

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**



**TÍTULO:**

**ANÁLISIS DE USO DEL BIOSÓLIDO DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SAN BLAS COMO  
FERTILIZANTE DE ÁREAS VERDES**

**POR:**

**VLADISLAVIC VILLARROEL HUGO MANUEL**

**SEMESTRE I – GESTIÓN 2024**

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**

**ANÁLISIS DE USO DEL BIOSÓLIDO DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SAN BLAS COMO  
FERTILIZANTE DE ÁREAS VERDES**

**POR:**

**HUGO MANUEL VLADISLAVIC VILLARROEL**

Proyecto elaborado en la asignatura CIV 502, presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar  
el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I – GESTIÓN 2024**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A Dios, que me dio la vida y me otorga fortaleza en cada momento de mi vida.

A mis papás, Hugo Alexander y María Cristina, por todo su amor a lo largo de mi vida.

A mis hermanas, Valeria y Renata Agustina por el amor, cariño y apoyo en las buenas y malas.

A mi abuelita Hortensia, por darme todo y amarme de manera única e incondicionalmente.

A mi niño interior, Huguito, que jugaba e imaginaba algún día ser ingeniero.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Descripción del problema. ....	4
1.3. Planteamiento del problema. ....	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Hipótesis. ....	6
1.6. Objetivos.....	7
1.6.1. Objetivo general. ....	7
1.6.2. Objetivos específicos. ....	7

### CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.

2.1. Fuentes de información.....	9
----------------------------------	---

### CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.

3.1. Lodos.....	13
3.2. Tratamiento de lodos.....	17
3.3. Los biosólidos. ....	21
3.4. Opciones para el uso o disposición de los biosólidos. ....	23
3.5. Aplicación de los biosólidos en la agricultura. ....	25
3.6. Normativas para el uso de biosólidos.....	26

<b>3.6.1. Normativa Americana.....</b>	<b>26</b>
<b>3.6.2. Normativa chilena. ....</b>	<b>28</b>
<b>3.6.3. Normativa Argentina. ....</b>	<b>29</b>

#### **CAPÍTULO 4: DISEÑO METODOLÓGICO.**

<b>4.1. Localización geográfica.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.1. Sectores de aporte de redes de alcantarillado sanitario. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2. Existencia de industrias y lavanderías en los sectores de aporte. ....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. Identificación del proceso de tratamiento de lodos actual.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3. Ensayos de laboratorio realizados en lodos.....</b>	<b>47</b>
<b>4.4. Análisis de la normativa asociada a la aplicación de lodos en suelos. ....</b>	<b>60</b>
<b>4.5. Comparación de las normativas.....</b>	<b>77</b>

#### **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>94</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>95</b>

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

<b>Bibliografía.....</b>	<b>98</b>
<b>Webgrafía.....</b>	<b>100</b>

## **ANEXOS.**

**Anexo 1: Informe de laboratorio julio 2021.**

**Anexo 2: Informe de laboratorio agosto 2021.**

**Anexo 3: Informe de laboratorio septiembre 2021.**

**Anexo 4: Informe de laboratorio octubre 2021.**

**Anexo 5: Informe de laboratorio noviembre 2021.**

**Anexo 6: Informe de laboratorio diciembre 2021.**

**Anexo 7: Informe de laboratorio enero 2022.**

**Anexo 8: Informe de laboratorio marzo 2022.**

**Anexo 9: Informe de laboratorio mayo 2022.**

**Anexo 10: Informe de laboratorio junio 2022.**

**Anexo 11: Informe de laboratorio julio 2022.**

**Anexo 12: Informe de laboratorio agosto 2022.**

**Anexo 13: Informe de laboratorio septiembre 2022.**

**Anexo 14: Informe de laboratorio octubre 2022.**

**Anexo 15: Informe de laboratorio diciembre 2022.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Metodología del proyecto .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2: Muestra de lodo recién procesado de la planta de tratamiento San Blas–Tarija. ....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3: Reactor aerobio PTAR San Blas .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4: Digestor anaerobio de la planta de tratamiento San Blas – Tarija, donde ocurre la digestión y tratamiento anaerobio de los lodos. ....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5: Biosólido tratado en la planta de tratamiento San Blas – Tarija.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6: Muestra de licor procedente del reactor A de la planta de tratamiento San Blas.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7: Ubicación de la PTAR San Blas .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 8: Sectores de aporte de redes de alcantarillado sanitario a colectores principales año 2019. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 9: Diagrama de flujo PTAR San Blas .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 10: Pretratamiento de rejillas .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 11: Sedimentador circular.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 12: Sedimentadores primarios .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 13: Reactores biológicos y sedimentadores secundarios.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 14: Sistema de lodos activados.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15: Desinfección UV.....</b>	<b>42</b>

<b>Figura 16: Espesadores de lodos. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 17: Digestores anaerobios de lodos. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 18: Digestor de lodos de la PTAR. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 19: Decanter de la PTAR. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 20: Reporte de ensayo microbiológico matriz lodo (2021). ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 21: Reporte de ensayo de materia orgánica. (septiembre-2021). ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 22: Reporte de ensayo de materia orgánica. (octubre-2021). ....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 23: Reporte de ensayo de metales (diciembre-2021). ....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Industrias existentes en el área de influencia del proyecto. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 2: Lavanderías existentes en el área de influencia del proyecto. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3: Resumen de análisis al biosólido y lodo de la PTAR San Blas el mes de enero 2022. ....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 4: Resumen de análisis a parámetros físico-químicos del lodo. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 5: Concentraciones máximas de ETM en suelo receptor. ....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 6: Concentraciones máximas de ETM en lodos para aplicación al suelo. ....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 7: Concentraciones techo. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 8: Las tasas acumuladas de carga de contaminantes. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 9: Concentraciones de contaminantes. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 10: Tasas de carga de contaminantes. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 11: Atracción de vectores. Determinaciones a realizar sobre barros. ....</b>	<b>70</b>

<b>Tabla 12: Metales y PCBs.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 13: Nivel de patógenos. Caracterización microbiológica. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 14: Condiciones básicas para rellenos sanitarios. Determinaciones sobre barro.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 15: Condiciones básicas para rellenos sanitarios. Determinaciones sobre lixiviado.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 16: Condiciones para tratamiento biológico en suelos (según niveles guía de calidad de suelo para uso agrícola). ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 17: Límites máximos permisibles de metales pesados en biosólidos. ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 18: Límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en biosólidos.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 19: Aprovechamiento del biosólido.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 20: Frecuencia de muestreo y análisis para lodos y biosólidos.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 21: Comparación entre normas latinas y norma americana.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 22: Comparación de concentraciones máximas permisibles. ....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 23: Comparación de análisis ETM en PTAR San Blas y las normativas seleccionadas.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 24: Análisis de parámetros esenciales de lodos en la PTAR San Blas. ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 25: Análisis de parámetros esenciales de lodos en la PTAR San Blas.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 26: Límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en biosólidos.....</b>	<b>82</b>