigación tuvo duración de 27 días (7 de noviembre al 9 de diciembre del 2017)

**FIGURA Nº 4.5**  
**PROCESO DE TRATAMIENTO DE EM™**



#### **4.5.2. Determinación de los Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales no domésticas del expendio de comida de LIMA ZONA SUR, se determinaron empleando la

metodología descrita en los métodos (SM) Standard Methods y (EPA) Environmental Protection Agency.

#### **4.5.2.1. Sólidos suspendidos totales:**

Se determinó mediante la metodología analítica, la muestra se debe encontrar a temperatura ambiente. Se seleccionó el volumen de la muestra de 100 mL. Enseguida se mezcló bien la muestra y se depositó el volumen seleccionado en la cápsula de evaporación previamente tarada. Luego se colocó la cápsula en una placa calefactora y se evaporó la muestra hasta casi la sequedad pero evitando ebullición y salpicaduras. Se llevó la muestra evaporada a la estufa a 103-105°C por 1 hora. Se enfrió la cápsula en el desecador, pesando rápidamente para evitar cambios en el peso por exposición al aire y/o degradación del residuo y registrar los datos. Finalmente se repitió el calentamiento sólo por 1 hora, hasta que la diferencia con la pesada previa sea < 4% o < 0,5 mg (seleccionar el valor que resulte menor), con lo cual se considera se obtuvo peso constante.

El peso finalmente obtenido será Peso B

$$\text{Sólidos totales (mg/L)} = (B - A) \times 1000 / \text{volumen de muestra}$$

Donde:

- peso de la cápsula de evaporación vacía (en mg)
- peso de la cápsula de evaporación + residuo seco (en mg)

#### **4.5.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno**

Es la cantidad de Oxígeno consumido por los microorganismos para degradar la materia orgánica en las aguas residuales no domésticas de expendios de

comida, se determinó en un periodo de incubación de cinco días a 20°C En botellas Winkler de 300 mL, se agregaron 1 mL de inóculo, la cantidad de muestra según el valor de estimado y el resto se llenó con agua de dilución. Se prepararon cuatro botellas por muestra, control y patrón respectivamente de las cuales tres se sometieron a incubación por cinco días a 20°C y en la otra se determinó el oxígeno disuelto (OD) inicial, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.2. (Ver pag. N° 42)**

$$\text{DBO (mg/L)} = (\text{OD1} - \text{OD2}) \cdot 100/\text{PM} \quad (1)$$

Donde:

**OD1** : Oxígeno disuelto antes de incubación (mg/L)

**OD2** : Oxígeno disuelto después de incubación, cinco días a 20°C (mg/L)

**ODc** : Diferencia de oxígeno disuelto en el control antes y después de incubación (mg/L)

**PM** : Porcentaje de muestra.

#### **4.5.2.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Para la determinación de la DQO soluble se empleó el método colorimétrico. Se prepararon tubos de digestión agregado de 1 mL de solución de dicromato de potasio 0,025N, 3 mL de ácido sulfhídrico ( $H_2S_4$ ) y trazas de sulfato de plata ( $AgS_4$ ). Luego de adicionaron en cada tubo 2 mL de la muestra previamente filtrada al vacío, también se preparó un blanco agregando 2 mL de agua destilada. Los tubos fueron colocados en un bloque para digestión (HACH) por reflujo a 150°C durante dos horas. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro UV – Vis (HACH DR/2000) a una longitud de onda de 600, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.2. (Ver pag, N° 42)**

$$\text{DQO (mg/L)} = (\text{Absorbancia} - 0.00552/0.0003294) \quad (2)$$

#### 4.5.2.4. Aceites y grasas (AyG)

Para la determinación de los AyG se utilizó el método gravimétrico. Se agregaron 250 mL de muestra en un balón de separación, luego se adicionaron 3 mL de ácido clorhídrico y 20 mL de xileno como solvente. Posteriormente se realizó el proceso de extracción (tres veces), recolectando en un vaso de precipitado (P4), previa filtración en papel filtro conteniendo  $\text{N}_2\text{S}_4$  y en la fase orgánica se dejó evaporar hasta alcanzar peso constante (P5), los resultados se muestran en la **Tabla N° 4,2. (Ver pag. N° 42)**

$$\text{AyG (mg/L)} = (\text{P5} - \text{P4}) \times /\text{VM} \quad (3)$$

Donde:

**P4** : Peso del vaso de precipitado (g)

**P5** : Peso del vaso de precipitado + muestra (g)

**VM** : Volumen de muestra (mL)

#### 4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Se recolecto los datos en tablas Excel y fueron procesadas mediante el programa estadístico Minitab17, se creó un diseño de la metodología Taguchi de dos factores y tres niveles realizando análisis de varianza (ANOVA) mediante el Modelo lineal general y para determinar el tratamiento más efectivo se realizaron las gráficas de interacción y gráficas de efectos principales con respecto a la concentración y el tiempo de inoculación de microorganismos eficaces activados (EMa)

#### **4.6.1. Análisis estadístico de la degradación de los parámetros fisicoquímicos al tratamiento con diferentes dosis de EMA de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.**

A continuación, se presenta el análisis estadístico de la degradación de los parámetros fisicoquímicos al tratamiento con diferentes concentraciones de EMA de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida de Lima zona Sur (Lurín). Se determinó estadísticamente por el Diseño metodológico de Taguchi, que permite elegir un proceso que funciona de manera más consistente identificando los factores de control que minimicen el efecto de los factores de ruido en la operación. En el **Cuadro 4.1** se identifica características del diseño Taguchi.

**CUADRO N° 4.1  
CARACTERÍSTICAS DISEÑO DE TAGUCHI**

<b>Diseño de Taguchi</b>
<b>Diseño Taguchi de arreglo ortogonal: L9(3<sup>2</sup>)</b>
<b>Factores: 2</b>
<b>Corridas: 9</b>
<b>Columnas de L9(3<sup>4</sup>) Arreglo</b>
<b>1 2</b>

Se observa en la **Tabla 4.3 (Ver pag. N° 55)** el diseño Taguchi de nueve corridas experimentales con dos factores del tiempo y concentración de EMA y sus niveles correspondientemente; con los resultados de los cuatro parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio acreditado TYPASA.

**TABLA N° 4.3**  
**DISEÑO DE TAGUCHI: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DEGRADACIÓN**

N <sup>a</sup>	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	TSS (mg/L)	AYG (mg/L)
1	4	2%	15 525	35 366	3 564	1 659
2	4	3%	14 350	24 072	3 700	1 590
3	4	4%	10 552	19 980	5 128	1 038
4	13	2%	3 285	8 820	2 476	1 362
5	13	3%	2 916	7 034	3 200	1 267
6	13	4%	2 092	4 558	2 808	758
7	27	2%	705	780	416	250
8	27	3%	663	720	184	51,29
9	27	4%	486	530	110,5	7,8

#### 4.6.2. Análisis Diseño de Taguchi de los parámetros fisicoquímicos.

##### a) Análisis estadístico de EMa sobre Demanda Bioquímica de Oxígeno.-

De la **Tabla N° 4.4** se observan los valores del diseño de Taguchi en un modelo lineal general de Tiempo de inoculación de EMa vs. Concentración de EMa, diferentes concentraciones de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

**TABLA N° 4.4**  
**DISEÑO DE TAGUCHI PARA DBO**

N <sup>a</sup>	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	DBO (mg/L)
1	4	2%	15 525
2	4	3%	14 350
3	4	4%	10 552
4	13	2%	3 285
5	13	3%	2 916
6	13	4%	2 092
7	27	2%	705
8	27	3%	663
9	27	4%	486

El análisis estadístico realizado al parámetro DBO, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.5, (Ver pag. N° 56)** donde se indica que los

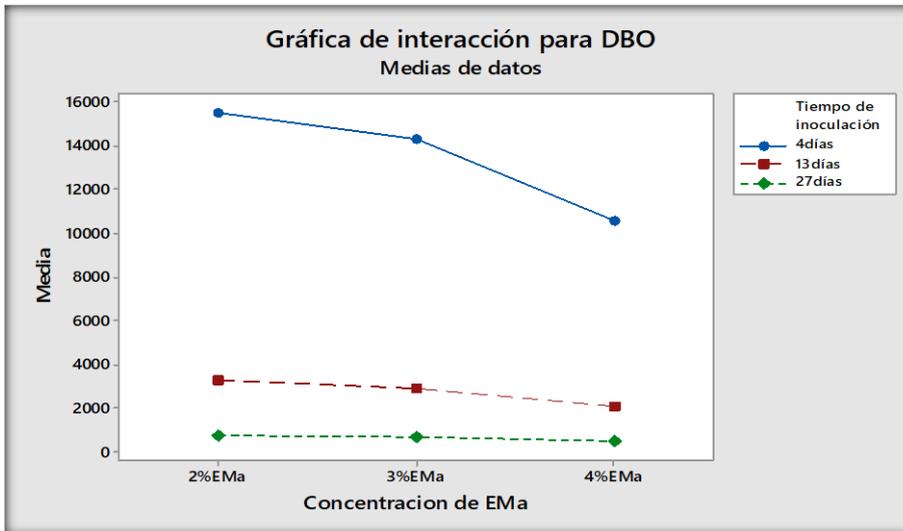
valores obtenidos durante la presente investigación son significativos puesto que los valores p son menores a 1, existe evidencia suficiente porque los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos de concentraciones de EMA. Además, el modelo explica el 97,69 % de la varianza.

**TABLA N° 4.5**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

Información del factor						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
Tiempo de inoculación	Fijo	3	4días; 13días; 27días			
Concentración de EMA	Fijo	3	2%EMA; 3%EMA; 4%EMA			
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tiempo de inoculación	2	284659001	142329500	82.31	0.001	
Concentración de EMA	2	7368225	3684112	2.13	0.234	
Error	4	6916975	1729244			
Total	8	298944200				
Resumen del modelo						
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)			
1315.01	97.69%	95.37%	88.29%			

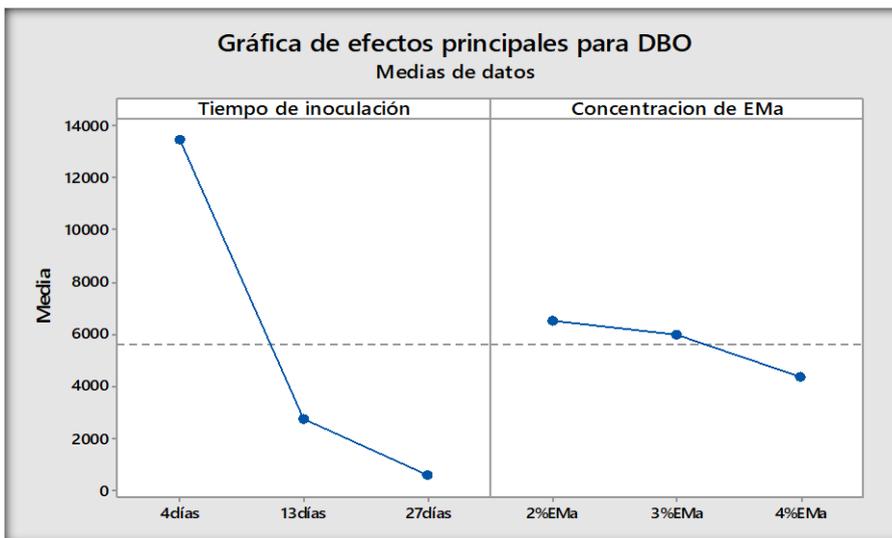
En la **Gráfica N° 4.1 (Ver pag. N° 57)** de interacción, las líneas no son paralelas. Este efecto de interacción indica que la relación entre el tiempo de inoculación de EMA y la degradación de Demanda Bioquímica de Oxígeno depende del valor de concentración de EMA.

**GRÁFICO N° 4.1**  
**INTERACCION PARA DBO MEDIAS DE DATOS**



En la **Gráfico N° 4.2** de efectos principales el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa) es la variable de mayor influencia con respecto a la concentración de EMa.

**GRÁFICO N° 4.2**  
**EFFECTOS PRINCIPALES PARA DBO**



**b) Análisis estadístico de EMA sobre Demanda Química de Oxígeno**

De la **Tabla N° 4.6 (Ver pag. N° 58)** se observan los valores del diseño de Taguchi en un modelo lineal general de Tiempo de inoculación de EMA vs.

Concentración de EMa, diferentes concentraciones de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

**TABLA N° 4.6**  
**DISEÑO DE TAGUCHI PARA DQO**

Nº	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	DQO (mg/L)
1	4	2%	35 366
2	4	3%	24 072
3	4	4%	19 980
4	13	2%	8 820
5	13	3%	7 034
6	13	4%	4 558
7	27	2%	780
8	27	3%	720
9	27	4%	530

El análisis estadístico realizado al parámetro DQO, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.7 (Ver pag. N° 59)**, donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son significativos puesto que los valores p son menores a 1, existe evidencia suficiente porque los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos de dosificaciones de EMa. Además, el modelo explica el 94,46 % de la varianza.

En la **Gráfico N° 4.3 (Ver pag. N° 59)** de interacción, las líneas no son paralelas. Este efecto de interacción indica que la relación entre el tiempo de inoculación de EMa y la degradación de Demanda Química de Oxígeno depende del valor de concentración de EMa.

**TABLA N° 4.7**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

Información del factor						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
Tiempo de inoculación	Fijo	3	4días; 13días; 27días			
Concentracion de EMa	Fijo	3	2%EMa; 3%EMa; 4%EMa			

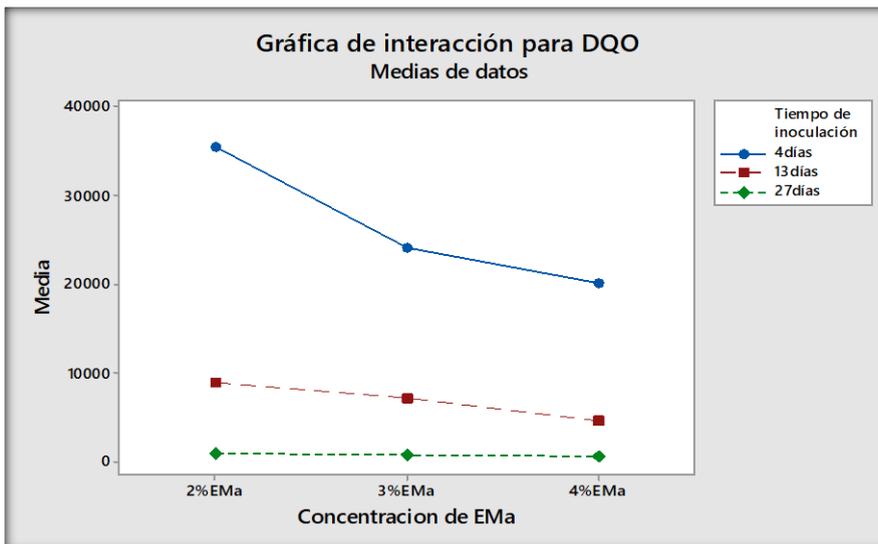
  

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tiempo de inoculación	2	1089834278	544917139	32.08	0.003	
Concentracion de EMa	2	68251174	34125587	2.01	0.249	
Error	4	67953863	16988466			
Total	8	1226039316				

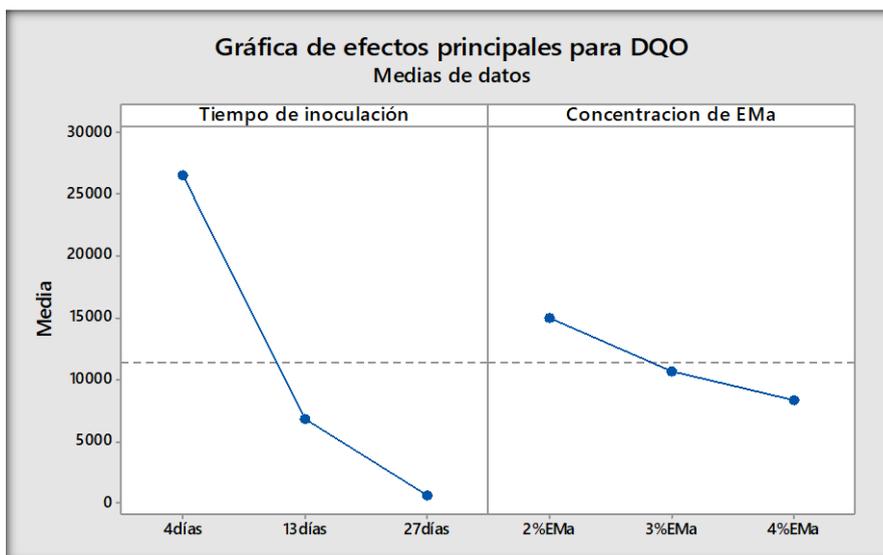
Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
4121.71	94.46%	88.91%	71.94%	

**GRÁFICO N° 4.3**  
**INTERACCION PARA DQO MEDIAS DE DATOS**



En la **gráfica N° 4.4 (Ver pag. N° 59)** de efectos principales el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa) es la variable de mayor influencia con respecto a la concentración de EMa.

**GRÁFICO N° 4.4**  
**EFFECTOS PRINCIPALES PARA DQO**



**c) Análisis estadístico de EMa sobre Solidos Suspendidos Totales**

De la **Tabla N° 4.8** se observan los valores del diseño de Taguchi en un modelo lineal general de Tiempo de inoculación de EMa vs. Concentración de EMa, diferentes concentraciones de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

**TABLA N° 4.8**  
**DISEÑO DE TAGUCHI PARA SST**

N <sup>a</sup>	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	SST (mg/L)
1	4	2%	3 564
2	4	3%	3 700
3	4	4%	5 128
4	13	2%	2 476
5	13	3%	3 200
6	13	4%	2 808
7	27	2%	416
8	27	3%	184
9	27	4%	110,5

El análisis estadístico realizado al parámetro SST, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.9 (Ver pag. N° 62)**, donde se indica que los

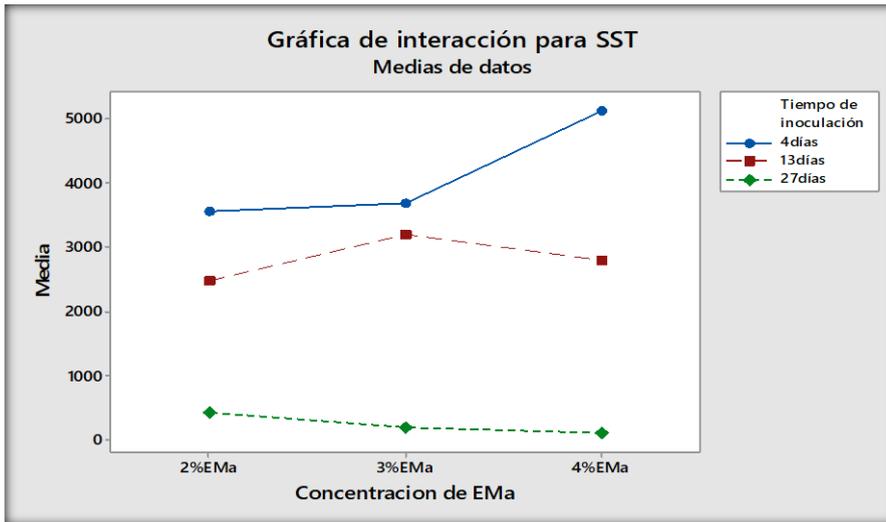
valores obtenidos durante la presente investigación son significativos puesto que los valores p son menores a 1, existe evidencia suficiente porque los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos de dosificaciones de EMA. Además, el modelo explica el 94.54% de la varianza.

**TABLA N° 4.9**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Información del factor						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
Tiempo de inoculación	Fijo	3	4días; 13días; 27días			
Concentracion de EMA	Fijo	3	2%EMA; 3%EMA; 4%EMA			
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Tiempo de inoculación	2	23573023	11786512	33.99	0.003	
Concentracion de EMA	2	427831	213916	0.62	0.584	
Error	4	1386968	346742			
Total	8	25387822				
Resumen del modelo						
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)			
588.848	94.54%	89.07%	72.34%			

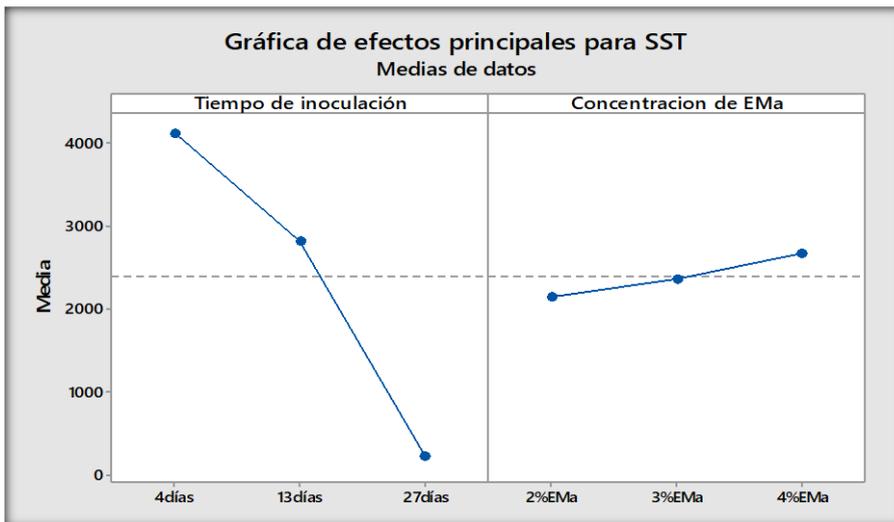
En la **gráfica N° 4.5 (Ver pag. N° 62)** de interacción, las líneas no son paralelas. Este efecto de interacción indica que la relación entre el tiempo de inoculación de EMA y la degradación de Sólidos Suspendidos Totales depende del valor de concentración de EMA.

**GRÁFICO N° 4.5**  
**INTERACCION PARA DQO MEDIAS DE DATOS**



En la **Gráfica N° 4.6** de efectos principales el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMA) es la variable de mayor influencia con respecto a la concentración de EMA.

**GRÁFICO N° 4.6**  
**EFFECTOS PRINCIPALES PARA SST**



**d) Análisis estadístico de EMA sobre Aceites Y Grasas**

De la **Tabla N° 4.10 (Ver pag. N° 63)** se observan los valores del diseño de Taguchi en un modelo lineal general de Tiempo de inoculación de EMA vs.

Concentración de EMa, diferentes concentraciones de tratamiento de EMa para análisis estadístico.

**TABLA N° 4.10**  
**DISEÑO DE TAGUCHI PARA AYG**

N <sup>a</sup>	X <sub>1</sub> = Tiempo de inoculación de EMa (días)	X <sub>2</sub> = Concentración de EMa	AYG (mg/L)
1	4	2%	1 659
2	4	3%	1 590
3	4	4%	1 038
4	13	2%	1 362
5	13	3%	1 267
6	13	4%	758
7	27	2%	250
8	27	3%	51,29
9	27	4%	7,8

El análisis estadístico realizado al parámetro AYG, los resultados se muestran en la **Tabla N° 4.11 (Ver pag. N° 64)** , donde se indica que los valores obtenidos durante la presente investigación son significativos puesto que los valores p son menores a 1, existe evidencia suficiente porque los datos obtenidos reflejan un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología de la presente investigación, se concluye que si hay diferencia entre tratamientos de dosificaciones de EMa. Además, el modelo explica el 97,43 % de la varianza.

**TABLA N° 4.11**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ACEITES Y GRASAS**

Información del factor					
Factor	Tipo	Niveles	Valores		
Tiempo de inoculación	Fijo	3	4días; 13días; 27días		
Concentracion de EMa	Fijo	3	2%EMa; 3%EMa; 4%EMa		

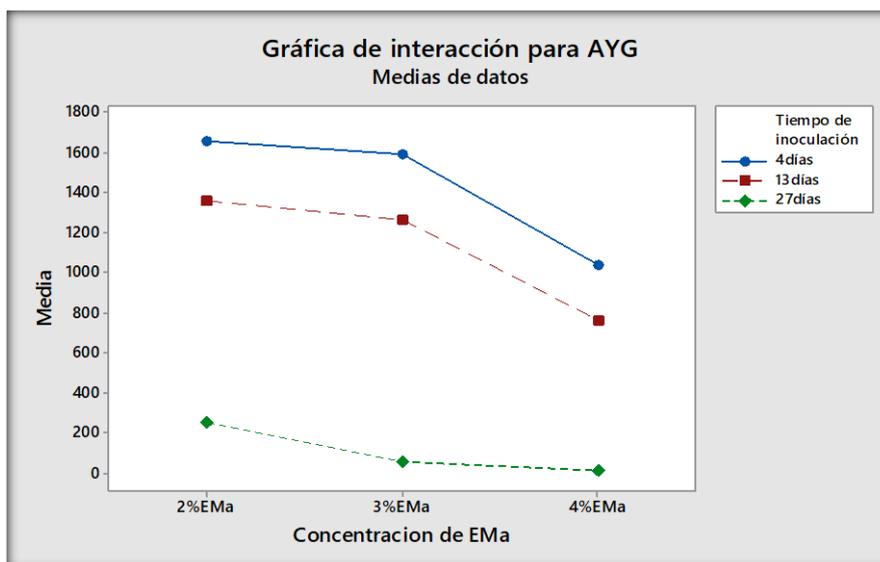
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de inoculación	2	2900811	1450405	66.94	0.001
Concentracion de EMa	2	389348	194674	8.98	0.033
Error	4	86674	21668		
Total	8	3376833			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
147.202	97.43%	94.87%	87.01%	

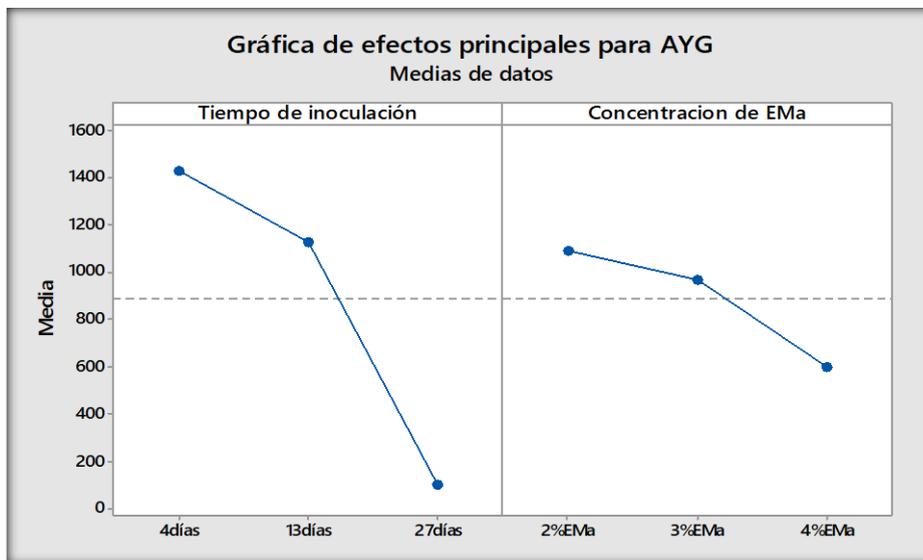
En la **Gráfica N° 4.7** de interacción, las líneas no son paralelas. Este efecto de interacción indica que la relación entre el tiempo de inoculación de EMa y la degradación de aceites y grasas depende del valor de concentración de EMa.

**GRÁFICO N° 4.7**  
**INTERACCION PARA AYG MEDIAS DE DATOS**



En la **Gráfica N° 4.8** efectos principales el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa) es la variable de mayor influencia con respecto a la concentración de EMa.

**GRÁFICO N° 4.8**  
**EFFECTOS PRINCIPALES PARA AYG**



## V. RESULTADOS

Los resultados reportan información de las lecturas de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida del tratamiento con diferentes concentraciones de EMa (Microorganismos Eficaces Activados), analizados en el laboratorio TYPsa empresa acreditada por INACAL.

### 5.1. Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

En la **Tabla N° 5.1** se muestran los valores agrupados del agua residual no doméstica inicial, los valores máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado respectivamente. Estos valores se comparan en cuadros estadísticos, la caracterización de los parámetros fisicoquímicos respectivamente. Los resultados del análisis reportado por el laboratorio acreditado TYPsa, de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida de Lima, zona Sur, indican que en la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran por encima de los Valores Máximos Admisibles.

**TABLA N° 5.1**  
**CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA DEL EXPENDIO DE COMIDA Y LOS VMA**

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS OBTENIDOS			VALORES MAXIMOS ADMISIBLES D.S.N°021-2009-VIVIENDA, Anexo N° 1
		M-01	M-02	Prom.	
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	36 275	36 250	36 262,5	500
Demanda química de oxígeno	mg/L	120 876	120 877	120 876,5	1 000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	3 401	3 400	3 400,5	500
Aceites y grasas	mg/L	10 849	10 848	10 848,5	100

## 5.2. Lectura inicial de parámetros fisicoquímicos del agua residual no doméstica del expendio de comida.

### 5.2.1. Estado inicial de los parámetros fisicoquímicos evaluados

#### a) Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la **Tabla 5.2** se observan los resultados de análisis de los valores iniciales reportados por el laboratorio TYPESA y el valor promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno en la zona de estudio del agua residual no domestica de expendios de comida.

**TABLA N° 5.2**  
**RESULTADOS INICIALES EN EL ANALISIS DE DBO**

PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (D.S. N°021-2009-VIVIENDA, ANEXO N° 1)	MUESTRAS INICIALES O TESTIGOS		
		M-01	M-02	Promedio
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)</b>	500	36 275	36 250	36 262,5

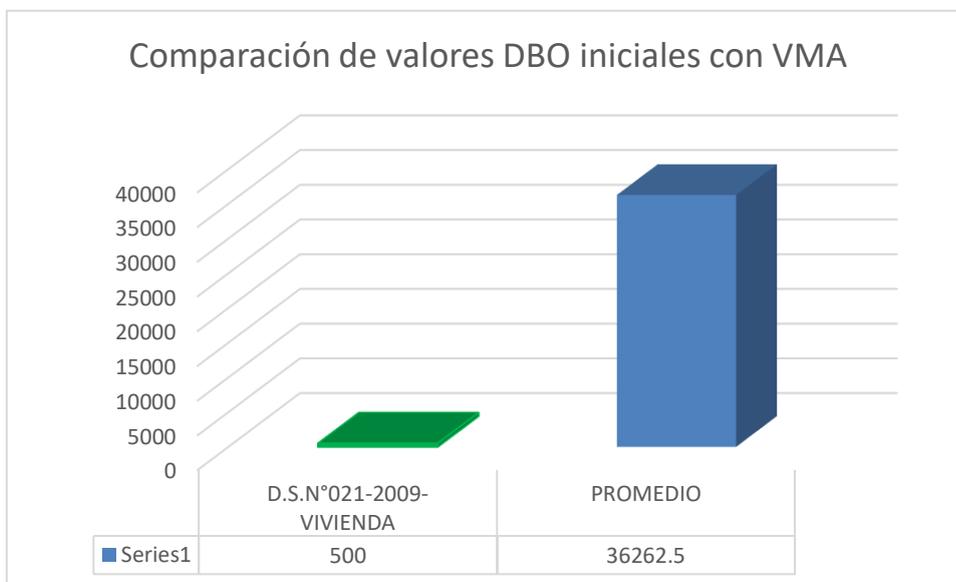
Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida es resultado de tres tipos de materiales: (1) materiales orgánicos carbónicos utilizados como fuente de alimentación por organismos aeróbicos; (2) nitrógeno oxidable derivado de la presencia de nitritos, amoniaco y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para bacterias específicas (Nitrosomas y Nitrobacter) y (3) compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros que oxidan por oxígeno disuelto).

En las aguas residuales no domésticas, casi toda la demanda de oxígeno se debe a materiales orgánicos carbónicos.

Los valores de la DQO serán siempre mayores que los valores de la DBO, para una misma muestra y esta diferencia puede hacerse más grande, cuanto más resistencia a la degradación biológica tengan los materiales presentes. Pueden existir compuestos que sean oxidados químicamente en la prueba de DQO y que no sean oxidados biológicamente en la prueba de DBO, debido a la no existencia de bacterias capaces de asimilarlos.

En las lecturas de Demanda Bioquímica de Oxígeno, se ha registrado el valor inicial promedio de 36 262,5 mg/L, lo que indica que la Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua residual no doméstica de expendios de comida está sobrepasando los Valores Máximos Admisibles según **DS N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N° 1**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 5.1**  
**COMPARACION DEL VALOR INICIAL PROMEDIO CON VMA EN DBO**



En el **Gráfico 5.1 (Ver pag. N° 68)** se observa la comparación de valores Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua residual no doméstica de expendios de comida y Valores Máximos Admisibles (**D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**).

**b) Demanda Química de Oxígeno**

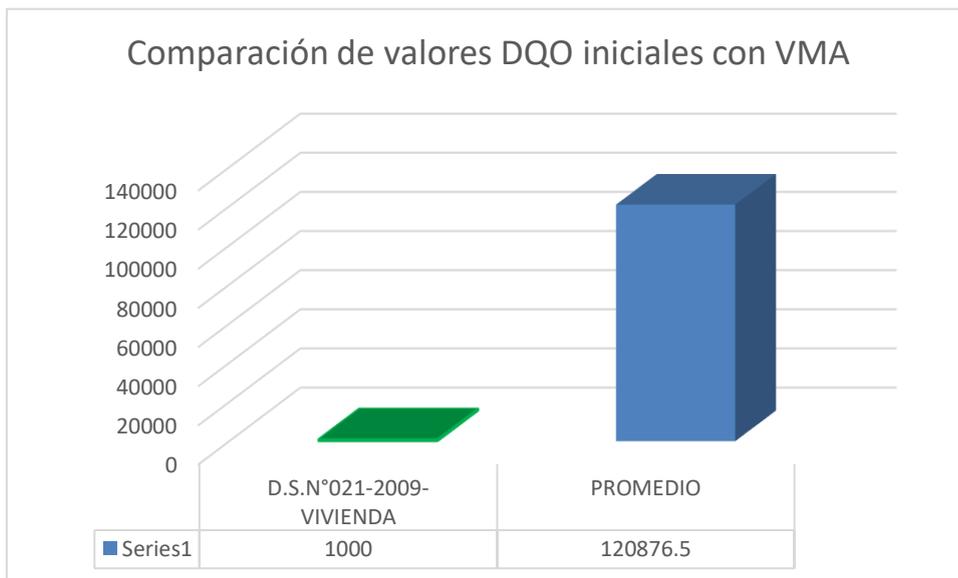
En la **Tabla 5.3** se observan los resultados de análisis de los valores iniciales reportados por el laboratorio TYPESA y el valor promedio de Demanda Química de Oxígeno en la zona de estudio del agua residual no doméstica de expendios de comida.

**TABLA N° 5.3  
RESULTADOS INICIALES EN EL ANALISIS DE DQO**

PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1)	MUESTRAS INICIALES O TESTIGOS		
		M-01	M-02	Promedio
<b>Demanda Química de oxígeno (mg/L)</b>	1000	120 876	120 877	120 876,5

Corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al Dicromato o permanganato en medio ácido. En las lecturas de Demanda Química de Oxígeno, se han registrado valores de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida con el valor inicial promedio de 120876.5 mg/L, lo que indica que la Demanda Química de Oxígeno está por encima de los Valores Máximos Admisibles según **DS N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 5.2  
COMPARACION DEL VALOR INICIAL PROMEDIO CON VMA EN DQO**



En el **Gráfico 5.2** se observa la comparación del valor promedio inicial de Demanda Química de Oxígeno del agua residual no doméstica del expendio de comida y Valores Máximos Admisibles (**D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**)

**c) Solidos Suspendidos Totales**

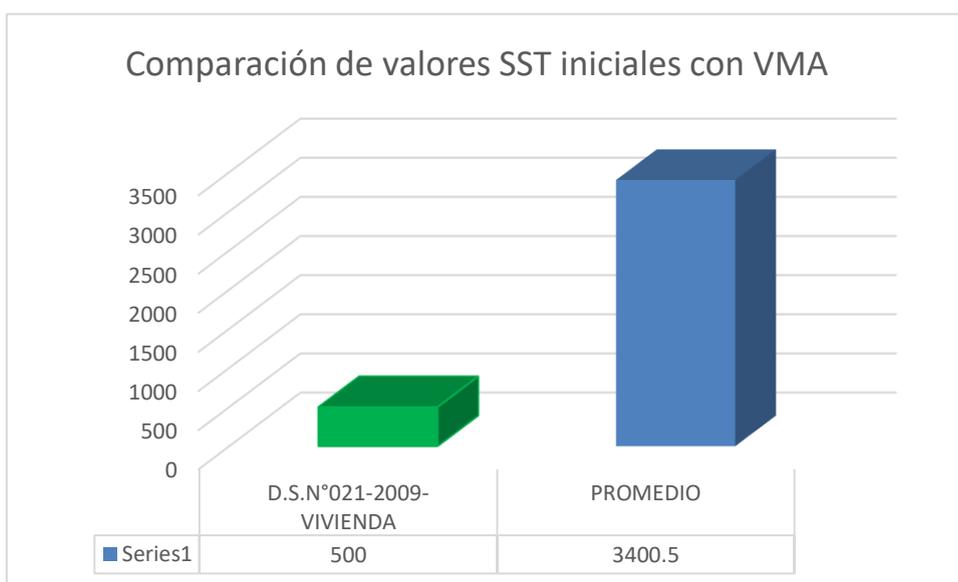
En la **Tabla 5.4** se observan los resultados de análisis de los valores iniciales y el valor promedio de Solidos Suspendidos Totales en la zona de estudio del agua residual no doméstica de expendios de comida.

**TABLA N° 5.4  
RESULTADOS INICIALES EN EL ANALISIS DE SST**

PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1)	MUESTRAS INICIALES O TESTIGOS		
		M-01	M-02	Promedio
<b>Solidos Suspendidos Totales (mg/L)</b>	500	3 401	3 400	3 400,5

Son la porción de materia sólida que contiene los biosólidos. En las lecturas de Sólidos Suspendidos Totales, se han registrado valores del agua residual no doméstica de expendio de comida, de muestras testigos promedio 3400.5 mg/L, lo que indica que los Sólidos Suspendidos Totales está por encima de los Valores Máximos Admisibles según **DS N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 5.3**  
**COMPARACION DE VALOR INICIAL PROMEDIO CON VMA EN SST**



En el **Gráfico N° 5.3** se observa la comparación del valor promedio inicial de Sólidos Suspendidos Totales del agua residual no doméstica del expendio de comida y Valores Máximos Admisibles (**D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**).

#### **d) Aceites y Grasas**

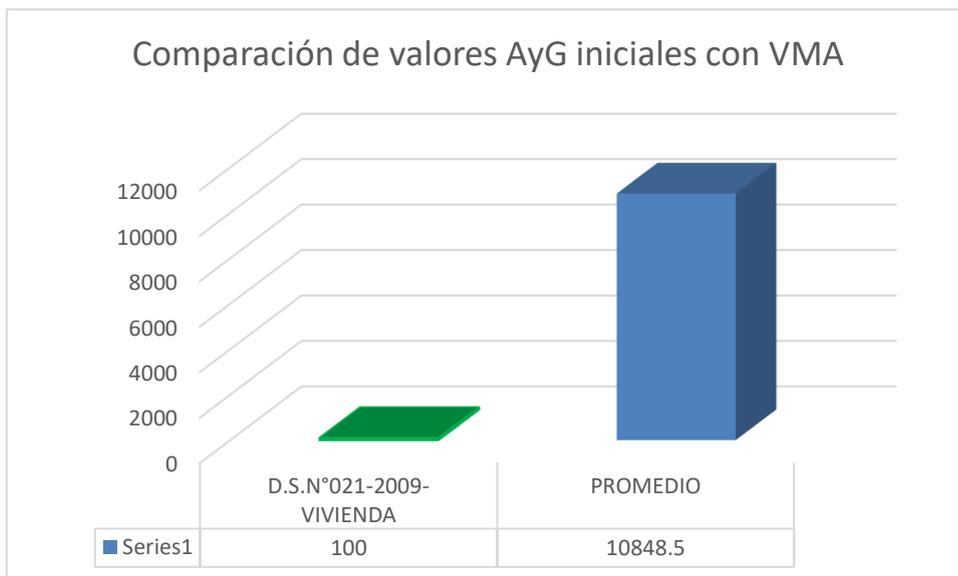
En la **Tabla N° 5.5 (Ver pag. N° 72)** se observan los resultados de análisis de los valores iniciales reportados por el laboratorio TYPESA y el valor promedio de Aceites y Grasas en la zona de estudio del agua residual no doméstica de expendios de comida.

**TABLA N° 5.5**  
**RESULTADOS INICIALES EN EL ANALISIS DE AyG**

PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1)	MUESTRAS INICIALES O TESTIGOS		
		M-01	M-02	Promedio
<b>Aceites y Grasas (mg/L)</b>	100	10 849	10 848	10 848,5

Los compuestos grasos son de origen vegetal o animal, hidrocarburos minerales compuestos, hidrocarbonados de cloro, nitrógeno, azufre y otras especies orgánicas. Su eliminación en el tratamiento de agua residual no domestica de expendios de comida debe ser completa porque alteran los procesos aeróbicos y anaeróbicos, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis, degradando el ambiente durante el proceso de descomposición. En las lecturas de Aceites y Grasas del agua residual no doméstica de expendios de comida se ha registrado un valor inicial promedio de 10 848,5 mg/L, lo que indica que se tiene presencia de Aceites y Grasas que está por encima de los Valores Máximos Admisibles según **DS N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**, lo que se aprecia en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 5.4  
COMPARACION DEL VALOR INICIAL PROMEDIO CON VMA EN SST**



En el **Gráfico N° 5.4** se observa la comparación del valor promedio inicial de Aceites y Grasas del agua residual no doméstica del expendio de comida y Valores Máximos Admisibles (**D.S. N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**)}

### 5.3. Resultados parciales

#### 5.3.1. Concentración de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica sobre los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida y comparado con DS N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1

##### 5.3.1.1. Diferentes concentraciones de EMa para la degradación sobre los parámetros fisicoquímicos

###### a) Concentraciones diferentes de EMa para la degradación sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno

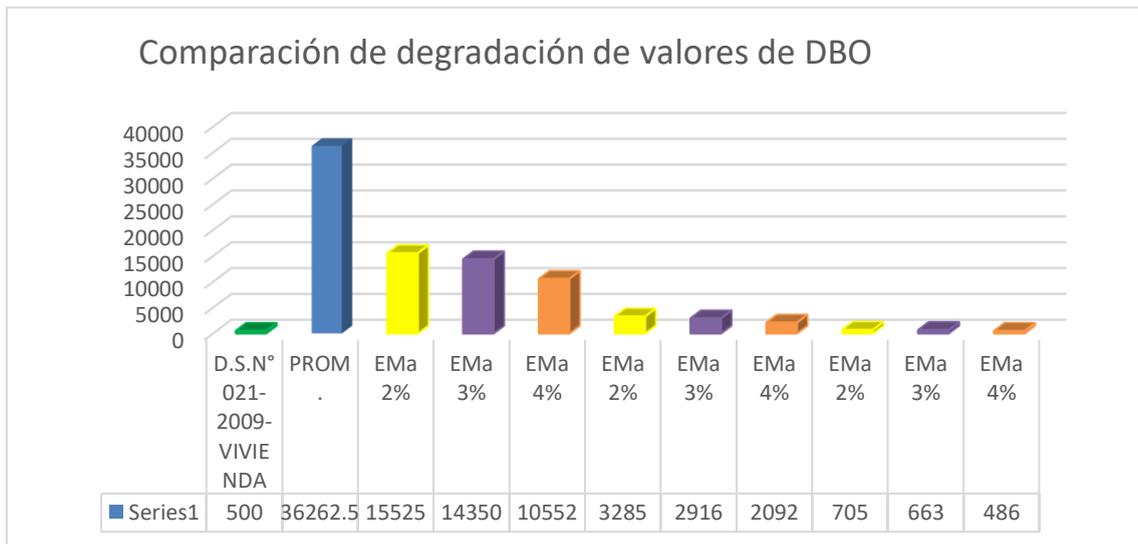
En la **Tabla N° 5.6 (Ver PAG. N° 74)** se observan los resultados de la comparación de degradación de las diferentes concentraciones de EMa en

el análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.6  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE DBO**

PARAMETROS (mg/L)	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (DS N° 021-2009 - VIVIEND)	CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES									
		0 0%EMa	1 2%EMa	2 3%EMa	3 4%EMa	4 2%EMa	5 3%EMa	6 4%EMa	7 2%EMa	8 3%EMa	9 4%EMa
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	500	36 262,5	15 525	14 350	10 552	3 285	2 916	2 092	705	663	486

**GRÁFICO N° 5.5  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE DBO**



Con respecto al comportamiento de la demanda biológica de oxígeno (DBO), en el **Gráfico N° 5.5**, se encontró, en general, relacionada con la adición de EMa. Para este parámetro se presentaron reducciones significativas entre los tratamientos, en el tratamiento con concentraciones al 2% de EMa se tiene un valor final de 663 mg/L y finalmente en el tratamiento con concentraciones al 4% de EMa se tiene un valor final de 486 mg/L, esto

indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales no domésticas con la aplicación con diferentes concentraciones de EMa sobre este parámetro.

Se observa que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes concentraciones de EMa del 2% y 3% están por encima con respecto a los Valores Máximos Admisibles (VMA) según DS N° 021–2009–VIVIENDA, **ANEXO N° 1**, pero el valor del tratamiento con concentración del 4% está por debajo del valor que indica la norma, por lo tanto, se cumplió el objetivo. La tendencia a disminuir se mantuvo hasta el final del estudio para todos los casos (4, 13 y 27 días), porque en ese momento se había dejado de adicionar EMa a los tratamientos y lo que se observó fue la degradación de los sustratos presentes debido a la actividad metabólica de los microorganismos.

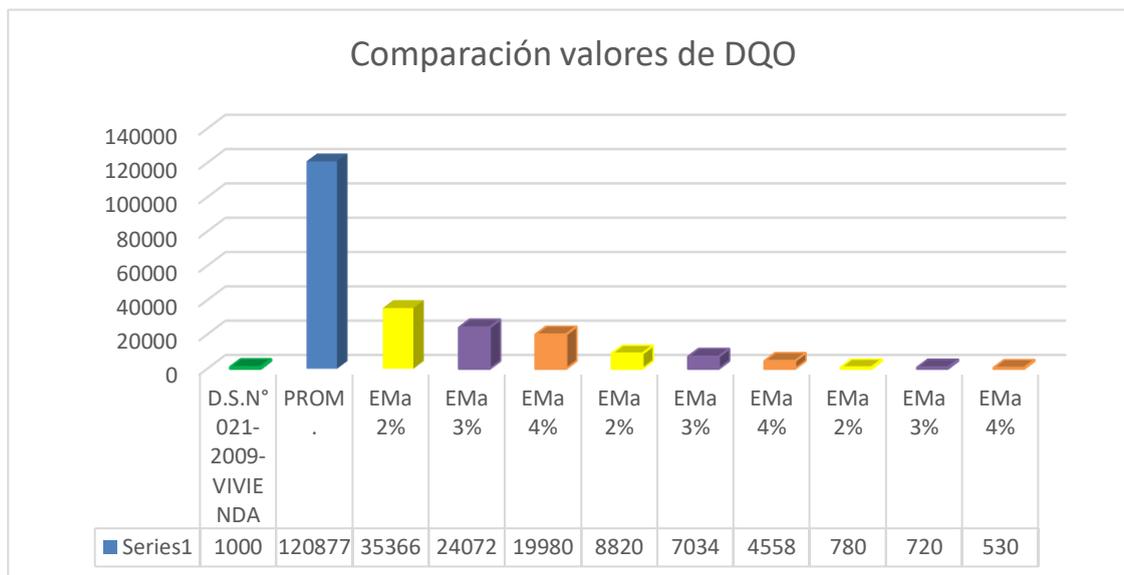
**b) Concentraciones diferentes de EMa para la degradación sobre la Demanda Química de Oxígeno**

En la **Tabla N° 5.7** se observan los resultados de la comparación de degradación de las diferentes concentraciones de EMa en el análisis de Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.7  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE DQO**

PARAMETROS (mg/L)	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (DS N° 021-2009 - VIVIEND)	CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES									
		0 0%EMa	1 2%EMa	2 3%EMa	3 4%EMa	4 2%EMa	5 3%EMa	6 4%EMa	7 2%EMa	8 3%EMa	9 4%EMa
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	1 000	120 876,5	35 366	24 072	19 980	8 820	7 034	4 558	780	720	530

**GRÁFICO N° 5.6  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE DQO**



En la demanda química de oxígeno (DQO), del **Gráfico N° 5.6**, se mostró un comportamiento relacionado directamente con el de DBO, en el tratamiento con concentraciones al 2% de EMa se tiene un valor final de 780 mg/L, en el tratamiento con concentraciones al 3% de EMa se tiene un valor final de 720 mg/L y finalmente en el tratamiento con concentraciones al 4% de EMa se tiene un valor final de 530 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales no domesticas de expendios de comida con la aplicación con diferentes concentraciones de EMa sobre este parámetro. Los tratamientos muestran éxito en la degradación de demanda química de oxígeno (DQO), con reducciones significativas durante el estudio alcanzando en los 27 días, los últimos valores que estuvieron por debajo de los Valores Máximos Admisibles (VMA) según DS N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N° 1, que exigen valores menores a 1 000 mg/L, para este parámetro. Por lo tanto, se alcanzó el objetivo empleando la aplicación de EMa en los tres tratamientos de concentraciones 2%, 3% y 4% de EMa.

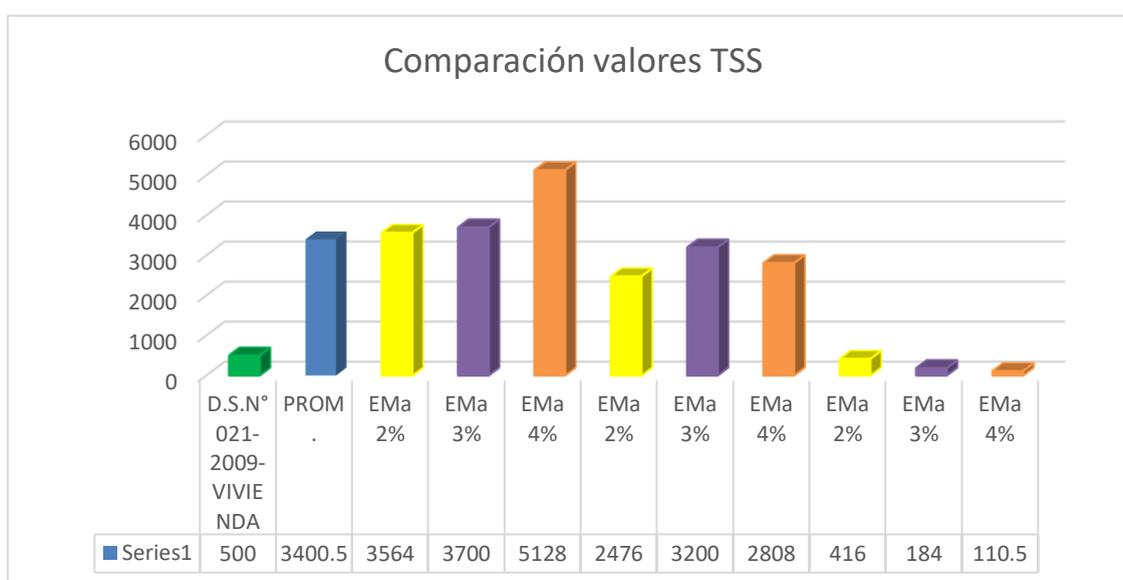
**c) Concentraciones diferentes de EMa para la degradación sobre la Solidos Suspendidos Totales**

En la **Tabla N° 5.8** se observan los resultados de la comparación de degradación de las diferentes concentraciones de EMa en el análisis de Solidos Suspendidos Totales de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.8  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE SST**

PARAMETROS (mg/L)	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (DS N° 021-2009 - VIVIEND)	CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES									
		0%EMa	2%EMa	3%EMa	4%EMa	2%EMa	3%EMa	4%EMa	2%EMa	3%EMa	4%EMa
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	500	3 400,5	3 564	3 700	5 128	2 476	3 200	2 808	416	184	110.5

**GRÁFICO N° 5.7  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE SST**



En lo que respecta al comportamiento de los Solidos Suspendidos Totales, del **Gráfico N° 5.7**, se observa que hubo un incremento y posteriormente va

descendiendo en el tiempo, dándose la degradación. En el tratamiento con concentraciones al 2% de EMa se tiene un valor final de 416 mg/L, en el tratamiento con concentraciones al 3% de EMa se tiene un valor final de 184 mg/L y finalmente en el tratamiento con concentraciones al 4% de EMa se tiene un valor en promedio de 110,5 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales no domésticas de expendios de comida con la aplicación con diferentes concentraciones de EMa sobre este parámetro, lo que indica que los valores obtenidos con la aplicación de diferentes concentraciones de EMa están por debajo con respecto a los Valores Máximos Admisibles (VMA) según DS N° 021–2009–VIVIENDA, **ANEXO N° 1**

Y cuando se observa el aumento en el parámetro de los Sólidos Suspendidos Totales es probablemente debido a que se tiene mayor aumento de actividad de microorganismos los cuales que a medida que pasa el tiempo tienen mayor descomposición de la materia orgánica los cuales no son absorbidos en su totalidad, pero en el tiempo de 27 días se observa la disminución y la degradación efectiva.

Por tanto, el objetivo en las tres diferentes aplicaciones con concentraciones de 2%,3% y 4% de EMa en el tiempo de 27 días, cumplen con la norma establecida con éxito.

**d) Concentraciones diferentes de EMa para la degradación sobre Aceites y Grasas**

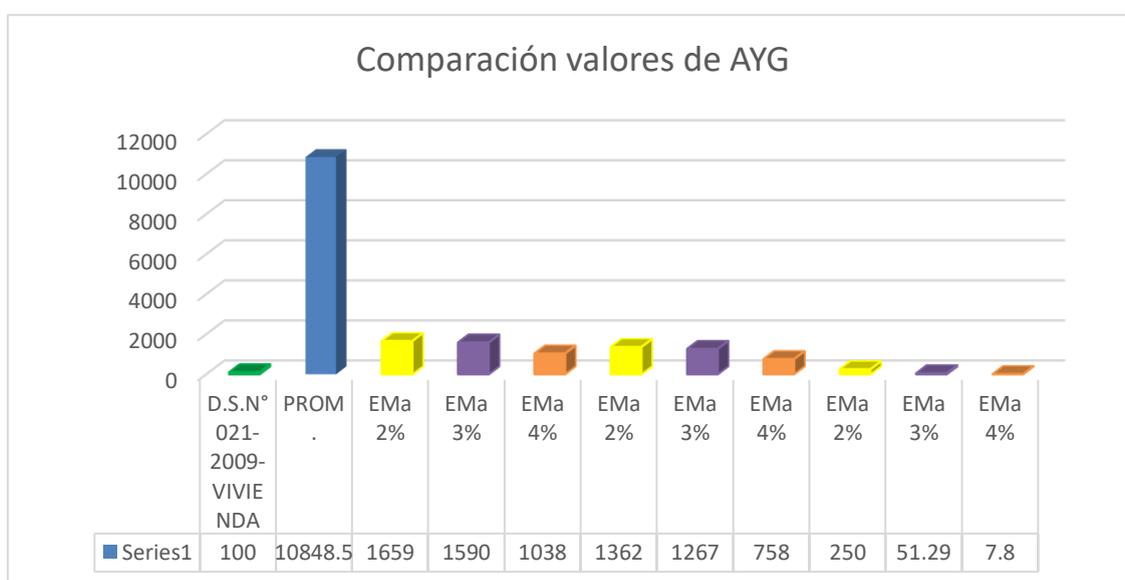
En la **Tabla N° 5.9 (Ver pag. N° 79)** se observan los resultados de la comparación de degradación de las diferentes concentraciones de EMa en

el análisis de Aceites y Grasas de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.9  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE AYG**

PARAMETROS (mg/L)	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (DS N° 021-2009 - VIVIEND)	CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES									
		0 0%EMa	1 2%EMa	2 3%EMa	3 4%EMa	4 2%EMa	5 3%EMa	6 4%EMa	7 2%EMa	8 3%EMa	9 4%EMa
ACEITES Y GRASAS	100	10 848,5	1 659	1 590	1 038	1 362	1 267	758	250	51,29	7,8

**GRÁFICO N° 5.8  
COMPARACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE AYG**



De la **Gráfica N° 5.8** se observa que los tratamientos muestran éxito en la degradación de aceites y grasas, con reducciones significativas, es decir no se encontró rastros de aceites y grasas (ausencia de película visible). En el tratamiento con concentraciones al 2% de EMa se tiene un valor final de 250 mg/L, en el tratamiento con concentraciones al 3% de EMa se tiene un valor final de 51,29 mg/L y finalmente en el tratamiento con concentraciones al

4% de EMa se tiene un valor en promedio de 7,8 mg/L, esto indica un efecto en el tratamiento de aguas residuales no domésticas de expendios de comida con la aplicación con diferentes dosis de EMa sobre este parámetro. Normalmente se pretende reducir el contenido de grasas y aceites mediante tratamientos secundarios (biológicos) en condiciones anaeróbicas; en este caso los tratamientos utilizados contaban con esas condiciones. La reducción que se logró es positiva en las concentraciones de 3% y 4% de EMa en el tiempo de 27 días de inoculación y resulta de gran importancia debido a que cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) según **DS N° 021–2009–VIVIENDA, ANEXO N° 1**

De la **Tabla N° 5.10 (Ver pag. N° 81)** se hace referencia al primer objetivo específico sobre la concentración de los microorganismos eficaces (2%, 3% y 4% EMa) realizando una comparación de los resultados finales de los cuatro parámetros fisicoquímicos analizados con la norma legal DS N° 021–2009–VIVIENDA, se obtuvo óptimos resultados para la degradación de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida, logrando el objetivo planteado en la concentración del 4% EMa y cumplir con lo establecido por la norma.

**TABLA N° 5.10  
CONCENTRACION DE LOS EMa COMPARADOS CON LA NORMA**

PARAMETROS (mg/L)	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (DS N° 021 - 2009 - VIVIENDA)	CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES									
		0 0%EMa	1 2%EMa	2 3%EMa	3 4%EMa	4 2%EMa	5 3%EMa	6 4%EMa	7 2%EMa	8 3%EMa	9 4%EMa
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	500	36 262,5	15 525	14 350	10 552	3 285	2 916	2 092	705	663	486
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	1000	120 876,5	35 366	24 072	19 980	8 820	7 034	4 558	780	720	530
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	500	3 400,5	3 564	3 700	5 128	2 476	3 200	2 808	416	184	110,5
ACEITES Y GRASAS	100	10 848,5	1 659	1 590	1 038	1 362	1 267	758	250	51,29	7,8

**5.3.2. Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces en la degradación de la carga orgánica en las aguas residuales no domésticas de expendios de comida**

**5.3.2.1. Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (días)**

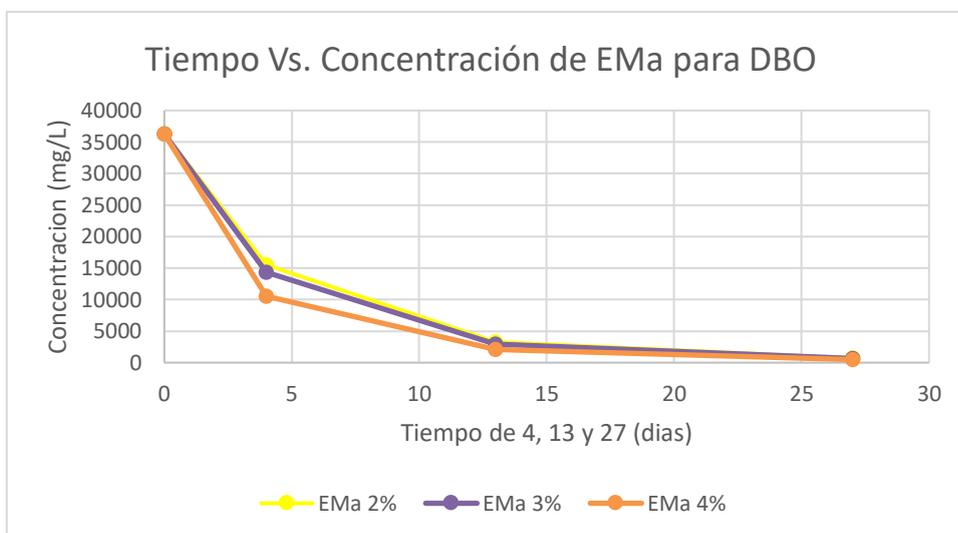
- a) **Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces para DBO.-** De la **Tabla N° 5.11 (Ver pag. N° 82)** se observa la comparación de los resultados de los diferentes tiempos en días establecidos para las corridas experimentales y diferentes concentraciones de los microorganismos eficaces activados en la degradación para análisis de demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.11**  
**TIEMPO (DIAS) Vs CONCENTRACIONES DE EMa SOBRE DBO**

PARÁMETRO	DBO		
	CONCENTRACIONES EMa		
	EMa 2%	EMa 3%	EMa 4%
0	36 262,5	36 262,5	36 262,5
4	15 525	14 350	10 552
13	3 285	2 916	2 092
27	705	663	486

De la **Gráfica N° 5.9** se observa los diferentes tiempos de inoculación de 4, 13 y 27 días y las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMa).

**GRÁFICO N° 5.9**  
**TIEMPO (DIAS) Vs CONCENTRACIONES DE EMa SOBRE DBO**



**b) Efecto en: Tiempo Vs. Concentraciones de EMa para DQO**

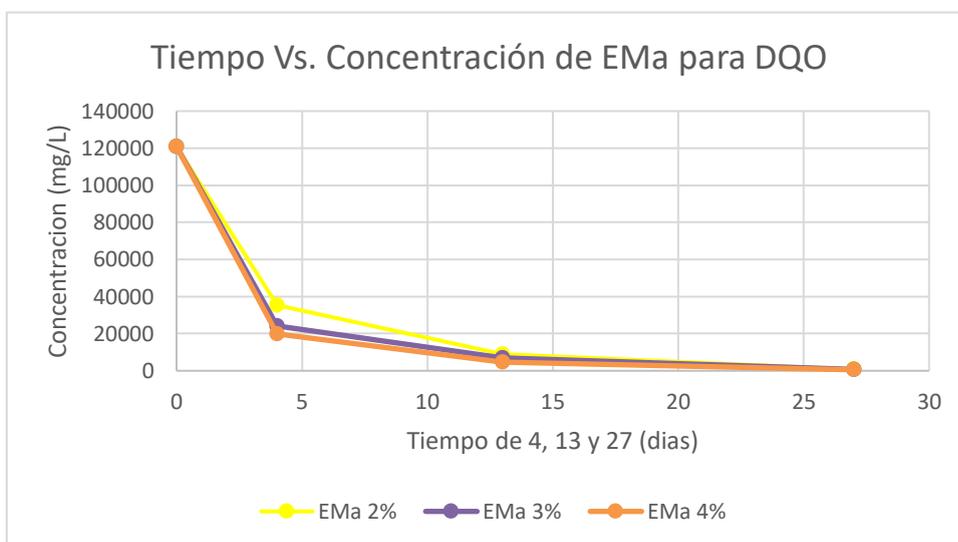
De la **Tabla N° 5.12 (Ver pag. N° 83)** se observa la comparación de los resultados de los diferentes tiempos en días establecidos para las corridas experimentales y diferentes concentraciones de los microorganismos eficaces activados en la degradación para análisis demanda química de oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.12**  
**CONCENTRACIONES DE EMa Vs. TIEMPO SOBRE DQO**

PARÁMETRO	DQO		
	CONCENTRACIONES EMa		
	EMa 2%	EMa 3%	EMa 4%
TIEMPO (DÍAS)			
0	120 876,5	120 876,5	120 876,5
4	35 366	24 072	19 980
13	8 820	7 034	4 558
27	780	720	530

De la **Gráfica N° 5.10** se observa los diferentes tiempos de inoculación de 4, 13 y 27 días y las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMa).

**GRÁFICO N° 5.10**  
**TIEMPO (DIAS) Vs CONCENTRACIONES DE EMa SOBRE DQO**



**c) Efecto en: Tiempo Vs. Concentraciones de EMa para SST**

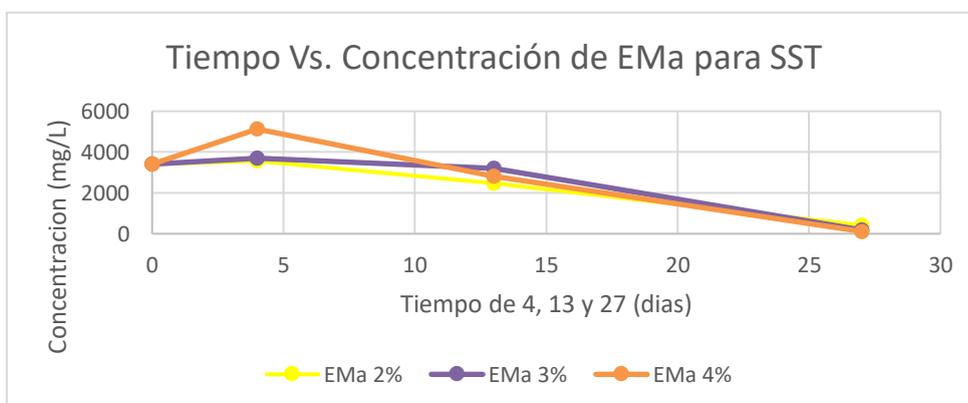
De la **Tabla N° 5.13 (Ver pag. N° 84)** se observa la comparación de los resultados de los diferentes tiempos en días establecidos para las corridas experimentales y diferentes concentraciones de los microorganismos eficaces activados en la degradación para análisis de solidos suspendidos totales de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.13**  
**CONCENTRACIONES DE EMa Vs. TIEMPO SOBRE SST**

PARÁMETRO	SST		
	CONCENTRACIONES EMa		
	EMa 2%	EMa 3%	EMa 4%
TIEMPO (DÍAS)			
0	3 400,5	3 400,5	3 400,5
4	3 564	3 700	5 128
13	2 476	3 200	2 808
27	416	184	110,5

De la **Gráfica N° 5.11** se observa los diferentes tiempos de inoculación de 4, 13 y 27 días y las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMa).

**GRÁFICO N° 5.11**  
**TIEMPO (DIAS) Vs CONCENTRACIONES DE EMa SOBRE SST**



**d) Efecto en: Tiempo Vs. Concentraciones de EMa para AYG**

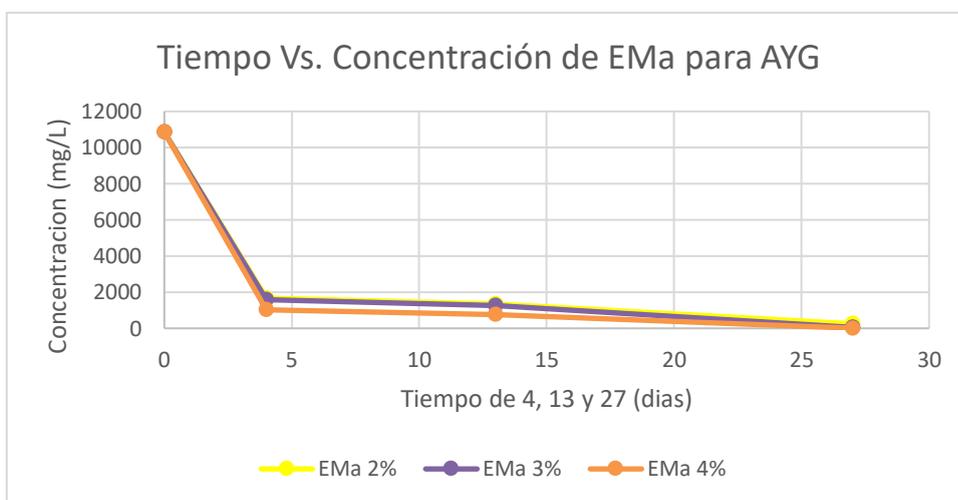
De la **Tabla N° 5.14 (Ver pag. N° 85)** se observa la comparación de los resultados de los diferentes tiempos en días establecidos para las corridas experimentales y diferentes concentraciones de los microorganismos eficaces activados en la degradación para análisis de aceites y grasas de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

**TABLA N° 5.14**  
**CONCENTRACIONES DE EMa Vs. TIEMPO SOBRE AyG**

PARÁMETRO	AYG		
	CONCENTRACIONES EMa		
	EMa 2%	EMa 3%	EMa 4%
TIEMPO (DÍAS)			
0	10 848,5	10 848,5	10 848,5
4	1 659	1 590	1 038
13	1 362	1 267	758
27	250	51,29	7,8

De la **Gráfica N° 5.12** se observa los diferentes tiempos de inoculación de 4, 13 y 27 días y las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados (EMa).

**GRÁFICO N° 5.12**  
**TIEMPO (DIAS) Vs CONCENTRACIONES DE EMa SOBRE AYG**



De la **Tabla N° 5.15 (Ver pag. N° 86)** se hace referencia al segundo objetivo específico sobre el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (4, 13 y 27 días), realizando una comparación de los resultados finales de los cuatro parámetros fisicoquímicos analizados en la concentración del 4% EMa, en esa concentración y en el tiempo de 27 días de inoculación se obtuvo óptimos resultados para la degradación de las aguas residuales no

domésticas de expendios de comida, logrando el objetivo planteado y cumplir con lo establecido por la norma.

**TABLA N° 5.15  
TIEMPO DE INOCULACION DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES**

<b>PARAMETROS</b>	<b>DBO</b>	<b>DQO</b>	<b>SST</b>	<b>AYG</b>
<b>TIEMPO (DÍAS)</b>	<b>EMa 4%</b>	<b>EMa 4%</b>	<b>EMa 4%</b>	<b>EMa 4%</b>
0	36 262,5	120 876,5	3 400,5	10 848,5
4	10 552	19 980	5 128	1 038
13	2 092	4 558	2 808	758
27	486	530	110,5	7,8

#### **5.4. Resultados finales**

##### **5.4.1. Rendimiento de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST Y AYG)**

###### **5.4.1.1. Rendimiento: Porcentaje de degradación de los parámetros fisicoquímicos analizados**

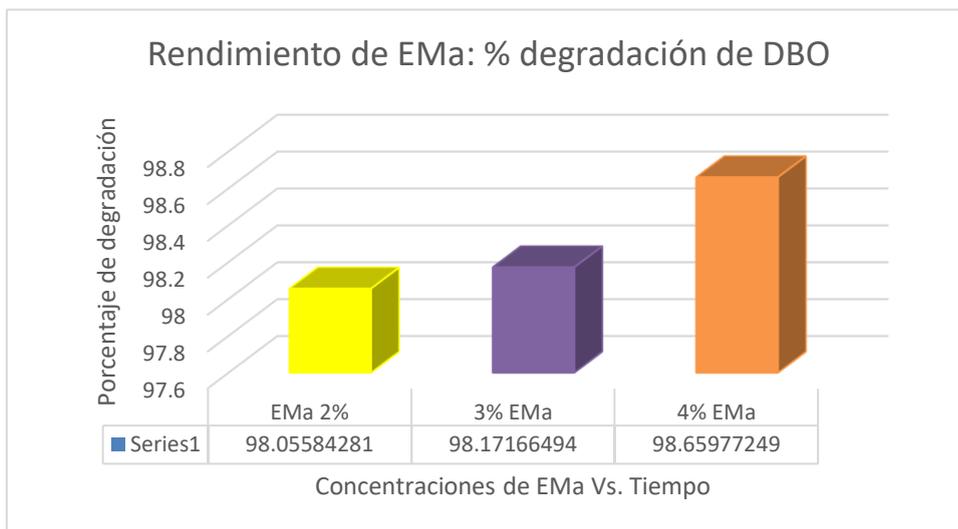
###### **a) Rendimiento de EMa: Porcentaje de degradación de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)**

En la **Tabla 5.16** y **Gráfico N° 5.13** (Ver pag. N° 87) se observan la comparación de los resultados del rendimiento de los microorganismos eficaces activados en porcentaje de degradación en el análisis de demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida en el tratamiento con diferentes concentraciones de EMa y tiempos de inoculación.

**TABLA N° 5.16  
RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE DBO**

<b>Concentraciones de EMa</b>	<b>EMa 2%</b>	<b>3% EMa</b>	<b>4% EMa</b>
<b>Rendimiento EMa Porcentaje (%) de Degradación de DBO</b>	98,06	98,17	98,66

**GRÁFICO N° 5.13**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE DBO**



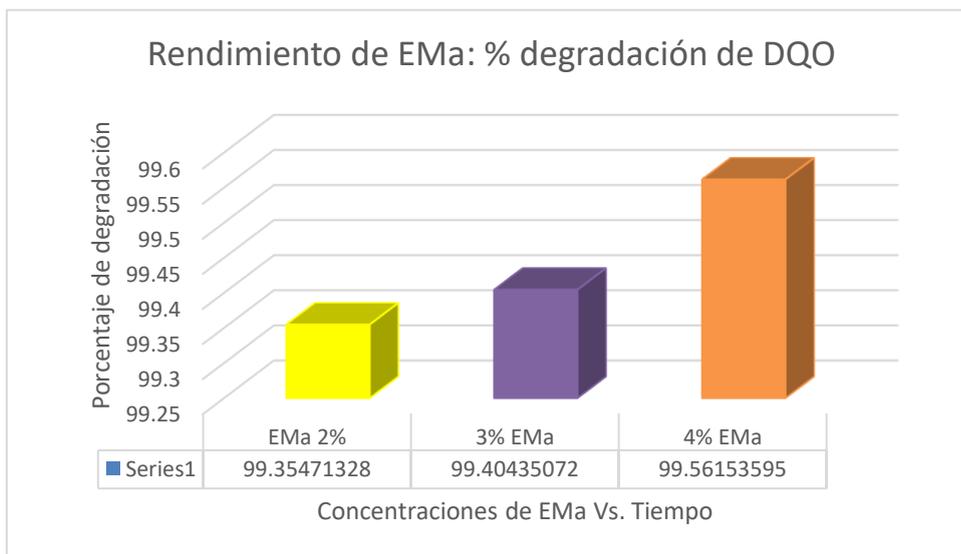
**b) Rendimiento de EMa: Porcentaje de degradación de Demanda Química de oxígeno (DQO)**

En la **Tabla 5.17** y **Gráfico N° 5.14** (Ver pag. N° 88) se observan la comparación de los que se observan los resultados del rendimiento de los microorganismos eficaces activados en porcentaje de degradación en el análisis de demanda química de oxígeno de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida en el tratamiento con diferentes concentraciones de EMa y tiempos de inoculación.

**TABLA N° 5.17**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE DQO**

Concentraciones de EMa	EMa 2%	3% EMa	4% EMa
Rendimiento EMa Porcentaje (%) de Degradación de DQO	99,35	99,40	99,56

**GRÁFICO N° 5.14**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE DQO**



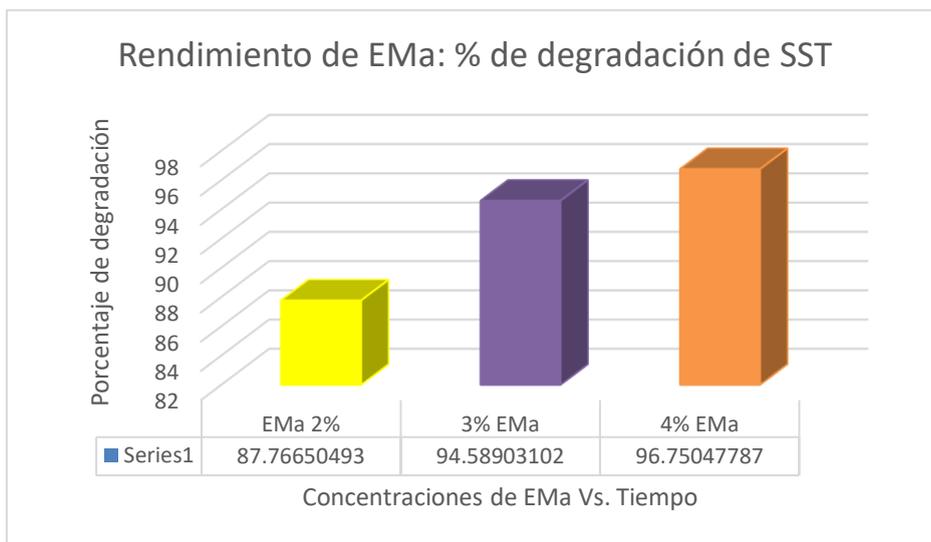
**c) Rendimiento de EMa: Porcentaje de degradación de Solidos Suspendidos Totales (SST)**

En la **Tabla 5.18** y **Gráfico N° 5.15** (Ver pag. N° 89) se observan la comparación de los que se observan los resultados del rendimiento de los microorganismos eficaces activados en porcentaje de degradación en el análisis de solidos suspendidos totales de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida en el tratamiento con diferentes concentraciones de EMa y tiempos de inoculación.

**TABLA N° 5.18**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE SST**

Concentraciones de EMa	EMa 2%	3% EMa	4% EMa
Rendimiento EMa Porcentaje (%) de Degradación de SST	87,77	94,59	96,75

**GRÁFICO N° 5.15**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE SST**



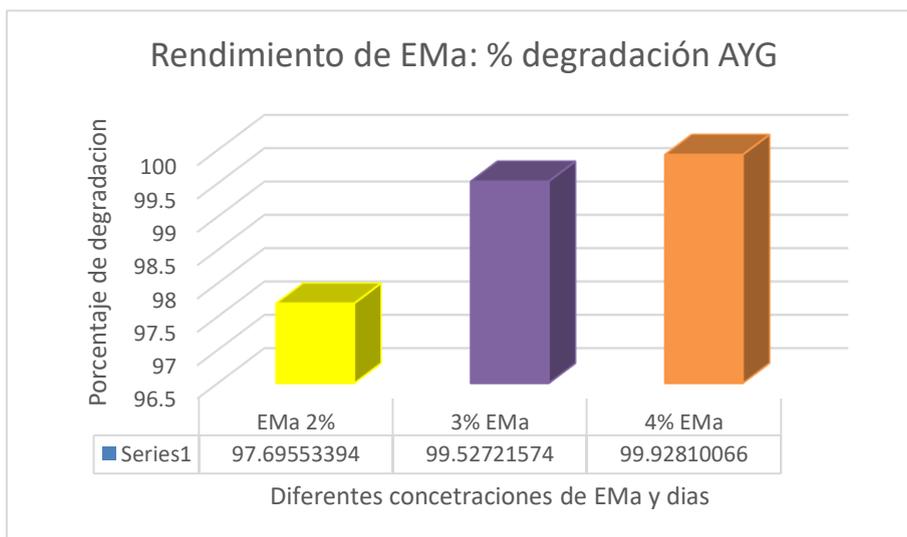
**d) Rendimiento de EMa: Porcentaje de degradación de Aceites y Grasas (AYG)**

En la **Tabla 5.19** y **Gráfico N° 5.16** (Ver pag. N° 90) se observan la comparación de los que se observan los resultados del rendimiento de los microorganismos eficaces activados en porcentaje de degradación en el análisis de aceites y grasas de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida en el tratamiento con diferentes concentraciones de EMa y tiempos de inoculación.

**TABLA N° 5.19**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE AYG**

Concentraciones de EMa	EMa 2%	3% EMa	4% EMa
Rendimiento EMa: Porcentaje (%) de Degradación de AYG	97,70	99,53	99,93

**GRÁFICO N° 5.16**  
**RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION SOBRE AYG**



De la **Tabla N° 5.20 (Ver pag. N° 91)** se hace referencia al objetivo general concluyendo que el tratamiento de concentración 4% de microorganismos eficaces activados (EMa) en el tiempo de 27 días, es el que tiene mejor rendimiento de EMa en porcentaje de degradación de los cuatro parámetros analizados. Dando como resultados en el análisis de DBO un porcentaje de degradación de 98.65 %, en el análisis de DQO un porcentaje de degradación de 99,56%, en el análisis de SST un porcentaje de degradación de 96,75% y en el análisis de AyG un porcentaje de degradación de 99,92%

Por lo tanto, el rendimiento de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica de las aguas residuales no domésticas fue óptimo en los cuatro parámetros cumpliendo lo establecido por la norma legal DS N° 021–2009–VIVIENDA.

**TABLA N° 5.20**  
**RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DE EMa: PORCENTAJES DE DEGRADACION**

<b>RENDIMIENTO EMa: PORCENTAJE (%) DE DEGRADACION</b>			
<b>Parámetros Fisicoquímicos</b>	<b>Concentraciones de EMa</b>		
	<b>2% de EMa</b>	<b>3% de EMa</b>	<b>4% de EMa</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	98,06	98,17	98,65
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	99,35	99,40	99,56
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	87,77	94,59	96,75
<b>Aceites y Grasas</b>	97,70	99,53	99,93

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De lo hasta aquí desarrollado a lo largo de la presente investigación, con la información estadística presentada en los anteriores capítulos cuyos modelos aplicados, hemos podido demostrar las hipótesis planteadas al inicio del presente trabajo como respuesta tentativa a esta investigación.

### **6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados**

El análisis y contrastación de las variables independientes y dependientes correspondientes a la hipótesis objeto de la presente tesis, nos permitió determinar lo siguiente:

#### **6.1.1 Contrastación de la hipótesis general**

El rendimiento de los microorganismos eficaces activados será favorable para la mejora en el tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida degradando la carga orgánica con resultados significativos en los cuatro parámetros analizados los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno con un porcentaje de degradación del 98,65% , Demanda Química de Oxígeno con un porcentaje de degradación del 99,56%, Solidos suspendidos Totales con un porcentaje de degradación del 96,75% y finalmente Aceites y grasas con un porcentaje de degradación del 99,92% en una concentración del 4% de microorganismos eficaces activados (EMa) y en un tiempo de inoculación de 27 días. Se creó un diseño de la metodología Taguchi de 2 factores y tres niveles realizando análisis de varianza (ANOVA) mediante el Modelo lineal general donde obtuvimos resultados de  $P < 1$  que nos indica que las evidencias nos llevan a aceptar la hipótesis planteada.

### 6.1.2 Contratación de las hipótesis específicas

- a. ***“El efecto de la concentración de los microorganismos eficaces activados (EMa), tendrá un comportamiento favorable para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, AyG y TSS) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.”***

Del análisis correspondiente podemos afirmar que se acepta como verdadera, el efecto que tendrá la concentración de los microorganismos eficaces activados (EMa) en la degradación de la carga orgánica en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida, con resultados significativos en los cuatro parámetros analizados los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno con una concentración final de 486 mg/L, Demanda Química de Oxígeno con una concentración final de 530 mg/L, Sólidos suspendidos Totales con una concentración final de 110,5 mg/L y finalmente Aceites y grasas con una concentración final de 7,8 mg/L en una concentración del 4% de microorganismos eficaces activados (EMa) en un tiempo de inoculación de 27 días.

De lo investigado en los análisis estadísticos se pudo verificar que los datos evidencian un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología Taguchi, que la concentración es la variable de menor influencia y los resultados indican que su  $p < 1$  en los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos suspendidos Totales y Aceites y grasas. Por lo tanto, si hay diferencia entre las diferentes concentraciones de microorganismos eficaces activados en los tratamientos establecidos, a mayor

concentración de los microorganismos eficaces activados mejor efectividad en la degradación de la carga orgánica

***b. “El tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, AyG y SST) será favorable en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.”***

De lo investigado podemos afirmar que se acepta como verdadera que el tiempo de inoculación de 27 días de los microorganismos eficaces activados (EMa) será favorable en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida con resultados significativos en los cuatro parámetros analizados los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos suspendidos Totales y finalmente Aceites y grasas.

De lo investigado en los análisis estadísticos se pudo verificar que los datos evidencian un seguimiento real y concordante con lo establecido en la metodología Taguchi, que el tiempo de inoculación es la variable de mayor influencia y los resultados indican que  $p < 1$  en los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos suspendidos Totales y Aceites y grasas entonces tienen un funcionamiento adecuado. Por lo tanto, si hay diferencia entre los diferentes tiempos de inoculación de los microorganismos eficaces activados en los tratamientos establecidos, a mayor tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces mejor efectividad en la degradación de la carga orgánica.

## **6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares**

### **a) “Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito (Puno)”**

De acuerdo con este estudio se pudo concluir que la aplicación de los microorganismos eficaces en un tiempo de tres meses e inoculando cada 15 días ayudan a disminuir la DBO,DQO y Aceites y Grasas, obteniendo un porcentaje de degradación 28,2%; 28,3% y 100% respectivamente, cuando han inoculado con 2% de EMa.

Mientras nosotros obtuvimos un porcentaje de 98,65%, 99,56% y 99,92% de DBO, DQO y Aceites y Grasas respectivamente. Esto se debe que ellos han trabajado en condiciones de bajas temperaturas por sus condiciones ambientales de Puno, porque las condiciones de vida de los microorganismos eficaces tienen que estar entre 20°C – 40°C

## VII. CONCLUSIONES

- 1) El rendimiento de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica en la mejora del tratamiento de agua residual no doméstica de expendio de comidas es efectivo sobre los parámetros fisicoquímicos, obteniendo un porcentaje de degradación en el análisis de DBO de 98,65%, DQO de 99,56%, SST de 96,75% y AyG de 99,93%
- 2) La concentración de 4% de microorganismos eficaces activados (EMa) es la más efectiva para la mejora en el tratamiento de aguas residuales no domésticas de expendios de comida, obteniendo resultados finales en los parámetros de DBO 486 mg/L, DQO 530 mg/L, SST 110,5 mg/L y AYG 7,8 mg/L. Se cumple la norma DS N° 021–2009–VIVIENDA.
- 3) El tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (EM) en 27 días fue el más efectivo para degradar la carga orgánica en la mejora del tratamiento de aguas residuales no domésticas de expendios de comida.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- 1)** Realizar investigaciones similares aplicando diferentes concentraciones porcentuales de microorganismos eficaces activados (EMa) y ampliando el periodo de investigación, incluyendo otros parámetros de contaminación ambiental.
- 2)** Se recomienda realizar un estudio inoculando los microorganismos eficaces cada 2, 3 o 5 días, dependiendo de la naturaleza del agua residual doméstica.
- 3)** Se recomienda utilizar detergentes biodegradables para resultados óptimo.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) CARDONA JUANITA Y GARCÍA LUISA. Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica. *Tesis título profesional. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. 2008.*
- 2) CASTILLO, G., ALTUNA, B., MICHELENA, G., SÁNCHEZ-BRAVO, J., ACOSTA, M. Cuantificación del contenido de ácido indolacético (AIA) en un caldo de fermentación microbiana. *Anales de Biología. 27: 137-142. 2005*
- 3) CERON, R. Purificación de Aguas Residuales con Microorganismos. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2005.
- 4) CETINKAYA, G. ÖSTÜRK, A. Biodegradation of homocyclic y heterocyclic aromatic compounds by *Rhodopseudomonas palustis* Strain. *Tukey journal of biology. 23:507-511* DHALL P, KUMAR R, KUMAR A. Biodegradation of Sewage Wastewt.1999.
- 5) DIARIO OFICIAL EL PERUANO. Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA, donde se aprueban los Valores Máximos Admisibles (VMA) para descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillados.  
[http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)
- 6) HERRERA FERNANDO Y CORPAS EDUARDO (2012). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 11 No. 1 (57 - 67) Enero - Junio 2013.*
- 7) HUANE LOURDES Y RIVERA RONNIE. Evaluación de la adición de un inóculo para estimular a escala de laboratorio la biodegradación de efluentes

- grasos. *Tesis título profesional. Lima. Universidad Mayor de San Marcos. 2014.*
- 8) KIELY, G. Ingeniería Ambiental. Fundamento, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial Nomos S.A. Colombia. (2003)
  - 9) LAZCANO CARREÑO CESAR. Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales. Perú. Editorial Ecoe. Segunda edición.2014.
  - 10) METCALF&EDDY. Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España.1995.
  - 11) ROJAS MILAGROS. Efecto de la concentración de los “Microorganismos Eficaces” (EM) en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas de las lagunas de oxidación del distrito de Moche – Región La Libertad. *Tesis título profesional. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. 2012.*
  - 12) SEDAPAL, <http://www.sedapal.com.pe/recomendaciones>
  - 13) VALDEZ ATILIO. Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito. *Tesis título profesional. Puno. Universidad nacional del altiplano. 2016.*

# **ANEXOS**

## ❖ ANEXO 01: Matriz de Consistencia

### **TÍTULO: “RENDIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES (EM) PARA LA DEGRADACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA EN LA MEJORA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE EXPENDIOS DE COMIDA”**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es el rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?	Determinar el rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.	El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) será favorable en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.	Y= El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG).	- mg O2/L - mg O2/L - mg de TSS/L - mg de aceite y grasa/L	- DQO - DBO - TSS - AyG	-Método colorimétrico. -Prueba de DBO de 5 días -Metodología analítica -Método gravimétrico
PROB. ESPECÍFICOS	OBJ. ESPECÍFICOS	HIP. ESPECÍFICAS	VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a) ¿Cuál será la concentración de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?	a) Determinar la concentración de microorganismos eficaces (EM) en el proceso de descontaminación para la mejora en el tratamiento de aguas residuales no domésticas de expendios de comida	a) La concentración de los microorganismos eficaces (EM), reducirá considerablemente la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida	X1= Concentración de microorganismos eficaces activados (EMa).	- Unidades Formadoras de Colonias /mL	- UFC/mL	- Dosificación en diferentes porcentajes de EMa.
b) ¿Cuál es el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida?	b) Determinar el tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, AyG y TSS) en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.	b) El tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, TSS y AyG) será necesario en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de expendios de comida.	X2= Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa).	- Tiempo	- días	- Realizar corridas experimentales y evaluar.

#### **RELACIÓN DE VARIABLES: $Y = f(X1, X2)$**

**Y=** El rendimiento de los microorganismos eficaces (EM) para la degradación de la carga orgánica (DBO, DQO, SST y AyG).

**X1=** Concentración de microorganismos eficaces activados (EMa).

**X2=** Tiempo de inoculación de los microorganismos eficaces activados (EMa).

## ❖ ANEXO N° 02: INFORMES DE ANÁLISIS: EMPRESA TIPSA

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-099</b>	
---	---	---

**INFORME DE ENSAYO N° 000013275**

**CLIENTE:** MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
**DOMICILIO LEGAL:** AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** M-01  
**CÓDIGO TYP SA:** 000011272  
**MATRIZ:** Agua residual  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual).  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 06/11/2017 07:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 07/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 07/11/2017 - 15/11/2017

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	10849	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	36275	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	120876	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	3401	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-099</b>	
---	---	---

**INFORME DE ENSAYO N° 000013278**

**CLIENTE:** MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
**DOMICILIO LEGAL:** AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** M-02  
**CÓDIGO TYP SA:** 000011406  
**MATRIZ:** Agua residual  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS.  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:**  
**FECHA DE TOMA:** 09/11/2017 04:15:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 10/11/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 10/11/2017 - 15/11/2017

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	10848	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	36250	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	120877	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	3400	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

### INFORME DE ENSAYO N° 000013415

<b>CLIENTE:</b>	MARTINEZ LINARES CESAR FRANK
<b>DOMICILIO LEGAL:</b>	AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)
<b>REFERENCIA CLIENTE:</b>	M-03
<b>CÓDIGO TYP SA:</b>	000011493
<b>MATRIZ:</b>	Agua residual
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>	Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). Proyecto: "TESIS". AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS. Tomada por el cliente
<b>DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:</b>	
<b>CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:</b>	CARABAYLLO.
<b>FECHA DE TOMA:</b>	14/11/2017 04:48:00 p.m.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	15/11/2017
<b>FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:</b>	15/11/2017 - 20/11/2017

#### RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1659	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	15525	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	35366	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	3564	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

### INFORME DE ENSAYO N° 000013416

<b>CLIENTE:</b>	MARTINEZ LINARES CESAR FRANK
<b>DOMICILIO LEGAL:</b>	AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)
<b>REFERENCIA CLIENTE:</b>	M-04
<b>CÓDIGO TYP SA:</b>	000011494
<b>MATRIZ:</b>	Agua residual
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>	Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). Proyecto: "TESIS". AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS. Tomada por el cliente
<b>DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:</b>	
<b>CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:</b>	CARABAYLLO.
<b>FECHA DE TOMA:</b>	14/11/2017 04:48:00 p.m.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	15/11/2017
<b>FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:</b>	15/11/2017 - 20/11/2017

#### RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1590	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	14350	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	24072	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	3700	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000013417**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-05  
CÓDIGO TYP SA: 000011495  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual).  
Proyecto: "TESIS".  
AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS.  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 14/11/2017 04:48:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 15/11/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 15/11/2017 - 20/11/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1038	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	10552	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	19980	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	5128	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000013841**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-06  
CÓDIGO TYP SA: 000011784  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual).  
Proyecto: "TESIS".  
AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS.  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 23/11/2017 07:17:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/11/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 24/11/2017 - 30/11/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1362	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	3285	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	8820	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	2476	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000013842**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-07  
CÓDIGO TYP8A: 000011785  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual).  
Proyecto: "TESIS".  
AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS.  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 23/11/2017 07:17:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/11/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 24/11/2017 - 30/11/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1267	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	2916	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	7034	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	3200	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000013843**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-08  
CÓDIGO TYP8A: 000011786  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual).  
Proyecto: "TESIS".  
AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS.  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 23/11/2017 07:17:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/11/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 24/11/2017 - 30/11/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	758	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	2092	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	4558	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	2808	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000014286**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-09  
CODIGO TYPSA: 000012399  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). Proyecto: "TESIS". AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS. Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 08/12/2017 11:30:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 07/12/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 07/12/2017 - 15/12/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	250	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	705	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	780	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	416	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000014287**

CLIENTE: MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
DOMICILIO LEGAL: AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
REFERENCIA CLIENTE: M-10  
CODIGO TYPSA: 000012400  
MATRIZ: Agua residual  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). Proyecto: "TESIS". AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS. Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CARABAYLLO.  
FECHA DE TOMA: 08/12/2017 11:30:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 07/12/2017  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 07/12/2017 - 15/12/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	51.29	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	663	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	720	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	184	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**INFORME DE ENSAYO N° 000014288**

**CLIENTE:** MARTINEZ LINARES CESAR FRANK  
**DOMICILIO LEGAL:** AV. RICARDO PALMA MZA. J LOTE. 39 URB. ALAMEDA DE ÑAÑA (ACADEMIA CESAR VALLEJO) (15 LURIGANCHO LIMA)  
**REFERENCIA CLIENTE:** M-11  
**CÓDIGO TYP8A:** 000012401  
**MATRIZ:** Agua residual  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Aproximadamente 3,250 L de Muestra (Agua Residual). Proyecto: "TESIS". AGUA RESIDUAL DE EXPENDIO DE COMIDA DE LAVADEROS. Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRA:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** CARABAYLLO.  
**FECHA DE TOMA:** 08/12/2017 11:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 07/12/2017  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 07/12/2017 - 15/12/2017

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	7.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	486	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	530	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	110.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

❖ **ANEXO N° 03: D.S. N°021-2009-VIVIENDA: Valores Maximos Admisibles** de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

<p>El Peruano Lima, viernes 20 de noviembre de 2009</p>	<p><b>NORMAS LEGALES</b></p>	<p><b>406305</b></p>
<p><b>Aprobaban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario</b></p>		
<p><b>DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA</b></p>		
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>		
<p>CONSIDERANDO:</p>		
<p>Que, el Artículo 2° de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;</p>		
<p>Que, asimismo el literal a) del Artículo 8° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diseña, norma y ejecuta la política nacional y acciones del sector en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;</p>		
<p>Que, la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante la Ley General, ha declarado que dichos servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente;</p>		
<p>Que, el Artículo 15° de la Ley General, establece que los usuarios de los servicios de saneamiento tienen la obligación de hacer uso adecuado de dichos servicios, no dañar la infraestructura correspondiente y cumplir con las normas que los Reglamentos de las entidades prestadoras establezcan; asimismo dispone que el daño o la depredación de los equipos e instalaciones de los servicios de saneamiento; así como el uso indebido de los mismos serán sancionados en la forma que establezca el Reglamento de la Ley General y las disposiciones que para el efecto dicte la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad penal que tuviese el infractor.</p>		
<p>Que, mediante Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante el TUO del Reglamento;</p>		
<p>Que, el literal g) del Artículo 56° del TUO del Reglamento establece como derecho de las EPS suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes industriales que se vierten en él, no cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente, quedando la EPS facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio; por otro lado el literal h) del mismo artículo dispone que en casos especiales las EPS pueden cobrar el costo adicional por las cargas en el sistema de alcantarillado que superen los límites establecidos por cada EPS en su Reglamento de Prestación de Servicios, indicando que dicho costo adicional será considerado como un servicio colateral;</p>		
<p>Que, el tercer párrafo del Artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado;</p>		
<p>Que, las descargas de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario contienen concentraciones elevadas de sustancias contaminantes o tóxicas que deben ser reguladas, controladas y fiscalizadas, a fin de evitar el deterioro 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;</p>		
<p>Que, por otro lado la presencia de sustancias nocivas en concentraciones elevadas en las aguas residuales que descargan a las redes de alcantarillado pone en peligro la salud de los seres humanos;</p>		
<p>Que, es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de las aguas residuales, estableciendo y aprobando para este caso Valores Máximos Admisibles (VMA) en lugar de Límites Máximos Permisibles, pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente;</p>		
<p>Que, en ese sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el TUO del Reglamento de la Ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA;</p>		
<p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, Leyes N° 26338, N° 27792, N° 29338, Decreto Supremo N° 023 2005-VIVIENDA y sus modificatorias, y demás normas pertinentes.</p>		
<p>DECRETA:</p>		
<p><b>Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma</b></p>		
<p>La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.</p>		
<p>Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.</p>		
<p><b>Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento</b></p>		
<p>Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.</p>		
<p>Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.</p>		
<p>Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso de sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.</p>		
<p><b>Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)</b></p>		
<p>Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.</p>		
<p><b>Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario</b></p>		
<p>Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de</p>		

Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (A y G), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma.

La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, en un plazo no mayor de la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la presente norma. Dicha metodología deberá ser incorporada en el Reglamento de Prestación de Servicios correspondiente a cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

**Artículo 5º.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado**

Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos N°1 y N°2.

**Artículo 6º.- Caso fortuito o fuerza mayor**

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el usuario no doméstico efectúe descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario superando los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecido en el Anexo N° 2 de la presente norma, las EPS o las entidades que hagan sus veces, evaluarán si procede exponer temporalmente al usuario no doméstico de los alcances del artículo 5º, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la presente norma.

**Artículo 7º.- Control de las aguas residuales no domésticas**

El monitoreo de la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las EPS o las entidades que hagan sus veces, contando para ello con la participación de laboratorios debidamente acreditados ante INDECOPI. Los pagos deberán ser asumidos por el usuario no doméstico de acuerdo al procedimiento que el ente competente establecerá concordante con la presente norma. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma.

**Artículo 8º.- Actualización de los VMA**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se encuentra autorizado a modificar los Valores Máximos Admisibles a través de una Resolución Ministerial. Para tal efecto, la Dirección Nacional de Saneamiento, evaluará y, de ser el caso, sustentará la modificación y actualización de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles, señalados en los Anexos N° 1 y N° 2, previo análisis y estudio efectuado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, de acuerdo a la caracterización del tipo de descarga no doméstica vertida a los sistemas de alcantarillado.

**Artículo 9º.- Prohibiciones**

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES**

**PRIMERA.-** La presente norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario, contados a partir de la publicación de la presente en el Diario Oficial El Peruano.

**SEGUNDA.-** Los usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, se encuentran efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años.

En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma serán de aplicación inmediata.

**TERCERA.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, aprobará las normas complementarias que sean necesarias, para la aplicación e implementación del presente Decreto Supremo.

**CUARTA.-** El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS**

**ÚNICA.-** Modifíquense los literales g) y h) del Artículo 5º del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, con el texto siguiente:

**Artículo 5º.-** Son derechos de la EPS:  
(...)

g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en la normatividad vigente. Las EPS o las entidades que hagan sus veces, quedan facultadas para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio.

h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por la normatividad vigente. Dicho pago adicional será incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

**DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DEROGATORIAS**

**ÚNICA.-** Deróguense todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil nueve.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO N° 01**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

**ANEXO N° 02**  
**Valores Máximos Admisibles (1)**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0,2
Cromo	mg/L	Cr	10
Cobalto	mg/L	Co	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>6+</sup>	0,5
Cromo total	mg/L	Cr <sup>3+</sup>	10
Niquel	mg/L	Ni	4
Níquel	mg/L	Ni	0,2
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>2-</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Zinc hexavalente	mg/L	Zn <sup>6+</sup>	50
pH (20°C)	unidad	pH	6-9
Conductividad	µmhos/cm	S.S.	0,5
Temperatura	°C	T	15

CO La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precedida en el momento de la presente norma, teniendo como referencia el código CNA. Actividades económicas que no serán cubiertas en este CNA, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.

CD Estos parámetros, serán tomados de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

❖ **ANEXO N°04: Analisis del Ph de los microorganismos eficaces activados**

Se calibra el peachimetro y se midió el Ph de los microorganismos eficaces activados a los 7 días de activación dando como resultado Ph = 3.79.

