

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales y su impacto en el proyecto de reforestación “San Lucas de Colán” de la empresa PRODUMAR S.A.C-Paita

Línea de Investigación: Diseño, Manufactura y Mecanización.

Sub-Línea: Gestión Ambiental

Autores:

Garcia Silva, Roberth Williams

Reyes Valderrama, Yajaira Victoria

Jurado Evaluador:

Presidente: Landeras Pilco, Maria Isabel.

Secretario: Granados Porturas, Pablo Miguel.

Vocal: Sato Nestares, Paul Esteban.

Asesor:

Urcia Cruz, Manuel

Código ORCID

<http://orcid.org/0000000182860597>

Trujillo – Perú
2024

Fecha de sustentación: 24-04-23

Obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales y su impacto en el proyecto de reforestación "San Lucas de Colán" de la empresa PRODUMAR S.A.C-Paita

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

7%

★ repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

Dr. Ing. MANUEL URCIA CRUZ
Ingeniero Industrial
Reg. CIP: 27703
Reg. SINEACE: 0852
RPG UNT: 614

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

Declaración de Originalidad

Yo Manuel Urcia Cruz, docente del Programa de Estudio Ingeniería Industrial., de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada: “ Obtencion de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales y su impacto en el proyecto de reforestación “San Lucas de Colan” de la empresa PRODUMAR S.A.C - Paita.”, autores: Garcia Silva, Roberth Williams y Reyes Valderrama, Yajaira Victoria, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 13 de diciembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 13 de diciembre del 2023

URCIA CRUZ MANUEL

Asesor

DNI: 18208167

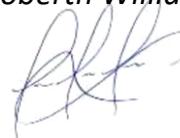
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8286-0597>



García Silva, Roberth Williams

DNI: 71001267

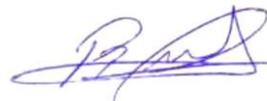
Firma:



García Silva, Roberth Williams

DNI: 71001267

Firma:



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

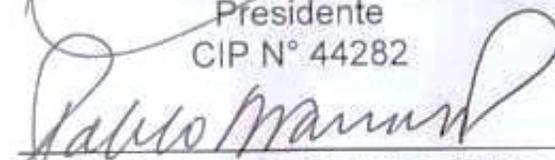


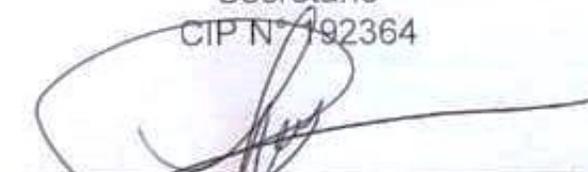
TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

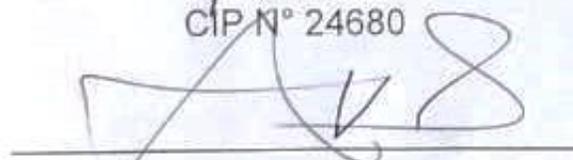
Obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales y su impacto en el proyecto de reforestación "San Lucas de Colán" de la empresa PRODUMAR S.A.C-Paita

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:


Dra. Landeras Pilco, Maria Isabel
Presidente
CIP N° 44282


Ms. Granados Porturas, Pablo
Secretario
CIP N° 192364


Dr. Sato Néstaes, Paul
Vocal
CIP N° 24680


Dr. Urcia Cruz, Manuel
Asesor
CIP N° 27703

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a Dios por brindarme salud y bendecirme en cada proyecto u objetivo planteado y logrado hasta el día de hoy, a mi madre Esmeralda por su apoyo, paciencia y enseñarme a no rendirme, a mi pequeño hermano Joaquín quién es mi principal motivo para lograrlo todo, a mis abuelos Felicita y Esteban que desde el cielo siguen siendo mi fortaleza, a los amigos que aquel 29 de mayo Lambayeque me regaló y al día de hoy siguen motivándome y sacando lo mejor de mí, gracias a todos por su amor y apoyo incondicional.

Yajaira Reyes Valderrama

Dedico esta tesis a nuestro padre creador por bendecirme siempre y otorgarme salud para llevar a cabo esta tesis, a mis padres Santos y Pilar, por apoyarme en mi carrera profesional y a enseñarme a nunca rendirme a pesar de las adversidades. A mi abuela Estaurafila, que a pesar que ya no esté conmigo, siempre está en mi corazón, apoyándome y cumpliendo uno de sus sueños, que sea una persona de bien y un gran profesional. A mis hermanos Miguel y Moisés, por motivarme a seguir estudiando y capacitándome para lograr mis objetivos.

A mi enamorada Leidy, tú ayuda fue fundamental, dentro del desarrollo de esta tesis se presentaron muchos momentos complicados, esta tesis no fue sencilla, pero ahí estuviste motivándome a no darme por vencido y no dejándome sólo en ningún momento.

Gracias a todos por su apoyo incondicional.

Roberth García Silva

AGRADECIMIENTO

Agradecemos sinceramente a Dios por mantenernos con salud y por permitirnos continuar logrando nuestros objetivos. Su guía y protección han sido fundamentales en cada paso de este camino académico.

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento al Dr.Ing. Manuel Urcia Cruz por su paciencia, orientación y apoyo inquebrantable durante la realización de esta tesis. Su experiencia y dedicación fueron indispensables para el éxito de este proyecto.

También deseamos reconocer y agradecer a todos los docentes y personas que nos impartieron sus conocimientos a lo largo de nuestros años de formación en la carrera. Sus enseñanzas, consejos y estímulo constante nos han ayudado a crecer académica y profesionalmente, y nos han impulsado para llegar al punto donde nos encontramos hoy.

A cada uno de ustedes, nuestro más sincero agradecimiento por su contribución invaluable a este logro.

¡Gracias!

Roberth y Yajaira

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tuvo como propósito demostrar el impacto económico positivo del uso de lodos residuales industriales obtenidos del PTARI como fertilizante y demostrar su uso en la siembra de maíz híbrido dekalb 7508 en el proyecto de reforestación San Lucas de Colan en Paita.

Se determinó que Produmar para darle una disposición final a sus lodos puede llegar a gastar alrededor de **S/ 133,392.99** por año, este costo puede variar por la cantidad de m³, el tipo de clasificación, y el tarifario que cada EOR (Empresa operadora de residuos) maneja a raíz de ello se plantea el uso del lodo como fertilizante, para ello fue necesario analizar las propiedades del lodo y del suelo, dándonos resultados positivos, es decir, el fertilizante es apto para ser aplicado en el suelo con fines agrícolas, pues posee valores bajos de metales pesados, es libre de patógenos, tiene un contenido nutricional favorable y cumple con los límites máximos permitidos por los instrumentos normativos ambientales internacionales, para poner en práctica, se trabajó en un área de 200 m² del proyecto de reforestación, dividiendo el terreno en dos bloques, el bloque I será donde se aplicará el fertilizante orgánico en estudio, este lodo industrial previamente fue reducido su porcentaje de humedad hasta en un 41% obteniendo así el fertilizante, y el bloque II será nuestro testigo, una vez aplicado el fertilizante y empezado la siembra, se tomaron 10 muestras de cada bloque y se analizó durante 70 días, teniendo como resultado que el maíz con tratamiento (Fertilizante-Bloque I) mide 1.34 cm más de la media que el maíz sin tratamiento (Sin Fertilizante-Bloque II), lo mismo se realizó en la cosecha midiéndose el largo, diámetro, número de hileras y peso de la mazorca de maíz, concluyendo que el rendimiento del cultivo con fertilizante es superior al rendimiento del cultivo sin fertilizante en un 13% más. Con estos datos se cotizaron el costo de las maquinarias necesarias para convertir el lodo en fertilizante, esto significaría una inversión de **S/ 162,320.33** en maquinaria y costos de operación. Para determinar el ahorro al utilizar el lodo como fertilizante frente a seguir pagando los servicios de otra empresa se hizo uso de **método del Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)** en un horizonte de 10 años para ambos, concluyendo que la realización del fertilizante a partir del lodo, nos permitirá un ahorro de **S/ 22,036.05**.

Palabras claves: Fertilizante, Lodos residuales industriales, reforestación.

ABSTRACT

The purpose of this research was to demonstrate the positive economic impact of using industrial waste sludge obtained from the PTARI as fertilizer and to demonstrate its use in the planting of dekalb 7508 hybrid corn in the San Lucas de Colan reforestation project in Paita.

It was determined that Produmar can spend around S/ 133,392.99 per year, this cost can vary according to the amount of m³, the type of classification, and the tariffs that each EOR (waste operating company) manages. As a result, it was necessary to analyze the properties of the sludge and the soil, giving us positive results, that is, the fertilizer is suitable to be applied to the soil for agricultural purposes, because it has low values of heavy metals, is free of pathogens, has a favorable nutritional content and complies with the maximum limits allowed by international environmental standards, to put into practice, we worked in an area of 200m² of the reforestation project, dividing the land into two blocks, block I will be where the organic fertilizer under study will be applied, this industrial sludge was previously reduced its percentage of humidity up to 41% thus obtaining the fertilizer, and block II will be our witness, once the fertilizer was applied and planting began, 10 samples were taken from each block and analyzed for 70 days, having as a result that the corn with treatment (Fertilizer-Block I) measures 1. The same was done at harvest, measuring the length, diameter, number of rows and weight of the corn cob, concluding that the yield of the crop with fertilizer is 13% higher than the yield of the crop without fertilizer. With this data, the cost of the machinery necessary to convert the sludge into fertilizer was calculated, which would mean an investment of S/ 162,320.33 in machinery and operating costs. To determine the savings by using the sludge as fertilizer versus continuing to pay for the services of another company, the Annual Uniform Equivalent Cost (UEC) method was used over a 10-year horizon for both, concluding that the production of fertilizer from the sludge will allow us to save S/ 22,036.05.

Key words: Fertilizer, industrial waste sludge, reforestation.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

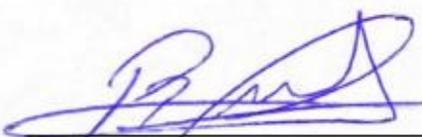
De acuerdo con el cumplimiento de las disposiciones del reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, exponemos a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado: **“OBTENCIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR DE LODOS RESIDUALES INDUSTRIALES Y SU IMPACTO EN EL PROYECTO DE REFORESTACIÓN SAN LUCAS DE COLAN DE LA EMPRESA PRODUMAR S.A.C”**

Desarrollado con el fin de obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. El objetivo principal es demostrar el impacto del fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales de una empresa pesquera en un proyecto de reforestación.

A ustedes miembros del jurado, mostramos nuestro especial y mayor reconocimiento por el dictamen que se haga merecedor y correspondiente del presente trabajo.



Roberh Williams García Silva
DNI: 71001267



Yajaira Victoria Reyes Valderrama
DNI: 75732681

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
PRESENTACIÓN.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1.Problema de Investigación.....	1
1.2.Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3.Justificación del estudio	5
II. MARCO DE REFERENCIA.....	7
2.1.Antecedentes del estudio.....	7
2.2.Marco Teórico.....	9
2.2.1. Proyecto.....	9
2.2.2. Preinversión.....	11
2.2.3. Perfil.....	11
2.2.4. Prefactibilidad	12
2.2.5. Factibilidad.....	12
2.2.6. Análisis Estratégico.....	13
2.2.7. Estrategia.....	13
2.2.8. Tamaño y localización del proyecto	19
2.2.9. Evaluación Económica.....	20
2.2.10. Materia Orgánica	24
2.2.11. Efectos de la materia orgánica en los suelos.....	25
2.2.12. Efectos de la materia orgánica en las plantas.	28
2.2.13. Fertilización.....	29
2.2.14. Breve reseña histórica sobre el tratamiento de aguas.....	30
2.2.15. Aguas Residuales	32
2.2.16. Lodos Residuales	37
2.2.17. Producción de lodos	37
2.2.18. Tipos de Lodos	40
2.2.19. Características de los lodos.....	41
2.2.20. Tratamiento de Lodos.....	42
2.2.21. Aplicación de lodos en la agricultura.....	44
2.2.22. Parámetros a evaluar en lodos residuales.....	46

2.2.23. Mineralización de los lodos residuales.....	47
2.2.24. Metales pesados presentes en Lodos Residuales.....	48
2.2.25. Patógenos en lodos residuales.....	49
2.2.26. Normativa del uso de lodos residuales en la agricultura.....	50
2.3. Marco Conceptual	53
2.3.1. Proyecto.....	53
2.3.2. Prefactibilidad	53
2.3.3. Límite Máximo Permisible	54
2.3.4. Aguas Residuales	54
2.3.5. Fertilizantes	54
2.3.6. Reforestación.....	54
2.4. Hipótesis.....	55
2.5. Variables e Indicadores	55
2.5.1. Variable Independiente	55
2.5.2. Variable Dependiente	55
2.5.3. Operacionalización de las variables de las Variables	56
III.METODOLOGÍA EMPLEADA	58
3.1.Tipo y nivel de investigación	58
3.1.1 De acuerdo a la orientación o finalidad:.....	58
3.1.2. De acuerdo al nivel de investigación:.....	58
3.2.Población y muestra del estudio	58
3.2.1. Población:.....	58
3.2.2. Muestra:.....	58
3.3.Diseño de Investigación	58
3.4.Técnicas e Instrumentos de Investigación	59
3.5.Procesamiento y análisis de datos.....	59
IV.PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	60
4.1. Resultados del objetivo específico N°1	60
4.1.1. Evaluación Externa Factores políticos, gubernamentales (P).....	61
4.1.2. Factores económicos y financieros (E).....	68
4.1.3. Factores sociales, culturales y demográficas (S).....	77
Empleo Formal	77
4.1.4. Factores tecnológicos y científicos (T).....	79
4.1.5. Factores ecológicos y ambientales (E)	84
4.1.6. Factores Legales (L).....	86
4.1.7. Resultados de las Variables externas según PESTEL	87
4.1.8. Fuerza competitiva: Poder de Negociación de los Proveedores.....	89
4.1.9. Fuerza competitiva: Poder de Negociación de los Clientes	90
4.1.10. Fuerza competitiva: Amenaza de nuevos competidores.....	91
4.1.11. Fuerza competitiva: Amenaza de productos Sustitutos	91
4.1.12. Fuerza competitiva: Rivalidad entre Competidores.....	92
4.1.13. Matriz FODA	93

4.1.14. FODA Cruzado	95
4.1.15. Ponderación de Estrategias	96
4.2. Resultados del objetivo específico N°2	97
4.2.1. Localización de Planta	98
4.2.2. Tamaño de Planta.....	104
4.3. Resultados de objetivo específico Nro. 3	135
4.3.1. Desarrollar la ingeniería del proyecto:	135
4.4. Resultados del objetivo específico Nro.4	272
4.4.1 Evaluar los diferentes análisis de las especificaciones del lodo:	272
4.5. Resultados del objetivo específico Nro.5	298
4.5.1. Desarrollar los aspectos legales del proyecto:.....	298
4.6. Resultados del objetivo específico Nro.6	304
4.6.1. Determinar el monto de la inversión y financiamiento.....	304
4.7. Resultados del objetivos específico Nro.7	313
4.7.1. Desarrollar la evaluación Económica.....	313
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	317
5.1. Objetivo específico Nro 1: “Desarrollar un análisis estratégico”.	317
5.2. Objetivo específico Nro 2: “Determinar el tamaño y localización”	317
5.3. Objetivo específico Nro 3: “Desarrollar la ingeniería del proyecto”	318
5.4. Objetivo específico Nro 4: “Evalular los diferentes análisis de las especificaciones del lodo”	320
5.5. Objetivo específico Nro 5: “Desarrollar los aspectos legales del proyecto”	320
5.6. Objetivo específico Nro 6: “Determinar el monto de la inversión y financiamiento.”	321
5.7. Objetivo específico Nro 7: “Desarrollar la evaluación Económica”.	322
CONCLUSIONES	323
RECOMENDACIONES	325
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	326
ANEXOS	336

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Interpretación del VAN.....	21
Tabla 2	Contenido máximo permisible de metales en Biosólidos aplicados a los suelos según Norma 40CFR Part 503 de la EPA-1993.....	52
Tabla 3	Contenido de patógenos en biosólidos clase A y B según la Norma 40 CFR Parte 503 de la EPA-1993.....	53
Tabla 4	Operacionalización de las Variables.....	56
Tabla 5	Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	59
Tabla 6	Variables Estratégicas según PESTEL.....	88
Tabla 7	Poder de Negociación de Proveedores.....	90
Tabla 8	Poder de Negociación de los Clientes.....	90
Tabla 9	Amenaza de Nuevos Competidores.....	91
Tabla 10	Amenaza de Productos Sustitutos.....	92
Tabla 11	Rivalidad Entre Competidores.....	93
Tabla 12	Matriz FODA.....	93
Tabla 13	FODA Cruzado.....	95
Tabla 14	Ponderación de Estrategias.....	96
Tabla 15	Comparación de los factores básicos que determinan la localización.....	101
Tabla 16	Factores de localización.....	102
Tabla 17	Valor de la importancia con relación a los factores.....	102
Tabla 18	Matriz de enfrentamiento para localización.....	102
Tabla 19	Valor de calificación con respecto a los factores de la localización.....	103
Tabla 20	Principales factores relacionados a la localización, con sus calificaciones.....	103
Tabla 21	Principales factores relacionados a la localización, con sus porcentajes.....	104
Tabla 22	Seguimiento Generación de lodo 03-12-22.....	110
Tabla 23	Seguimiento Generación de lodo 04-12-22.....	111
Tabla 24	Seguimiento Generación de lodo 05-12-22.....	111
Tabla 25	Seguimiento Generación de lodo 06-12-22.....	112
Tabla 26	Seguimiento Generación de lodo 07-12-22.....	112
Tabla 27	Seguimiento Generación de lodo 08-12-22.....	113
Tabla 28	Seguimiento Generación de lodo 09-12-22.....	113
Tabla 29	Seguimiento Generación de lodo 10-12-22.....	114
Tabla 30	Resumen Detallado Generación de lodo Semanal.....	114
Tabla 31	Generación de lodo Semanal por turno.....	115
Tabla 32	Generación de lodo Semanal por DAF.....	115
Tabla 33	Generación de lodo Semanal total.....	116
Tabla 34	Generación de lodo Semanal # de Bachadas por DAF y por Semana.....	116
Tabla 35	Materiales a usar para determinar la densidad presente en el lodo residual.....	117
Tabla 36	121
Tabla 37	Materiales a usar para determinar el % de sólidos presentes en el lodo residual.....	125
Tabla 38	Resultados 1era prueba de % Humedad del lodo.....	132
Tabla 39	Resumen de pruebas de % de Humedad del lodo.....	133
Tabla 40	% de humedad de muestra seca.....	134
Tabla 41	Resumen de Generación de lodo, densidad y sólidos presentes.....	135
Tabla 42	Materiales a usar para la deshidratación natural del lodo.....	137
Tabla 43	Ubicación de Proyecto de Reforestación “San Lucas de Colán”.....	146
Tabla 44	Análisis Físico-Mecánico del Suelo.....	153

Tabla 45	Análisis químico del suelo.....	154
Tabla 46	Interpretación de escala de Ph para cultivos agrícolas.....	155
Tabla 47	Rangos de la conductividad eléctrica (salinidad) en el suelo.....	155
Tabla 48	Rangos de materia orgánica en el suelo.....	156
Tabla 49	Rangos de nitrógeno en el suelo.....	157
Tabla 50	Rangos de fósforo en el suelo.....	158
Tabla 51	Rangos de potasio en el suelo.....	158
Tabla 52	Rangos CIC en el suelo.....	160
Tabla 53	Rangos Calcio en el suelo.....	160
Tabla 54	Rangos Magnesio en el suelo.....	161
Tabla 55	Cationes cambiabiles del suelo.....	162
Tabla 56	Análisis de rangos de los cationes cambiabiles.....	164
Tabla 57	Rangos ideales de bases intercambiabiles.....	164
Tabla 58	Relación clase textural con densidad aparente.....	165
Tabla 59	Coeficiente de mineralización del Nitrógeno.....	168
Tabla 60	Distribución en % de fertilizante orgánico.....	178
Tabla 61	Distribución en Kg de fertilizante orgánico.....	178
Tabla 62	Viajes de riego al terreno experimental.....	179
Tabla 63	Altura de Planta de Maíz del Surco 1 antes del fertilizante.....	180
Tabla 64	Altura de Planta de Maíz del Surco 2 antes del fertilizante.....	181
Tabla 65	Altura de Planta de Maíz del Surco 3 antes del fertilizante.....	182
Tabla 66	Altura de Planta de Maíz del Surco 4 antes del fertilizante.....	183
Tabla 67	Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 10 días después de la fertilización.....	185
Tabla 68	Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 10 días después de la fertilización.....	186
Tabla 69	Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 10 días después de la fertilización.....	186
Tabla 70	Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 10 días después de la fertilización.....	187
Tabla 71	Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 30 días después de la fertilización.....	189
Tabla 72	Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 30 días después de la fertilización.....	190
Tabla 73	Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 30 días después de la fertilización.....	191
Tabla 74	Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 30 días después de la fertilización.....	192
Tabla 75	Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 50 días después de la fertilización.....	194
Tabla 76	Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 50 días después de la fertilización.....	195
Tabla 77	Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.....	195
Tabla 78	Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 50 días después de la fertilización.....	196
Tabla 79	Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	198
Tabla 80	Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	198
Tabla 81	Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	199
Tabla 82	Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	200
Tabla 83	Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 1, Con Fertilizante.....	201
Tabla 84	Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 1, Sin Fertilizante.....	202
Tabla 85	Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 2, Con Fertilizante.....	203
Tabla 86	Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 2, Sin Fertilizante.....	204
Tabla 87	Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 3, Con Fertilizante.....	205
Tabla 88	Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 3, Sin Fertilizante.....	205
Tabla 89	Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 4, Con Fertilizante.....	206
Tabla 90	Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 4, Sin Fertilizante.....	207
Tabla 91	Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	208

Tabla 92 Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	209
Tabla 93 Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	210
Tabla 94 Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	211
Tabla 95 Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	213
Tabla 96 Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	214
Tabla 97 Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	215
Tabla 98 Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	216
Tabla 99 Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco, 70 días después de la fertilización.....	218
Tabla 100 Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	219
Tabla 101 Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	220
Tabla 102 Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	221
Tabla 103 Resultados de longitud de la mazorca, después de la cosecha.....	226
Tabla 104 Resultados de longitud de la mazorca, después de la cosecha.....	227
Tabla 105 Resultados del Peso de la mazorca, después de la cosecha.....	230
Tabla 106 Resultados del número de hileras de la mazorca, después de la cosecha.....	231
Tabla 107 Obtención del número de granos para cada tratamiento.....	233
Tabla 108 Resumen de resultados, después de la cosecha.....	234
Tabla 109 Matriz de decisión deshidratadores de lodos.....	236
Tabla 110 Matriz de Pugh-Deshidratador de lodo.....	245
Tabla 111 Datos preliminares para selección de deshidratador de lodos.....	251
Tabla 112 Características del equipo deshidratador Opción 1.....	252
Tabla 113 Características del equipo deshidratador Opción 2.....	252
Tabla 114 Descripción técnica del equipo deshidratador seleccionado.....	253
Tabla 115 Matriz de decisión Secador Mecánico.....	255
Tabla 116 Matriz de Pugh Secador mecánico de lodos.....	263
Tabla 117 Comparativa y selección de secador rotativo.....	265
Tabla 118 Estándares patógenos según EPA-40 CFR Part 503.....	275
Tabla 119 Estándares patógenos según Resolución 410 de 2018-Argentina.....	275
Tabla 120 Estándares patógenos según Resolución 375 CONAMA de 2006-Brasil.....	275
Tabla 121 Estándares patógenos según Decreto 1287 de 2014-Colombia.....	275
Tabla 122 Estándares patógenos según Decreto 4 de 2009-Chile.....	276
Tabla 123 Estándares patógenos según Decreto Ejecutivo N° 39316-S-Costa Rica.....	276
Tabla 124 Estándares patógenos según NOM-004-SEMARNAT-2002-México.....	276
Tabla 125 Estándares patógenos según Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000-Panamá.....	276
Tabla 126 Estándares patógenos según Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA-Perú..	277
Tabla 127 Límites máximos permisibles de Coliformes Fecales por país presentes en el lodo.....	277

Tabla 128 Límites máximos permisibles de Salmonella por país presentes en el lodo	278
Tabla 129 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-EEUU.....	279
Tabla 130 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-CE	279
Tabla 131 Las regulaciones y marcos normativos relacionados con la disposición y el uso de lodos y biosólidos en los países latinoamericanos.	280
Tabla 132 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Argentina.....	281
Tabla 133 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Brasil.....	282
Tabla 134 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Colombia.....	282
Tabla 135 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Chile.....	283
Tabla 136 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-México.....	283
Tabla 137 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Panamá.....	284
Tabla 138 Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Perú.....	284
Tabla 139 Resultado de Valor Arsénico comparado con LMP por país.....	285
Tabla 140 Resultado de Valor Cadmio comparado con LMP por país.....	286
Tabla 141 Resultado de Valor Plomo comparado con LMP por país.....	287
Tabla 142 Resultado de Valor Cobre comparado con LMP por país.....	288
Tabla 143 Resultado de Valor Mercurio comparado con LMP por país.....	289
Tabla 144 Resultado de Valor Níquel comparado con LMP por país.....	290
Tabla 145 Resultado de Valor Cromo comparado con LMP por país.....	291
Tabla 146 Resultado de Valor Zinc comparado con LMP por país.....	292
Tabla 147 Valores límites de concentración de metales en lodo residual por país.....	294
Tabla 148 Resultados de concentraciones del lodo residual en la PTARI de estudio.....	294
Tabla 149 Resumen de resultados de análisis de metales pesados en el lodo residual.....	295
Tabla 150 Propiedades químicas y físicas del lodo residual.....	296
Tabla 151 Elementos nutritivos presentes en el lodo.....	297
Tabla 152 Histórico de costo mensual de evacuación de lodos residuales.....	306
Tabla 153 Resumen de costo anual de evacuación de lodos residuales por año.....	307
Tabla 154 Precio del tornillo deshidratador.....	309
Tabla 155 Resumen de costos del Tornillo Deshidratador.....	311
Tabla 156 Costo total del secador rotativo.....	312
Tabla 157 Datos del fabricante del secador rotativo indirecto.....	312
Tabla 158 Resumen de costos del Tornillo Deshidratador.....	313

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Historial de gasto por evacuación de los residuales industriales 2019-2020 y 2021.	4
Figura 2	Fundamento de un proyecto	10
Figura 3	Fórmula del VAN	22
Figura 4	Fórmula de la TIR	23
Figura 5	Fórmula del B/C	24
Figura 6	Tratamiento de Aguas Residuales	35
Figura 7	Tasa de Referencia 2018-2021	62
Figura 8	Crédito del sector Privado al 2021	62
Figura 9	Resultado Económico del Sector Público no Financiero 2021-2022	63
Figura 10	Evolución del Presupuesto Inicial de Apertura (PIA) 2017-2022	65
Figura 11	Crecimiento Mundial al 2022	69
Figura 12	PBI real 2020-2021	70
Figura 13	PBI real, Perú	71
Figura 14	Demanda Interna y PBI	72
Figura 15	PBI por sectores económicos	73
Figura 16	Indicadores de Actividad Económica, Piura	74
Figura 17	Sector Pesca, Piura	75
Figura 18	Piura: Inversión Pública	76
Figura 19	Proyección de la Inflación, 2021-2022	77
Figura 20	Puestos formales de empleo	78
Figura 21	Empresas del sector privado que reportan empleo formal	79
Figura 22	Revoluciones Tecnológicas y Desigualdades	80
Figura 23	Estimaciones del tamaño del mercado de las tecnologías de frontera	81
Figura 24	Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos	87
Figura 25	Plano PRODUMAR S.A.C	98
Figura 26	Sistema por Flotación de aire disuelto (DAF)	106
Figura 27	Tina de recepción de lodos	107
Figura 28	Dino de prueba para determinar la generación de lodo	109
Figura 29	Toma de muestra de tina de Recepción de lodo	118
Figura 30	Pesaje de muestra de lodo	118
Figura 31	Pesaje de vaso Beaker	119
Figura 32	Mezclando para homogenizar la muestra	119
Figura 33	Toma de primera muestra de lodo	120
Figura 34	Colocando muestra de lodo en vaso Beaker	120
Figura 35	Muestra de lodo Nro 1	121
Figura 36	Punto de muestreo: Sistema de Flotación por aire disuelto 1 (DAF I)	125
Figura 37	Muestra fresca de lodo proveniente de DAF I	126
Figura 38	Balanza de humedad	126
Figura 39	Pesaje de plato aluminio en balanza de humedad	127
Figura 40	Tara de la balanza de Humedad	127
Figura 41	Homogenización de la muestra	128
Figura 42	Colocación de pequeña muestra de lodo en balanza de humedad	128
Figura 43	Esparcir muestra de lodo en platillo	129
Figura 44	Pesaje de muestra esparcida en balanza de humedad	129
Figura 45	Inicio de operación de secado de balanza de humedad	130
Figura 46	Finalización de secado de balanza de humedad	130

Figura 47	Enfriamiento de balanza de humedad.....	131
Figura 48	Preparando nueva muestra para iniciar secado en balanza de humedad	131
Figura 49	% de humedad y % sólidos presentes en el lodo residual industrial.....	133
Figura 50	Muestra de lodo seco.....	134
Figura 51	Punto de toma de muestra: Tina de recepción de lodos.....	138
Figura 52	Inicio del proceso de secado natural del lodo	140
Figura 53	Esparcimiento de cal a muestra de lodo a secar.....	140
Figura 54	Homogenización de lodo y cal.....	141
Figura 55	Secado natural de lodo (2 días después)	142
Figura 56	Secado natural de lodo (4 días después)	142
Figura 57	Secado natural de lodo (5 días después)	143
Figura 58	Desprendimiento de lodo seco de la lona.....	143
Figura 59	Llenado de sacos con lodo seco.....	144
Figura 60	Pesaje de lodo seco (Fertilizante).....	145
Figura 61	Distribución del proyecto de reforestación "San Lucas de Colán"	147
Figura 62	Punto de Muestreo de suelo Nro. 1 (Bloque I).....	150
Figura 63	Punto de Muestreo de suelo Nro. 2 (Bloque II).....	150
Figura 64	Punto de Muestreo de suelo Nro. 3 (Bloque III)	151
Figura 65	Punto de Muestreo de suelo Nro. 4 (Bloque IV)	151
Figura 66	Punto de Muestreo de suelo Nro. 5 (Bloque V)	152
Figura 67	Punto de Muestreo de suelo Nro. 6 (Bloque VI)	152
Figura 68	Muestra de suelo homogenizada final.....	153
Figura 69	Envío de muestras a laboratorio AGQ LABS	153
Figura 70	Escala de Ph	154
Figura 71	Requerimientos nutricionales del proyecto de reforestación	171
Figura 72	Preparación de terreno experimental.	172
Figura 73	Dimensiones de terreno experimental.....	173
Figura 74	Croquis del terreno experimental.....	174
Figura 75	Trabajos de preparación de terreno-Creación de Surcos	175
Figura 76	Humectación de terreno experimental	176
Figura 77	Maíz híbrido dekalb 7508.....	177
Figura 78	Fertilizante orgánico proveniente de lodo industrial.....	177
Figura 79	Surcos antes del tratamiento	178
Figura 80	Aplicación del fertilizante en los surcos elegidos.	179
Figura 81	Gráfico de Planta de Maíz del Surco 1 Antes del fertilizante.....	181
Figura 82	Gráfico de Planta de Maíz del Surco 2 Antes del fertilizante.....	182
Figura 83	Gráfico de Planta de Maíz del Surco 3 Antes del fertilizante.....	183
Figura 84	Gráfico de Planta de Maíz del Surco 4 Antes del fertilizante.....	184
Figura 85	Medición de altura 10 días después de la Fertilización.....	184
Figura 86	185
Figura 87	Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 10 días después de la fertilización.....	186
Figura 88	Gráfico de altura de Planta de Maíz del surco 3; 10 días después de la fertilización.....	187
Figura 89	Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 4, 10 días después de la fertilización.....	188
Figura 90	Medición de altura 30 días después de la fertilización	189

Figura 91 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 30 días después de la fertilización.....	190
Figura 92 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 30 días después de la fertilización.....	191
Figura 93 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 30 días después de la fertilización.....	192
Figura 94 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 4, 30 días después de la fertilización.....	193
Figura 95 Medición de altura 50 días después de la fertilización.	193
Figura 96 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 50 días después de la fertilización.....	194
Figura 97 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 50 días después de la fertilización.....	195
Figura 98 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.....	196
Figura 99 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.....	197
Figura 100 Medición de altura 70 días después de la fertilización.....	197
Figura 101 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	198
Figura 102 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	199
Figura 103 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	200
Figura 104 Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	201
Figura 105 Resumen tasa de crecimiento Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	203
Figura 106 Resumen tasa de crecimiento Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	204
Figura 107 Resumen tasa de crecimiento Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	206
Figura 108 Resumen tasa de crecimiento Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	207
Figura 109 Medición de diámetro del tallo, 70 días después de la fertilización.	208
Figura 110 Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	209
Figura 111 Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	210
Figura 112 Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	211
Figura 113 Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.....	212
Figura 114 Medición de la longitud de la mazorca, 70 días después de la fertilización.	212
Figura 115 Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	213
Figura 116 Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	214
Figura 117 Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	215
Figura 118 Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.	216
Figura 119 Medición del diámetro de la mazorca, 70 días después de la fertilización.	217

Figura 120 Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.....	218
Figura 121 Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.....	219
Figura 122 Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	220
Figura 123 Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.....	221
Figura 124 Antes de la cosecha 1, 127 días después de la fertilización	222
Figura 125 Antes de la cosecha 2, 127 días después de la fertilización	222
Figura 126 Cosechando las plantas de Maíz, 128 días después de la fertilización	223
Figura 127 Mazorcas con fertilizante y sin fertilizante, 128 días después de la fertilización	224
Figura 128 Mazorcas sin fertilizante, después de la cosecha.....	224
Figura 129 Mazorcas con fertilizante, después de la cosecha.	225
Figura 130 Longitud de la mazorca, después de la cosecha.	225
Figura 131 Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.	226
Figura 132 Diámetro de la mazorca, después de la cosecha.	227
Figura 133 Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.	228
Figura 134 Peso de la mazorca sin Fertilizante, después de la cosecha.....	229
Figura 135 Peso de la mazorca con Fertilizante, después de la cosecha.	229
Figura 136 Gráfico del Peso de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.	230
Figura 137 Número de Hileras de la mazorca, después de la cosecha.	231
Figura 138 Gráfico del Peso de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.	232
Figura 139 Tecnologías para la deshidratación y secado de lodos.	236
Figura 140 Tornillo deshidratador de lodos.....	247
Figura 141 Funcionamiento del Tornillo deshidratador de lodos.....	248
Figura 142 Ubicación en planta del tornillo deshidratador.....	250
Figura 143 Secador rota tubo indirecto.....	267
Figura 144 Ubicación en planta del secador rota tubo	268
Figura 145 Gráfico de comparativa Arsénico Vs Instrumentos Normativos.....	286
Figura 146 Gráfico de comparativa Cadmio Vs Instrumentos Normativos.	287
Figura 147 Gráfico de comparativa Plomo Vs Instrumentos Normativos.....	288
Figura 148 Gráfico de comparativa Cobre Vs Instrumentos Normativos.	289
Figura 149 Gráfico de comparativa Mercurio Vs Instrumentos Normativos.....	290
Figura 150 Gráfico de comparativa Níquel Vs Instrumentos Normativos.....	291
Figura 151 Gráfico de comparativa de Cromo Vs Instrumentos Normativos.....	292
Figura 152 Gráfico de comparativa de Zinc Vs Instrumentos Normativos.	293
Figura 153 Inversión actual de succión, transporte y disposición final de lodo actual de Produmar S.A.C.....	314
Figura 154 Nueva Propuesta, implementación de tornillo deshidratador y secador rotativo	315

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

a) Descripción de la realidad problemática

Actualmente el mundo se encuentra constantemente mejorando sus políticas ambientales con el objetivo de controlar los diferentes procesos productivos que causen impacto en el ambiente. En el ámbito de la política de preservación de la calidad del recurso agua, se han venido implementando plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), un informe redactado en el 2017 por las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, sostiene que las aguas residuales pueden ser un recurso inestimable para satisfacer la creciente demanda mundial de agua dulce y las diversas materias primas, existe un objetivo de desarrollo sostenible que pretende incrementar la reutilización del agua y reducir a la mitad, de aquí a 2030. Este proceso de tratamiento de aguas residuales genera un derivado inevitable llamado lodo residual, barro o biosólido.

Con el pasar de los años el aumento en el volumen de aguas residuales será considerable, como consecuencia habrá un aumento en las cantidades de lodo producidos, generando así la necesidad de manejar adecuadamente este derivado del proceso de la forma más sostenible, con el objetivo de lograr una economía circular, minimizar los riesgos ambientales ligados a su composición altamente putrescible y mejorar así el ambiente.

En el estudio de (Jurado & Luna, 2004), nos hablan sobre los nutrientes presentes en estos lodos residuales que son Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y estos a su vez contiene también trazas de metales pesados y microorganismos patógenos. Debido a esta composición este lodo puede ser aprovechado con fines agrícolas, siendo esta una alternativa sostenible y económica.

(Giraldo & Lozano, 2006) El interés en la implementación de lodos al suelo está creciendo como una consecuencia de la menor viabilidad de otras opciones de gestión de lodos, como son el transporte a rellenos sanitarios, la incineración o la evacuación al mar.

(Loose, 2016) En el Perú, la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales ha ido en aumento, esto lo podemos constatar en una comparativa con el año 1996 donde la cobertura de PTAR a nivel nacional sólo era de 11.1% y en el 2016 fue de 37.02%. Se pronosticó que para los años venideros tengamos una cobertura del 100% a nivel nacional, esto traería como consecuencia un aumento drástico en la producción nacional de lodo.

Lamentablemente en Perú no se viene dando la debida importancia acerca del tema de lodos, su beneficio al suelo y menos en su uso en la agricultura. Esto nos coloca como país en una desventaja frente a otros países que hace ya buen tiempo tienen una normativa en referencia a la gestión de lodos y a su uso más adecuado. La mayor parte de producción nacional de lodos son dispuestos en rellenos sanitarios, esta acción logra disminuir la vida útil del relleno por el gran espacio que estos lodos ocupan, cuando los lodos son dispuestos en el relleno estos generan gas metano el cual es un gas de efecto invernadero.

Aún no tenemos una normativa que determine la aplicabilidad de estos residuos que son clasificados como peligrosos según el DL N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual nos dice que debemos de disponer estos residuos en un relleno sanitario, pero debemos de mencionar que existe una norma técnica (Norma OS.090.Plantas de tratamiento de aguas residuales, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobada en el año 2006) donde nos expone la aplicabilidad del lodo residual como un acondicionador de suelo por su alto contenido de nutrientes(esto dependerá del tipo de industria), pero esta norma denota ambigüedad y vacíos en la información. (More, 2015) Surgen interrogantes en cuanto a la

tasa de aplicación de lodos, contenido de patógenos y metales pesados, los suelos y su variabilidad espacial entre otros aspectos.

Dentro de las actividades donde existe la más alta contaminación de tan importante recurso natural, son las industrias pesqueras, aquí se origina la mayor contaminación por medio del agua residual provenientes de sus procesos industriales. La eficiencia en el tratamiento primario que se les da a estas aguas es limitada produciéndose lodos residuales con alto contenido de agua, estos, representan un alto porcentaje del costo del tratamiento de las aguas debido a que son succionados, transportados y dispuestos en vertederos o en rellenos sanitarios, creando así una fuerte amenaza para el ambiente, en especial para el agua y el suelo, poniendo en peligro la Salud Pública.

Sólo en la provincia de Paita existen 30 empresas pesqueras que generan estos lodos residuales, los cuales contienen residuos químicos y orgánicos en descomposición, puesto que no cuentan con un plan para darle el tratamiento y rehúso adecuado y el presupuesto suficiente para contratar una empresa encargada de la disposición final de estos lodos.

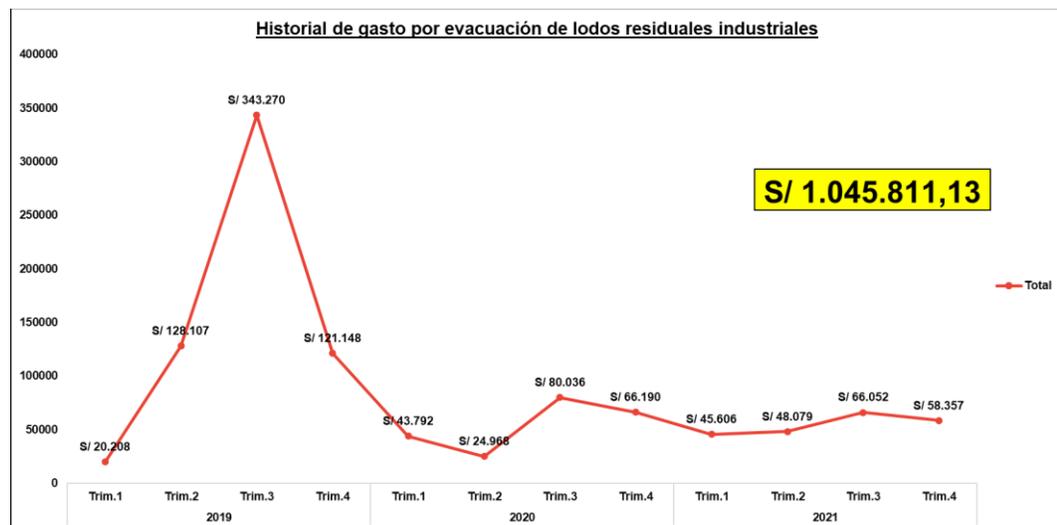
b) Descripción del problema

La empresa Produmar S.A.C para ser aún más competitiva debe buscar nuevas estrategias que le permitan disminuir sus gastos operativos, uno de estos gastos es el servicio de succión, transporte y disposición final de lodos residuales industriales, la empresa no cuenta con un tratamiento y rehúso adecuado para estos lodos, es por ello que solicita este servicio a una empresa autorizada por DIGESA ,en promedio cada 5 días y medio se requiere la evacuación de estos lodos que se encuentran en un tanque de almacenamiento de 11M³ de capacidad y una tina de recepción de 2 M³ haciendo una evacuación total de 13 M³. Este almacenamiento temporal de lodos genera costos de almacenamiento y contaminación ambiental por la emisión de malos olores. Desde que se inició la planta de tratamiento de agua residual industrial (PTARI) se ha incurrido en este gasto operativo, el cual ha

venido variando en función de la tarifa de las diferentes empresas operadoras de residuos con el cual se hizo un contrato. En el primer semestre del año 2019 el costo de este servicio ascendió a S/ 148,315 y al finalizar el segundo semestre aumentó a S/ 464,418 siendo este el pico más alto en gasto que se ha tenido que incurrir, en el primer semestre del 2020 fue de S/ 68,780 y el segundo semestre fue de S/ 146,226, finalmente en el año 2021 el primer semestre el gasto correspondió a S/ 93,685 y el segundo semestre fue de S/ 124,409, estos datos los podemos apreciar de manera gráfica en la Figura 1.

Figura 1

Historial de gasto por evacuación de los residuales industriales 2019-2020 y 2021



Nota. Recopilación de historial de succión, transporte y disposición final de lodos residuales de los años 2019-2020-2021, la fluctuación de los gastos es debido a diferentes contratos con empresas operadoras de residuos, cada una con distinto tarifario. El gasto total de los últimos 3 años de evacuación de lodos asciende a **S/ 1,045,811.13**.

Por tal motivo surge esta investigación para determinar la situación actual de los lodos residuales y evaluar su potencial agrícola, que como estrategia permita, generar un impacto positivo en la reforestación al reducir los gastos operativos de la empresa, contribuir en el crecimiento nutritivo de las especies arbóreas y combatir el impacto ambiental de su evacuación final.

c) Formulación del Problema

¿En qué medida la obtención de fertilizante orgánico impactará en el proyecto de reforestación “San Lucas de Colán” de la empresa Produmar S.A.C-Paita?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar la obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales para determinar su impacto en el proyecto de reforestación “San Lucas de Colán” de la empresa Produmar S.A.C-Paita

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Desarrollar un análisis estratégico.
- ✓ Determinar el tamaño y localización.
- ✓ Desarrollar la Ingeniería del proyecto.
- ✓ Evaluar los diferentes análisis de las especificaciones del lodo
- ✓ Desarrollar los aspectos legales del proyecto
- ✓ Determinar el monto de la inversión y financiamiento.
- ✓ Desarrollar la evaluación Económica.

1.3. Justificación del estudio

Actualmente los fertilizantes usados en distintas industrias relacionadas a proveer alimentos son de origen inorgánico, la ventaja primordial de estos es que se obtiene mayor nivel de producción, pero presentan cero aportes en materia orgánica. La utilización constante de estos fertilizantes provoca la pérdida de materia orgánica de los suelos y esto ocasiona una disminución de la capa útil y fertilidad del este y una reducción en la capacidad de retención de nutrientes.

Produmar S.A.C, es una empresa especializada en producción, procesamiento y ventas de productos hidrobiológicos de alta calidad, que después de cada proceso trata el agua proveniente de estos en su Planta de Tratamiento de Aguas Industriales (PTARI) y como subproducto inevitable se obtienen los lodos, los cuales son almacenados en un tanque a la espera de su disposición final por una empresa especializada.

Una de las principales ventajas del uso de estos lodos deriva de los efectos benéficos que se han observado los cuales son la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, de esta manera minimizamos el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos, sin embargo, es esta aplicación genera preocupaciones en lo referente a la contaminación de los elementos con metales pesados y compuestos orgánicos nocivos.

La PTARI de la empresa Produmar S.A.C genera una carga potencial de lodos residuales, constituyendo una preocupación constante sobre su disposición final, así como los costos económicos y ambientales que estos produzcan debido a sus componentes nocivos como es el contenido de metales pesados que hasta la fecha no se tiene un registro.

Con este documento se busca establecer la mejor alternativa para el reusó de los lodos generados, lo que le dará la oportunidad a Produmar de utilizar estos lodos con fines agrícolas para proyectos de reforestación, áreas verdes y de manera simultánea reduciendo los costos que implica para Produmar el contratar una empresa especializada en disposición final de lodos.

Por las razones ya antes expuestas, se espera que esta tesis sea de gran utilidad e importancia a la empresa Produmar y para todas aquellas empresas de iguales características.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Ante la necesidad de conocer las investigaciones anteriores relacionadas al tema, presentamos los siguientes antecedentes:

❖ (Fuentes Silva, 2015) en su tesis titulada “Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y valorización, Puerto Montt-Chile, de la Universidad Austral de Chile.

La presente tesis tiene como objetivo primordial identificar los resultados referentes al análisis y valorización de lodos que provienen del tratamiento de efluentes de una planta de obtención de harina y aceite de pescado. El progreso de la tesis está cimentado en realización de la identificación del manejo y disposición final de los lodos generados, recolectando muestras de dos tipos de lodo (lodo biológico y lodo físico-químico)

Nota: La contribución radica en la validación de los resultados de los análisis indicando que el lodo proveniente del tratamiento de efluentes posee potencial para su uso como fertilizantes orgánicos, ya que según los estudios contiene nitrógeno, fósforo, materia orgánica y elementos nutritivos, adicionalmente se encontró que contienen metales pesados, pero con niveles muy bajos y se encuentran dentro de los límites permisibles para ser aplicado en el suelo.

❖ (Pinzon Diaz & Pinzon Diaz, 2018) en su tesis titulada “Lodos Generados en planta de Tratamiento de aguas residuales el Salitre – Bogotá, como insumo para la producción de Compost, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, para obtener el grado de Ingeniera Industrial.

Presenta como principal objeto establecer la viabilidad técnica y económica del uso de los lodos producidos para la generación de Compost Orgánico. El desarrollo de la tesis está basado en la determinación del costo beneficio

generado a partir de la producción del compost teniendo como materia prima el lodo principal el lodo generado por la PTAR SALITRE-BOGOTA.

Nota: El aporte de esta tesis radica en que se demuestra la factibilidad financiera del proyecto ya que la tasa interna de retorno es del 20% en el escenario optimista, 18% en el escenario realista y 15% en el escenario pesimista, centrándonos en el escenario realista la cifra está por encima del costo de oportunidad determinado

- ❖ (Gianfranco, 2015) en su tesis titulada “Determinación del potencial agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna” de la Universidad Jorge Basadre Grohman, Tacna para obtener el grado de Magister en ciencias con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Describe como principal objetivo determinar el potencial agrícola que poseen los lodos industriales. El desarrollo se basó en determinación de características físico químicas y microbiológicas, dónde se estimó y proyectó la cantidad generada de lodos de las PTR de 25, 50, 75 y 100 t/ha de Copare y Magollo en base a los ratios internacionales y mediciones realizadas en el lugar utilizando semillas de maíz y también se hizo de uso de fertilizante comercial con la misma clase de semillas. Nota: El aporte de esta tesis, para la nuestra radica en la comparación que se hace al término de 60 días donde no se encontraron diferencias significativas con respecto a la altura y diámetro del tallo del maíz concluyendo que los lodos, son factibles para su uso agrícola

- ❖ (Ramirez Aguirre & Sanchez Aguilar, 2019) en su tesis titulada “Diseño de un Plan Estratégico para Mejorar la Gestión Administrativa de una Empresa de Servicio Inmobiliario, de la Universidad Ricardo Palma, para obtener el grado de Ingeniera Industrial.

Presenta como principal objetivo diseñar un plan estratégico para implementar en la empresa Integro 360 S.A.C. El proceso de la tesis está asentado en la realización del análisis interno y externo, identificando

fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, todo esto haciendo uso de un FODA, además se evaluó la misión, visión y valores, para lo cual fue necesario establecer reuniones con miembros de la empresa y de cada información obtenida se procedió a formular estrategias.

Nota: La contribución de esta tesis radica en la elaboración del mapa estratégico, CMI, Cinco fuerzas de Porter y planes de acción que ayudaron a demostrar que con el diseño de un plan estratégico se logrará un incremento del 43% anual de clientes y un proyectado de 25% en 4 meses, en temas de ingreso se logrará incrementar el 74% anual y un proyectado de 34%,

2.2. Marco Teórico

Es en esta etapa del trabajo de investigación donde se van a definir las teorías que van apoyar el desarrollo integro de este trabajo

(Lerma, 2009) afirma:

El marco teórico se debe de desarrollar cuando se identifican una o varias teorías que pueden dar base teórica a la solución del problema de investigación. El marco teórico será una descripción detallada de cada uno de los elementos esenciales de la teoría, de tal manera que la formulación del problema y su solución sean una deducción lógica de ella. Este marco también puede estar constituido por una teoría específica creada por el investigador.

2.2.1. Proyecto

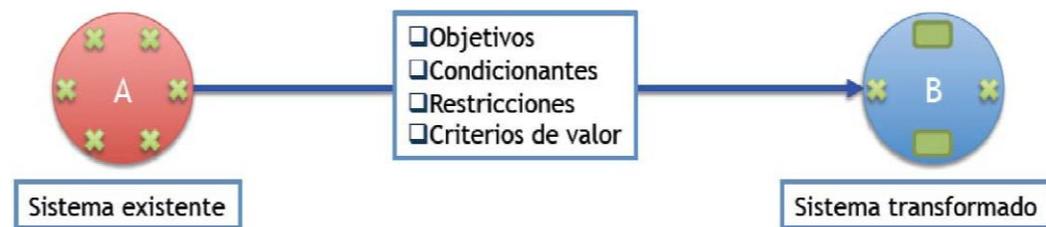
(Sapag, 2014) nos dice que básicamente un proyecto es la búsqueda de una solución ingeniosa a un problema que se tiende a resolver; uno de esos problemas es la necesidad humana. El proyecto nace como respuesta a una idea cuyo fin es la solución a un problema, necesidad o deseo (reemplazo de tecnología por obsolescencia, cierre de una línea de productos, creación de un nuevo producto, implementación de nueva maquinaria, etc.). (Morales,

2011) Por lo general el uso de la palabra proyecto está orientada a la abstracción mental de un plan necesario para ejecutar una acción en concreto.

(Cleland & King,2011 citado por Morales,1983) definen al proyecto como la combinación de recursos humanos y materiales, reunidos temporalmente en una organización, para conseguir un propósito determinado. El proyecto así entendido involucra muchas más disciplinas que las puramente tecnológicas, entrando de lleno en el área del desarrollo económico, la política social, la regeneración ambiental, etc. Igualmente, el proyecto involucra a personas, grupos, agentes, organizaciones, empresas, instituciones, gobiernos y administraciones públicas. Modifica su vida. Puede alterar su trabajo y a veces, hasta sus hábitos y costumbres. Afecta a usuarios y consumidores de los bienes y servicios generados. En síntesis, podríamos decir que el proyecto se diseña, se ejecuta y se desarrolla por y para las personas, agregando conocimiento, experiencia, capacidades, aprendizaje social, capital humano, innovación y en consecuencia consolida y fortalece el desarrollo humano. Entonces todo proyecto se direcciona a una situación existente actual-Situación “Sin” proyecto- la cual llamaremos situación A, a una nueva realidad, situación transformada-Situación “Con” proyecto-, la cual llamaremos B, en la que las limitaciones ya habrán sido superadas como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Fundamento de un proyecto



Nota. El fin de un proyecto es cambiar una realidad que presenta una problemática a una nueva realidad que ha superado el problema. Tomada de Concepto de proyecto:

Lecciones de experiencia [Gráfico], Morales Martín,2011,
www.aepro.com/es/repository/func-startdown/3269/Lang,es-es/.

2.2.2. Preinversión

Se le conoce también con el nombre de:

- Fase de planificación del proyecto.
- Fase de estudios.
- Fase de elaboración del proyecto.

En su libro (Sapag, 2014) nos dice que es la etapa en la que se realizan los distintos estudios de viabilidad que involucran diferentes niveles de profundidad en cuanto a cantidad y calidad de la información disponible para la toma de decisiones: Perfil, prefactibilidad y factibilidad.

En su libro (Rosales, 1999) define a la preinversión como la fase donde se elabora la documentación del proyecto, en esta etapa es donde se realizan todos los estudios y estimaciones para poder así determinar la factibilidad y viabilidad de los proyectos. Consiste en identificar los proyectos, formularlos, evaluarlos y seleccionar cuales serían los más rentables desde el punto de vista del mercado, técnico, financiero, económico, social y ambiental.

2.2.3. Perfil

(Sapag, 2014) El estudio inicial de la etapa de preinversión es el perfil, este se elabora a partir de información existente como del juicio común y de la experiencia. Sólo presenta estimaciones estáticas y muy globales de las inversiones, costos o ingresos sin tener en cuenta investigaciones del terreno.

Sin embargo, es fundamental recalcar algunas consideraciones previas acerca de la situación “Sin Proyecto”; es decir, intentar proyectar que pasará en el futuro si no se pone en marcha el proyecto, antes de decidir si es conveniente o no su implementación.

2.2.4. Prefactibilidad

(Sapag, 2014) También se le conoce como Anteproyecto, es donde profundizamos el nivel de la investigación, obteniendo información principalmente de fuentes secundarias las cuales nos ayudarán a definir con cierta aproximación, las variables principales relativas a nuestro mercado, las alternativas técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas. En conclusión, en la preinversión se estiman las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que demandará y generará el proyecto, estimaciones de las cifras apoyada en información secundaria. No demostrativa.

En su libro (Baca, 2013) nos dice que la pre factibilidad es un nivel donde se estudia y profundiza con ayuda de fuentes secundarias y primarias la investigación de mercado, detalle de la tecnología a emplear, determinación de los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en la cual los inversionistas se apoyan para tomar una decisión.

2.2.5. Factibilidad

(Sapag, 2014) Luego de haber realizado un buen análisis de la pre factibilidad el siguiente nivel es la Factibilidad, aquí la información tiende a ser demostrativa, y se recurre principalmente a información de tipo primario. La información primaria es aquella que genera la fuente misma de información. Por ejemplo, mientras que el costo promedio del metro cuadrado de construcción se usa a nivel de pre factibilidad por ser un promedio o estándar, en factibilidad debe realizarse un estudio detallado de cada uno de los ítems, para determinar la cuantía de los costos específicos de esa construcción en particular.

En su libro (Baca, 2013) complementa la información diciéndonos que a la factibilidad también se le conoce como proyecto definitivo porque contiene información del anteproyecto(Pre Factibilidad), pero en este nivel son tratados puntos finos; no solo se deben de presentar los canales de

comercialización más adecuados para el producto, sino también deberán de presentarse contratos de venta ya establecidos; se deben de actualizar y preparar las cotizaciones de la inversión, presentar los planos arquitectónicos de la construcción, etc. La información que se presente en el proyecto definitivo no debe de alterar la decisión tomada respecto a la inversión; siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto hayan sido bien evaluados.

Todo empieza con una idea y cada una de las etapas siguientes es una profundización de la idea inicial, no sólo en lo que se refiere a conocimiento, sino también en cuanto a investigación y análisis.

2.2.6. Análisis Estratégico

En su estudio (Ventura, 2008) nos dice que el análisis estratégico de las empresas busca explicaciones sólidas a la pregunta de por qué algunas organizaciones obtienen ventajas competitivas sostenidas en el tiempo y logran resultados superiores a sus competidores. Para poder dar una respuesta a estos interrogantes, en los últimos tiempos, se han desarrollado nuevas aportaciones de gran utilidad, basadas en diferentes escuelas de pensamiento, entre las que cabe destacar la dirección estratégica, la teoría de los recursos y capacidades, la nueva economía industrial y la economía de los costes de transacción.

2.2.7. Estrategia

Etimológicamente la palabra estrategia proviene del griego stratego, el cual significa general al mando de un ejército y, con las debidas salvedades y cautelas, se pueden encontrar ciertos paralelismos entre ganar batallas en el campo militar y ganar batallas compitiendo en los mercados, razón por lo cual ciertos vocablos han sido inicialmente incorporados del mundo militar.

(Hax & Majluf, 1991) han analizado el trabajo de diferentes autores contemporáneos en relación al concepto de estrategia, de este análisis

proponen una definición de estrategia que recoge seis dimensiones diferentes con la pretensión de captar todos los elementos relevantes que el pensamiento estratégico encierra:

1. Es un patrón de toma de decisiones coherente, unificado e integrador.
2. Determina y revela el propósito de la organización en cuanto a sus objetivos a largo plazo, programas de acción y prioridades en la asignación de recursos.
3. Selecciona los negocios en que se participa o se va a participar.
4. Intenta lograr una ventaja sostenible a largo plazo en cada negocio respondiendo adecuadamente a las oportunidades y amenazas del entorno y a las fuerzas y debilidades de la organización.
5. Comprende todos los niveles jerárquicos de la organización (Corporativo, negocio y funcional).
6. Define la naturaleza de las contribuciones económicas y no económicas con los grupos relacionados con la actuación de la empresa.

Entonces podemos afirmar que una estrategia quiere decir que las decisiones se toman de acuerdo a un proceso de reflexión previo que aporta el grado de coherencia necesario para actuar conjuntamente en una dirección determinada.

Dicho proceso reflexivo se fundamenta en dos grandes pilares:

1. Conocer el entorno en que se compite o va a competir la empresa (**Análisis externo**).
2. Valorar los activos o recursos de que se dispone (**Análisis Interno**).

La estrategia se puede entender como la búsqueda constante del ajuste, o sincronía, entre los recursos de que dispone la empresa y su capacidad para obtener ventajas competitivas en los mercados donde se decide competir.

2.2.7.1. Análisis Externo

(Torres, 2014) La organización no puede existir fuera de un entorno, es por ello que un análisis externo permitirá determinar cuáles serían las **oportunidades y amenazas** que el contexto pueda presentarle a una organización.

El proceso para determinar cuáles serían estas oportunidades y amenazas se pueden realizar aplicando una herramienta llamada PESTEL la cual nos sirve para identificar y analizar el entorno en el que nos moveremos, para posteriormente, actuar estratégicamente sobre él. De una forma ordenada y sistemática.

El objetivo es comprender que sucederá en un futuro próximo, y usarlo a nuestro favor.

Los factores de esta herramienta son los siguientes:

1. Político(**P**)
2. Económico (**E**)
3. Socio-Cultura (**S**)
4. Tecnológico (**T**)
5. Ecológicos (**E**)
6. Legales (**L**)

A continuación, hablaremos un poco de cada uno de estos factores:

Políticos:

Se analizarán los factores que están asociados a la clase política que influirían en la actividad futura de la empresa y pueden ser:

- Las subvenciones públicas dependientes de los gobiernos
- La política fiscal del país
- Las modificaciones en los tratados comerciales
- Posibles cambios de partidos políticos en los gobiernos, y sus ideas sobre la sociedad y la empresa.

Económicos:

Se analizarán las cuestiones económicas actuales y futuras que influirían en la ejecución de nuestra estrategia y pueden ser:

- Las políticas económicas del gobierno.
- Los tipos de interés.
- La inflación y los niveles de renta.
- La segmentación en clases económicas de la población y sus posibles cambios.
- Tasa de desempleo.
- El tipo de cambio.

Socio-Culturales:

Se analizarán los factores socioculturales que nos ayudarán a identificar las tendencias que tiene nuestra sociedad actualmente y la posible evolución que podría darse en algunos años y pueden ser:

- Cambios en gustos o modas que repercuten el nivel de consumo.
- Cambios en el nivel de ingresos.
- La conciencia por la salud.
- Rasgos religiosos de interés.
- Cambios en el nivel poblacional, tanto a nivel de natalidad, como de mortalidad o esperanza de vida.

Tecnológicos:

Se analizará la influencia de las nuevas tecnologías y el cambio que puede surgir en el futuro y pueden ser:

- Nuevas formas de producción y distribución.
- Cambios en los usos de la energía y sus consecuencias.
- La aparición de nuevas tecnologías relacionadas con la actividad de la empresa que puedan provocar algún tipo de innovación.
- La aparición de tecnologías disruptivas que cambian las reglas del juego de muchos sectores.

- Velocidad de los cambios y acortamiento de los plazos de obsolescencia.

Ecológicos:

Se analizarán los posibles cambios en referencia a la iconología y pueden ser:

- Leyes de protección medioambiental.
- Regulación sobre el consumo de energía y el reciclaje de residuos.
- Preocupación por el calentamiento global.
- Conciencia social ecológica actual y futura.
- Preocupación por la contaminación y el cambio climático.

Legales:

Se analizarán los cambios en la normativa legal relacionada con nuestro proyecto, que puede influir de forma positiva o negativa y pueden ser:

- Licencias.
- Leyes sobre el empleo.
- Derechos de propiedad intelectual.
- Leyes de salud y seguridad laboral.
- Sectores protegidos o regulados.

2.2.7.2. Análisis Interno

(Martínez & Milla, 2012) El éxito de una organización no sólo depende de un análisis externo, sino que también depende de que la organización tenga la capacidad estratégica para actuar con la calidad necesaria para alcanzar el éxito. La capacidad estratégica de una organización depende de tres factores principales:

- Los recursos disponibles, tanto internos como externos, que sirven para aplicar su estrategia.

- La competencia con que se realiza las actividades en la organización. El análisis de la cadena de valor puede ser útil para entender y describir estas actividades.
- Y el equilibrio entre recursos, actividades y unidades organizativas dentro de la empresa.

Los elementos internos que se deben de analizar corresponden a las fortalezas y debilidades que se tienen en función a la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros.

Para realizar el análisis interno de una corporación deben de aplicarse diferentes técnicas que permitan identificar dentro de la organización que atributos le permiten generar una ventaja competitiva sobre el resto de sus competidores.

Fortalezas:

La fortaleza son todos aquellos elementos internos positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Algunas de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen al desarrollo son:

- ¿Qué consistencia tiene la empresa?
- ¿Qué ventajas hay en la empresa?
- ¿Qué hace la empresa mejor que cualquier otra?
- ¿A que recursos de bajo coste o de manera única se tiene acceso?
- ¿Qué percibe la gente del mercado como una fortaleza?
- ¿Qué elementos facilitan obtener una venta?

Debilidades:

Las debilidades son todos aquellos elementos, recursos de energía, habilidades y actitudes que la empresa ya tiene y que constituyen barreras para lograr una buena marcha de la organización. También se pueden clasificar aspectos del servicio que se brinda, aspectos financieros, aspectos de mercado, aspectos organizativos, aspectos de control.

Las debilidades son problemas internos que una vez identificados y desarrollando una estrategia pueden y deben de eliminarse. Alguna de las preguntas que se pueden realizar y que contribuyen en el desarrollo son:

- ¿Qué se puede evitar?
- ¿Qué se debería mejorar?
- ¿Qué desventajas hay en la empresa?
- ¿Qué percibe la gente del mercado como una debilidad?
- ¿Qué factores reducen las ventas?
- ¿Qué haces mal?

2.2.8. Tamaño y localización del proyecto

2.2.8.1. Tamaño de un Proyecto

(Sapag, 2014) El estudio del tamaño de un proyecto es primordial para establecer el monto de las inversiones y el nivel de operación que, a su vez, permitirá cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados. El resultado del estudio de mercado influye directamente sobre esta decisión, esto es debido a que ahí se establecieron los niveles ofrecidos y demandados que se esperan para el futuro, así como la participación de mercado que podría lograr el proyecto si realiza las acciones de marketing adecuadas. El tamaño de un proyecto corresponde a su capacidad instaladas y se expresa en número de unidades de producción por año. Se distinguen tres tipos de capacidad instaladas.

1. Capacidad de diseño: tasa estándar de actividad en condiciones normales de funcionamiento.
2. Capacidad del sistema: actividad máxima que se puede alcanzar con los recursos humanos y materiales trabajando de manera integrada.
3. Capacidad real: promedio anual de actividad efectiva, de acuerdo con variables internas (Capacidad del sistema) y externas(demanda).

2.2.8.2. Localización de un Proyecto

(Sapag, 2014) La localización que se elija para el proyecto puede ser determinante para el éxito o fracaso de este, por cuanto de ello dependerán en gran parte la aceptación o rechazo tanto de los clientes por usarlo como del personal ejecutivo para trasladarse a una localidad que carece de incentivos para su grupo familiar (colegios, entretenimiento, etc.) o los costos de acopio de la materia prima, entre muchos otros factores.

Los principales factores que influyen en la ubicación del proyecto son los siguientes:

- Mercado que se desea atender.
- Transporte y accesibilidad de los usuarios.
- Regulaciones legales.
- Aspectos técnicos.
- Aspectos ambientales.
- Entorno y sistemas de apoyo.
- Costo y disponibilidad de terreno.
- Cercanía a los proveedores.

2.2.9. Evaluación Económica

(Baca, 2013) La evaluación Económica constituye la parte final de toda una secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual una vez concentrada toda la información se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil.

2.2.9.1. Valor Presente Neto (VPN)

(Córdoba, 2009) afirma:

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión.

También se conoce como el valor actual neto (VAN), definiéndose como la diferencia entre los ingresos y egresos (incluida como egreso la inversión) a valores actualizados o la diferencia entre los ingresos netos y la inversión inicial. En los programas Excel y Calcule esta función financiera se llama VNA.

En otras palabras, el valor presente neto es simplemente la suma actualizada al presente de todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto. A efectos prácticos, es la suma actualizada de los flujos netos de cada período. El valor presente neto es el método más conocido y el más aceptado. Mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Tabla 1

Interpretación del VAN

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN>0	Lo que se ha invertido produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida(r).	El proyecto debe de aceptarse.
VAN<0	Este valor nos indicaría que la inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida(r).	El proyecto no debería de aceptarse.
VAN=0	La inversión realizada no produciría ni ganancias ni pérdidas.	Debido a que el proyecto no genera ningún valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la

decisión debería de basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Nota: En esta tabla podemos apreciar las interpretaciones del VAN que se nos pueden suscitar en cualquier estudio y reconocer en qué situación estamos para luego tomar una decisión.

Fórmula:

Figura 3

Fórmula del VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:

I_0 = Inversión Inicial.

F_t = Flujo del dinero en el tiempo.

t = Tiempo.

k = Tasa de Descuento.

2.2.9.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

(Córdoba, 2009) Afirma: La tasa interna de retorno, conocida como la TIR, refleja la tasa de interés o de rentabilidad que el proyecto arrojará período a período durante toda su vida útil.

La TIR se define, de manera operativa, como *la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero*. La relación entre el VAN y la tasa de descuento es una relación inversa, como surge de la fórmula del VAN: un

aumento de la tasa disminuye el valor actual neto. Esto, en particular, en los proyectos “bien conformados”, es decir, en aquellos que tienen uno o varios períodos de flujos negativos al inicio y luego generan beneficios netos durante el resto de su vida.

¿Cuál es el criterio de aceptación/rechazo de proyectos que propone la TIR? La TIR se compara con la tasa de interés relevante (es decir, con la rentabilidad de la mejor alternativa de uso de los recursos que se emplean en el proyecto) y se aceptan todos aquellos en los que la TIR es igual o superior: Así:

- Si la TIR < a la tasa mínima aceptable de rendimiento del proyecto (TMAR), se rechaza, ya que el proyecto genera menos beneficios que el interés pagado por la banca; ante lo cual sería más atractivo depositar el monto de los recursos disponibles en el banco o bien, optar por una alternativa de inversión rentable.
- Si la TIR = a la tasa mínima aceptable de rendimiento del proyecto, el proyecto es indiferente. De tal manera que los beneficios del proyecto sólo pagarán los costos.

Si la TIR > a la tasa mínima aceptable de rendimiento del proyecto, el proyecto se acepta. Lo que significa que el beneficio real que se obtiene con el proyecto es mayor a la tasa de interés que pagan los bancos.

Fórmula:

Figura 4

Fórmula de la TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Siendo:

I_0 = Inversión Inicial.

F_t = Flujo del dinero en el tiempo.

t = Tiempo.

TIR= Tasa interna de retorno.

2.2.9.3. Beneficio-Costo (B/C):

(Córdoba, 2009) Afirma:

La razón beneficio costo, también llamada índice de productividad, es la razón presente de los flujos netos a la inversión inicial. Este índice se usa como medio de clasificación de proyectos en orden descendente de productividad. Si la razón beneficio costo es mayor que 1, entonces acepte el proyecto.

- Si la relación B/C es < 1, se rechaza el proyecto.
- Si la relación B/C es = 1, la decisión de invertir es indiferente.
- Si la relación B/C es > 1, se acepta el proyecto.

Fórmula:

Figura 5

Fórmula del B/C

$$B/C = \frac{VP(\text{Beneficio del proyecto})}{VP(\text{Costos totales del proyecto})}$$

2.2.10. Materia Orgánica

En su estudio (Meléndez & Soto, 2003) nos hablan sobre el suelo, este, recibe una gran cantidad de restos orgánicos de diferentes orígenes, como, restos de plantas superiores que llegan al suelo de dos formas: se depositan en la superficie (Hojas, ramas, flores y frutos) o se quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y restos de fauna habitante del suelo.

(More, 2015) complementa esta información hablándonos sobre La materia orgánica la cual puede clasificarse en biótica y abiótica. La materia orgánica biótica se constituye por organismos vivos presentes en el suelo(microfauna,microorganismos y hongos).La materia orgánica abiótica

corresponde la mayor parte de la materia orgánica(95% más de la misma) y está compuesta por una parte más lábil como una fuente energética y nutriente formada por restos de animales, plantas y microorganismos transformados de forma incompleta, y una parte llamada materia orgánica transformada de naturaleza polimérica, compleja y más estable en el tiempo, esta tiene dos sub grupos: a)Sustancias no húmicas y b)Sustancias húmicas. Las sustancias húmicas del suelo corresponden a sustancias orgánicas difícilmente clasificables, que varías de estables a muy estables, son muy resistentes a un ataque microbiano y presentan una alta capacidad de intercambio iónico, representan entre un 60 y 90% la materia orgánica del suelo, pero cabe recalcar que este porcentaje es variable, ya que depende de muchos factores externos e internos.

Basándonos en lo anterior, entonces consideramos a la materia orgánica del suelo como una mezcla de compuestos heterogéneos con base de carbono, los cuales están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición.

Al momento de la caída de materiales al suelo, muchas veces antes, comienza un proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. Este proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO₂ y de los nutrimentos contenidos en los residuos orgánicos.

2.2.11. Efectos de la materia orgánica en los suelos

2.2.11.1. Efecto sobre las propiedades físicas

a. La Estructura

En su estudio (Berríos, 2015) nos dice que la materia orgánica tiene una ligera coherencia con el suelo arenoso, esto es debido a la acción de coloides húmicos, estos actúan como aglutinantes en ausencia de coloides

arcillosos, esta particularidad otorga al suelo una excelente capacidad de agregación.

La acción en suelos compactados es diferente, esta diferencia radica en una mayor macroporosidad, debido a la fijación del humus en la arcilla mediante iones de calcio, esto resulta en un aumento de porosidad y estabilidad estructural, los beneficios del humo es la de reducir la plasticidad de suelos arcillosos, lo que origina una mayor agregación.

b. La Porosidad

Cuando se incorpora la materia orgánica al suelo hay un beneficio para la porosidad pues mejora su estructura y proporciona estabilidad al agua de los agregados en suelos de diferente clase textural, mejorando de esta manera el balance hídrico.

c. La capacidad de almacenamiento de agua

Existen distintas clases texturales de suelo, uno de estos son los suelos de textura gruesa, los cuales tiene bajo porcentaje de materia fina y no retienen adecuadamente la humedad, el agua logra atravesar fácilmente los macroporos y se pierden sin lograr ser aprovechados en su totalidad.

La materia orgánica mesuradamente fresca puede absorber y lograr retener la humedad de forma equivalente a varias veces sus mismos pesos. Cuando agregamos al suelo una cantidad de materia orgánica adecuada lo que va a lograr es que las partículas orgánicas especialmente al humedecerse obstruirán los poros de los suelos arenosos, y de esta manera aumentarán su capacidad retentiva.

(Kiehl, 1985), nos señala que un abonamiento orgánico en cantidades adecuada brinda una serie de beneficios para el suelo, los cuales son los siguientes:

1. Incremento en la agregación del suelo, disminuyendo la densidad aparente.
2. Incremento de la conductividad eléctrica.
3. Mejora de la estructura de diferentes tipos de suelos de clases textural.

4. Cuando se mejora la agregación y la estructura hay un beneficio en la aireación y el drenaje interno del suelo, en los suelos arcillosos y arenosos ayuda a corregir la falta de o exceso de aireación y drenaje.
5. Aumento de la capacidad del suelo para retener agua.
6. Reducción de la tenacidad, plasticidad y adherencia del suelo mejorando la friabilidad.

2.2.11.2. Efecto sobre las propiedades químicas

a. El pH

(Porta,2015 citado por Berríos,2003) Nos menciona que la materia orgánica al ser agregada al suelo, esta sufre un proceso de descomposición y se forman ácidos orgánicos los cuales tienen una alta cantidad de radicales libres Carboxilos (Principalmente), estos radicales al ionizarse liberan iones H^+ , por lo tanto, es una muy buena fuente de protones por lo que tiende a acidificar el medio, bajando el Ph de suelo e incrementando el poder tampón.

(Arías,2015 citado por Berríos,2007) La materia orgánica tiene un gran efecto regulador sobre el Ph, los suelos se acidificarán cuando la materia orgánica presente un alto contenido de ácidos húmicos y se alcalinizarán por presencia de compuestos poliurómidos. Cuando hay presencia de Calcio y Fósforo, la micro vida aumenta el Ph durante la descomposición de la materia orgánica, tanto para la amonificación del suelo, como por las reacciones alcalinas de las bacterias.

b. Capacidad de intercambio catiónico

(Porta,2015 citado por Berríos,2003) Cuando la materia orgánica del suelo y la arcilla logran su transformación en humus se activa un complejo absorbente y regulador de la nutrición de la planta de esta manera incrementando la fertilidad potencial del suelo; en suelos con alto contenido de materia orgánica reduce la pérdida de lixiviación de los macronutrientes y micronutrientes.

Existe una alta concentración de radicales orgánicos en la materia orgánica, estos radicales van a perder protones por lo cual van a tender a un desequilibrio, quedando así cargos negativamente, esta carga permitirá la adsorción de cationes, entre los radicales, es el catión carboxílico el que logra actuar en mayor proporción.

2.2.12. Efectos de la materia orgánica en las plantas.

(Honorato,2015 citado por More,2000) La materia orgánica dentro de parámetros establecidos puede beneficiar directamente al crecimiento de los vegetales.

(Acevedo,2015 citado por More,2004) La importancia de utilizar humus para el crecimiento de las plantas radica en su elevada capacidad amortiguadora frente a cambios de PH, gracias a que tiende a estabilizar la estructura del suelo, hay una mayor retención de la cantidad de agua y tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico. La acción directa de sustancias húmicas podría deberse a la mejor estimulación del metabolismo vegetal, mejora en los procesos energéticos y un aumento en la permeabilidad de la membrana plasmática de celular de la raíz, todo esto se traduce como una mayor adsorción de sales de la solución del suelo.

(Julca,2015 citado por More,2006) señala que los ácidos húmicos y fúlvicos otorgan un efecto positivo sobre las funciones de la planta, a nivel de células y órganos, el efecto estimulante de los ácidos húmicos y fulvos ácidos en la formación de raíces al alterar la diferenciación del punto de crecimiento.

Este mismo autor nos señala que se ha analizado el efecto de la materia orgánica o de sus productos derivados sobre el crecimiento de las plantas y en la producción de cultivos, evidenciando un aumento en cada uno de estos parámetros.

2.2.13. Fertilización

2.2.13.1. Fertilizantes

(Zavaleta,2015 citado por Berrios,1992) Los fertilizantes son materiales orgánicos e inorgánicos que tiene un origen natural o sintético que se aplican al suelo o a las plantas para lograr nutrir al suelo y de esta manera lograr un mayor rendimiento de las cosechas.

(Tisdale,2015 citado por Berrios,1981) complementa esta información argumentando que los fertilizantes son sustancias que son añadidas al suelo para poder suministrar elementos que se requieran para la nutrición de las plantas.

No existen nutrientes de forma elemental en los fertilizantes como son el Nitrógeno(N), Fósforo(P) y Potasio(K), estos elementos existen en compuestos que proveen la forma iónica de nutrientes que las plantas pueden absorber.

2.2.13.2. Fertilización Orgánica

(Vargas,2015 citado por More,2007) El fundamento de la fertilización orgánica es en el aprovechamiento de la biomasa de las plantas, los residuos vegetales postcosecha, excremento de los animales, lodos residuales, desechos industriales, agroindustriales, pesqueros y urbanos.

Gracias a este tipo de fertilización se logran reciclar componentes nutricionales de estos residuos y se logra una mejora en la calidad física y biológica del suelo.

Hay distintas variables que determinan el aporte nutricional de estos residuos, estas son la naturaleza de los productos, las distintas características de los suelos, las poblaciones de organismos y las características climáticas; el seguimiento de estas variables es un trabajo

complejo y difícil de caracterizar por su dinámica, diversidad e interrelaciones de los factores y procesos que intervienen.

2.2.14. Breve reseña histórica sobre el tratamiento de aguas.

En su estudio (Hernández, 2004) nos habla sobre los residuos de las primeras poblaciones humanas, estos eran reciclados de forma por la naturaleza debido a que su cantidad no era demasiada y no presentaba ningún riesgo de contaminación, pero a medida que se incrementaba la población, los residuos que generaban estas se convirtieron en un problema latente para la sociedad.

Una de las culturas milenarias del mundo, es la cultura china, esta utilizaba los residuos orgánicos para aplicar a los suelos agrícolas, de esta forma lograban evitar la contaminación y se mejoraba la fertilidad de los suelos.

(Rámila & Rojas, 2008) En el año 1665, cuando en el mundo estalló una plaga en el continente europeo (La peste Negra) la cual mató a más de 60 mil londinenses. Todo partió cuando a fines de siglo XVI el rey Henrique VIII decretó que cada uno de los habitantes de Londres debía de limpiar su propia alcantarilla. Es debido a estos estándares impuestos que llevaron al agua a contaminarse y se propagaran enfermedades que mataban a la gente como es el cólera, fiebre tifoidea y hepatitis. Esta situación fue empeorando con los siglos, ya que no hubo ningún cambio en el sistema. La llegada de la revolución industrial fue el hito donde empezó el cambio. La continua llegada de trabajadores desde las granjas a la ciudad generó un aumento en la densidad de la población con los consiguientes problemas de higiene que esto traía: los gases que eran liberados por las alcantarillas eran explosivos y en caso de lugares cerrados mataba a las personas que se encontraban ahí durmiendo, los alcantarillados colapsaron, había muchos malos olores y desechos por las calles, la gente recurría a beber el agua del río sin esta ser tratada previamente.

(Gayman,2008 citado por Rámila & Rojas,1996) La solución a estos problemas consistió en la dilución de los excrementos en agua y disponer estos en un sistema de alcantarillados centrales, los cuales posteriormente serían lanzados al río con la marea alta, se solucionó un problema y se generó otro, esto es por la contaminación ahora del río.

Esta manera de disponer el agua contaminada por dilución empezó a ser criticada, ya que los ríos y lagos no daban un abasto suficiente para las enormes cantidades de aguas servidas que se vertían en ellos. Fue en 1924 cuando la ciudad de Nueva York empezó a verter estos residuos al mar a 12 millas de la bahía, sesenta años después la EPA (Agencia de Protección Ambiental o Environmental Protection Agency de los Estados Unidos) determinó que las aguas servidas deberían de verterse a 106 millas de distancia, pero en el año 1980 se veían jeringas y agujas de hospitales flotando en las playas que se empezó a tomar seriedad al asunto y en el año de 1988 el congreso de Estados Unidos prohibió lanzar aguas servidas al mar.

(Hernández, 2004) Hasta 1940 los lodos residuales eran generados en las plantas más evolucionadas de tratamiento de aguas residuales, estos lodos se aplicaban a suelos agrícolas, sin embargo, su uso disminuyó debido a la aparición de fertilizantes químicos, estos eran de bajo costo, fácil aplicación y tenían un contenido nutrimental constante. En las últimas décadas, la aplicación de los lodos residuales en suelos agrícolas está siendo considerada uno de los métodos de disposición más atractivos, debido a su costo relativamente bajos y a su gran rendimiento en los cultivos.

(Rámila & Rojas, 2008) En 1992 el término Lodo Residual o Lodo de Aguas Servidas fue reemplazado por el nombre de Biosólido como una campaña para cambiar la imagen que se tenía como desecho y que este podía ser utilizado benéficamente para otros usos, como es el forestal y el agrícola.

2.2.15. Aguas Residuales

(Metcalf & Eddy, 1995) Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La parte líquida de los mismos (Aguas Residuales) es básicamente agua que la comunidad ha utilizado y está contaminada por los diferentes usos para los cuales fue empleada. Desde el punto de vista de fuentes de generación, se puede definir al agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse eventualmente aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

2.2.15.1. Características de las aguas Residuales

(Metcalf & Eddy, 1995) Los constituyentes presentes en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos o biológicos, dentro de las características físicas de las aguas residuales podemos considerar a la conductividad eléctrica específica, el color, Ph, Turbiedad, sólidos totales, Sólidos sedimentables, temperatura, olor y densidad, en las características químicas se considera la acidez, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), concentración de fósforo(P) y Nitrógeno(N), grasas y gases.

En las características biológicas se considera las bacterias, hongos, algas, plantas y animales macroscópicos, virus, protozoos, dentro de los cuales destaca a los organismos patógenos (bacterias, hongos, virus, helmintos, protozoos) y los indicadores de contaminación (Coliformes totales, coliformes fecales, E. Coli, Streptococos fecales).

2.2.15.2. Proceso de depuración de aguas residuales

(Metcalf & Eddy, 1995) El tratamiento de aguas residuales se traduce como un conjunto de operaciones físicas, procesos químicos y biológicos a que se someten estas aguas con el fin de eliminar los contaminantes seleccionados y cumplir con los parámetros de vertimiento y reúso, evitando afectar patrones higiénicos, ambientales, estéticos, económicos y sociales.

Según (Alcañiz, 2008) este proceso de depuración de aguas residuales es básicamente la eliminación de materia orgánica y de partículas en suspensión que llevan estas aguas residuales. Se suele hablar de dos líneas diferenciadas de tratamiento: La línea de aguas y la línea de fangos.

- Línea de Agua

El origen del agua residual puede ser doméstica o industrial, o lo que es más frecuente encontrar, una mezcla de ambos en diferentes proporciones. En cualquiera de los tres casos, las etapas más frecuentes por las que debe de pasar el agua residual durante su proceso de depuración son las siguientes:

a. Pre-Tratamiento: Es aquí donde se eliminan sólidos voluminosos, las arenas y gravas o cualquier tipo de material grande arrastrado por las aguas, esto se logra mediante tratamientos físicos como es la tamización, precipitación física forzada, separación con inyección de aire.etc.

b. Decantación primaria: Se realiza en decantadores primarios de fondo cónico, donde una parte de la materia orgánica e inorgánica que lleva en suspensión el agua residual se deposita en el fondo por el efecto de la gravedad. Las depuradoras biológicas pueden incluir esta etapa, o no, esto dependen del grado de concentración del agua, el fango obtenido en esta etapa se le conoce como **lodo primario**.

c. Depuración Biológica: El agua puede llegar desde el pre tratamiento o desde el decantador primario a un reactor donde la materia orgánica contenida en las aguas residuales se digiere por

actividad biológica de los microorganismos presentes. Esta actividad se optimiza con la incorporación de aire, de esta manera ocasiona un incremento en la carga microbiana alimentada por esta materia orgánica y como consecuencia disminuye considerablemente su concentración.

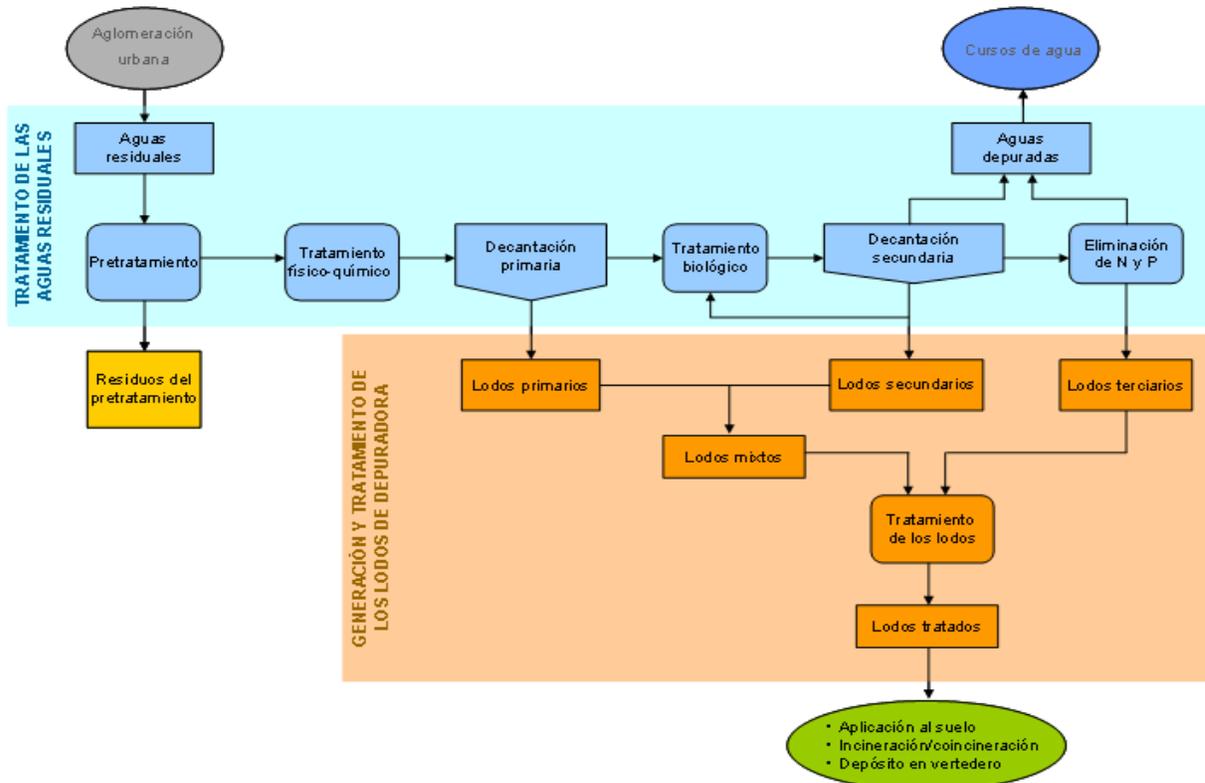
Esto ocasiona la formación de grandes flóculos de material en suspensión que son separados en la decantación secundaria. Cabe mencionar también que dentro de este proceso hay una reducción de los compuestos nitrógeno, fósforo y otros nutrientes presentes en el agua residual.

d. Decantación secundaria: Es un proceso similar a la decantación primaria, donde se produce la separación del agua depurada de los lodos biológicos. El producto que se obtiene se llama lodo biológico o **fango secundario**.

e. Tratamiento terciario: El objetivo de este tratamiento es lograr la desinfección del agua, consiguiendo una calidad superior a la de otros tratamientos convencionales, que la haga apta para su reutilización.

Figura 6

Tratamiento de Aguas Residuales



Nota. Proceso de tratamiento de aguas residuales, generación y tratamiento de lodos de en una depuradora-Tomada de Plan nacional de lodos de depuradora de aguas residuales

[Gráfico],2013, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>

- Línea de fango (Lodo)

Estos fangos (Lodos) dependiendo de qué línea de agua salieron (Primarios, secundarios o mixtos), estos son sometidos a una serie de tratamientos destinados principalmente a reducir y estabilizar la materia orgánica, disminuyendo así su degradabilidad y consecuentemente el mal olor y reducir considerablemente el volumen mediante la eliminación de agua que contienen, con el objetivo de obtener un residuo de mejor calidad y de más fácil manejo.

- a. Recirculación: Una parte de los fangos del decantador de tratamiento secundario son regresados al reactor biológico para asegurar la actividad biodegenerativa de los microorganismos.
- b. Espesamiento: El exceso de materia decantada se purga desde los decantadores y se bombea hasta unos espesantes donde, mediante la acción física de la gravedad o por flotación, se homogenizan y se concentran para reducir su volumen y poder tratarlos posteriormente con más eficacia. Este tratamiento permite obtener lodos con una concentración en torno al 5% de materia seca.
- c. Digestión: Los lodos espesados son conducidos a un reactor para su estabilización, reduciendo su parte biodegradable. Este es un proceso que se realiza aprovechando la actividad biológica de los mismos microorganismos presentes en los lodos. Puede ser de tipo aeróbico o anaeróbico, según se desarrolle en presencia o no de oxígeno, y mesófilo o termófilo, dependiendo de la temperatura en la que se desarrolla el proceso.
- d. Deshidratación: Este último paso permite reducir la cantidad de agua del lodo minimizando así la cantidad de residuos generado en la depuradora y mejorando muy significativamente las condiciones de manejo. Las deshidrataciones actuales son casi en su totalidad de tipo mecánico, el nivel de sequedad del fango oscila entre 15 y el 35% de materia seca.

(More, 2015) Con el avance de la tecnología y la aparición de nuevos compuestos químicos que son incorporados a las corrientes de aguas residuales, la mayoría de estos compuestos son altamente tóxicos, el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales se basa en diferentes criterios los cuales contemplan la eliminación de contaminantes como son a materia orgánica, grasas y aceites, microorganismos patógenos, sólidos suspendidos, sustancias tóxicas y nutrientes contenidos en las aguas residuales, pero a los que debemos de tomar más importancia son a los

compuestos orgánicos biodegradables y a los organismos patógenos, las plantas de tratamiento de aguas residuales deben de ser diseñadas para la eliminación de estos contaminantes.

2.2.16. Lodos Residuales

(More, 2015) Los lodos residuales o también conocidos como Biosólidos o lodos de depuradora son materiales sólidos orgánicos producidos inevitablemente en el proceso de tratamiento de aguas servidas de origen privado o comunitario que pueden reusarse de forma benéfica, especialmente como enmienda de suelos. Los lodos de las depuradoras constituyen un material semisólido, heterogéneo, cuya composición es muy variables, sus características están determinadas por el agua residual a tratar, por los procesos de depuración empleados y por el tratamiento que es sometido el lodo.

La normativa de estados unidos, la cual se refiere a los lodos residuales (40 CFR Part 503) define a estos como un Sólido, semisólido, o líquido residual generado durante el tratamiento de residuos domésticos, en una planta de tratamiento. Los lodos residuales podrían incluir espuma o sólidos removidos en procesos de tratamiento primario, secundario o avanzado de agua residual; y material derivado de lodos residuales.

2.2.17. Producción de lodos

(EPA, 2010) Se estima que en Estados Unidos aproximadamente 6.9 millones de toneladas de biosólidos se generaron en 1998, de los cuales alrededor del 60% se utilizaron de manera beneficiosa (por ejemplo, aplicaciones al suelo, compostaje, utilizadas como cobertura de relleno sanitario) y el 40% se eliminó(es decir se desechó sin ningún intento de recuperar nutrientes u otras propiedades valiosas).Este informe estima además que al menos 20% de los biosólidos fueron manejados por las instalaciones de los rellenos sanitarios un 17% o como cobertura de relleno

sanitario un 3%. Se estima que las instalaciones de relleno sanitario administraron solo un 6% adicional en programas de compostaje. Aproximadamente una cuarta parte de todos los biosólidos han sido gestionados por rellenos sanitarios, principalmente por operadores de vertederos.

Se estimó que para el año 2000 se generarían 7.1 millones de toneladas de biosólidos para su uso o disposición final, aumentando a 7.6 millones de toneladas en el 2005 y a 8.2 millones de toneladas en 2010, se estimó que el 10% podría ser dispuesto en vertederos, un 3% utilizado como cobertura de relleno y en el mejor de los casos un 7% en programas de compostaje, un 13 o 20% posiblemente sean gestionados por instalaciones de rellenos sanitarios.

(Inguanzo, 2015 citado por More, 2004) En su estudio nos da a conocer sobre la producción de materia seca de lodos procedentes del proceso de depuración primarios y secundarios de las estaciones depuradoras de aguas residuales, Hay una estimación que refiere que se encuentran entre 60 y 120 gramos por habitante por día.

En el mundo hay 4 países (Francia, Italia, Reino Unido y Alemania) que producen el 84% del lodo producido en la Unión Europea, estos países cuentan con el 82% de las estaciones depuradoras. Alemania acapara el 41% del total, le sigue Reino Unido con el 17%, Francia con el 13% al igual que Italia.

La cifra de lodos producidos en el año 2002 en la Unión Europea fue de 7.7 millones de toneladas al año (Materia Seca), según previsiones se incrementará hasta un 38%, hasta un total de 10,7 millones de toneladas. (Rámila & Rojas, 2008) El valor promedio de biosólidos secos por año y por habitante en la Unión Europea es de 20Kg.

Según el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2013) en España las comunidades que más generan lodos son Cataluña, Madrid y Valencia, existe poca data de registro de generación de lodos en España, sólo algunas comunidades han registrado y hecho estimaciones acerca del volumen de lodos que son

producidos y como son gestionado, pero cabe recalcar que existen unos datos procedentes de los planes de residuos de las comunidades Autónomas y datos del registro nacional de lodos(RNL) de EDAR, pero hay diferencia de valores según la fuente consultada. La estimación de las comunidades Autónomas en el año 1998 ascendió a un total de 800 000 toneladas de lodo mientras que el RNL reportó 689 489 toneladas de lodo, ambos valores obtenidos por distintas fuentes están expresados en materia seca, en los últimos años estos valores estimados han sido superados, hasta tener un ahora un aproximado de ahora de 1 200 000 de toneladas en materia seca. En el registro nacional de lodos se estima que un 22% de estos se depositan en un vertedero, un 51% se destina a usos agrícolas y sólo un 4% son incinerados. Se logro estimar que para el año 2005 la cantidad de lodos generados no sería inferior a 1 300 00 toneladas y podría llegar a incluso 1 500 000, pero teniendo ya los datos del año 2005 la generación de lodos sólo llegó a 1 119 741 toneladas (datos del RNL), de estos el 65% se destinaron a uso agrícola, una parte de ellos compostados. Las cantidades destinadas a una valorización agrícola en los últimos años pasaron de 606 119 (2001) a 725 433 (2005) lo que significa en términos porcentuales un 83.55% más, lo cual fue un notable incremento.

Estadísticas de América latina no son muy bastas, pero (Dágner, 2005) nos otorga data del país de Colombia, indica que las plantas de tratamiento de Colombia generan 274 toneladas de biosólidos al día, unas 94 toneladas en base seca. El 97% de esta producción es generada por tres plantas: El Salitre (Bogotá), El Cañaveralejo (Cali) Y San Fernando (Medellín). En el caso de chile las investigadoras (Meléndez & Soto, 2003) indicaron una producción proyectada de 92418 toneladas de lodos en el año 2014(base seca), para la capital de chile (Santiago) existen 3 macro plantas de tratamiento de aguas servidas en operación; la Farfana, El Trebal y Mopocho, éstas, en conjunto con otras pequeñas plantas aledañas, pretendían sanear el 100% de las aguas servidas de la región al 2010.

La generación de los lodos en la ciudad de Santiago se estima que es entre 1000 a 1500 de toneladas por día en base húmeda.

(Pedroza,2015 citado por More,2010) En Brasil la producción de lodo se estima entre 150 a 220 mil toneladas de materia seca por año, considerando que un 30% de la población urbana cuenta con su alcantarilla debidamente colectada y tratada.

Si las aguas residuales fueran tratadas al 100% en el país es de esperarse que se superen las 400 mil toneladas de lodo por año.

Si el gobierno brasileño pone énfasis en la ampliación de los servicios de colecta de aguas residuales esta acción tendría un potencial multiplicativo de la producción de este residuo en el Brasil de 3 a 4 veces.

2.2.18. Tipos de Lodos

En su estudio (Metcalf & Eddy, 1995) nos mencionan que los tipos de lodos residuales van a depender del tratamiento que se le dé al agua residual; en base a esto podemos mencionar a los lodos primarios, secundarios y terciarios; adicionalmente los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales, según (EPA, 2010) se pueden clasificar en las clases A y B; los de la clase A hacen referencia a los lodos residuales con niveles de patógenos no detectables; estos cumplen con estrictos requerimientos de atracción de vectores. Los de la clase B son lodos residuales tratados que contienen niveles detectables de patógenos, pero estos se pueden aplicar a suelos agrícolas con restricciones de cultivos.

2.2.18.1. Lodo Primario

Es aquel lodo resultante del tratamiento primario del agua residual y que no ha experimentado ningún proceso de tratamiento, este lodo usualmente contiene entre un 93% a 99.5% de agua, así como sólidos y sustancias disueltas que estuvieron presentes en el agua residual o estos fueron agregados durante los procesos de tratamiento de agua residual.

2.2.18.2. Lodo Secundario

Los tratamientos secundarios que se le da al agua residual, involucran un proceso de clarificación primario seguido de un tratamiento biológico y una clarificación secundaria, el subproducto del tratamiento secundario es un lodo.

2.2.18.3. Lodo Terciario

Son generados por tratamientos avanzados del agua residual, como es la precipitación química y filtración. Los químicos usados en los procesos de tratamiento avanzado del agua residual, como el aluminio, sales, cal o polímeros orgánicos, aumentan la cantidad de lodo y por consiguiente el volumen del lodo.

2.2.19. Características de los lodos

(Romero,2015 citado por More,2004) Sin excepción, los lodos brutos o crudos tienen un muy bajo porcentaje de sólidos, este porcentaje está entre 1 a 6%, el resto es agua, entonces el problema principal que tiene el tratamiento de lodos es la de concentrar los sólidos mediante la máxima remoción posible de agua y en reducir su contenido orgánico. Los lodos generados del tratamiento de aguas residuales están compuestos de materia orgánica removida de esta agua, la cual eventualmente sufre una descomposición y su impacto son los mismo que del agua residual cruda.

(Hernández, 2004) Hablar de las características de los lodos es hablar de variabilidad esto es debido a donde son originados los lodos, la edad, el tipo de proceso del cual provienen y de la fuente original de estos, mientras más industrializada sea una ciudad, esta tendrá mayor probabilidad de tener en sus aguas residuales metales pesados en muy alta proporción y este será un problema al momento de aplicarlos a suelos agrícolas.

(Callejas, 2008) De manera muy general los lodos están conformados principalmente por los elementos que componen a un efluente, los aditivos químicos usados en el tratamiento de este efluente y también la masa bacteriana que participa en el tratamiento. Estos lodos poseen una humedad cercana al 80%, poseen alto contenido de materia orgánica cercanos al 65% y también presentan grandes cantidades de macros y micronutrientes.

Mientras que la materia orgánica es beneficiosa para el suelo; los macro y micronutrientes sirven como fuente nutritiva de las plantas.

Cabe recalcar que estos factores positivos deben de equilibrarse con algunos factores restrictivos, como es la presencia de microorganismos patógenos, concentraciones indeseables de elementos metálicos y la presencia de compuestos orgánicos tóxicos.

2.2.20. Tratamiento de Lodos

(Callejas, 2008) La eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales ya sea doméstica o industrial está determinada por la calidad de agua que produzca, por esta razón, el tratamiento suele estar centrado exclusivamente en el agua, no considerando el producto inevitable como es el lodo el cual causa un impacto negativo al medio ambiente ni tomando importancia sobre los costos operativos del tratamiento y disposición final de estos. Este proceso sólo representa el 1% del volumen de agua tratada, pero consume hasta un 50% de los costos de capital y operación.

Para que se logre una eficiencia en la planta y esta se mantenga en el tipo se deben de extraer estos lodos a un ritmo adecuado, caso contrario si la planta no dispone correctamente su lodo y lo viene acumulando, tendrá problemas en la corriente de lodos y por efecto tendrá problemas en la calidad de agua.

(Inguanzo, 2004) El lodo o biosólidos es el subproducto residual de mayor volumen obtenido en el tratamiento de aguas residuales, y su procesamiento y almacenaje es uno de los problemas ambientales más latentes, y esto es a

que el lodo resultante del tratamiento de aguas residuales se encuentra en una forma muy diluida, de forma normal este lodo contiene entre 0.25 a un 12% de sólidos dependiendo del proceso utilizado.

(Toro, 2015 citado por More,2005) Antes de la disposición final de los lodos residuales generados en los procesos de tratamiento primarios y secundarios deben de ser sometidos a un proceso de acondicionamiento con el fin de estabilizar la materia orgánica, reducir al máximo los riesgos sanitarios y disminuir su contenido de humedad.

El tratamiento de lodos pretende reducir la generación de malos olores, la llegada de vectores, la cantidad de sólidos orgánicos, eliminar las bacterias y microorganismos, así como reducir el volumen de agua para de esta manera facilitar su manejo, haciendo más económico su transporte y disminuir de esta manera el impacto ambiental.

En la línea de lodos hay variados procesos de tratamiento de estos que se van a combinar para lograr la obtención de un producto apto para su correcta disposición final. Estos procesos se van a dividir principalmente en cuatro categorías, que son:

1. Procesos físicos.
2. Procesos químicos.
3. Procesos biológicos.
4. Procesos Térmicos.

(Metcalf & Eddy, 1995) Estos procesos están enfocados en dos aspectos importantes los cuales son la reducción de volumen mediante la eliminación de agua, para lograr esto los principales métodos son el espesamiento, desaguado y secado; el otro aspecto es la reducción del poder de fermentación o también llamada estabilización la cual consiste en reducir la actividad biológica contenida en el lodo residual así como el contenido de microorganismos patógenos causante de enfermedades, para estabilizar estos patógenos los métodos son la estabilización con cal, tratamiento térmico, digestión anaerobia y el compostaje.

2.2.21. Aplicación de lodos en la agricultura

(Aller, Otero, & Garcón, 1999) Hicieron un estudio entre los años 1997 y 1998 donde nos hablan sobre la importancia del uso de los materiales orgánicos en la actividad agrícola, estos materiales orgánicos deben mantener la capacidad productiva de los suelos y actuar sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos, es necesaria su constante reposición y mantenimiento del ciclo de la materia orgánica en los agroecosistemas.

Las vías tradicionales de técnicas de mantenimiento y aportes de materia orgánica son en ocasiones limitadas es por ellos que existen otras fuentes derivadas como es el uso de lodos de depuración u otros residuos diversos. Sabemos que el principal problema de las plantas de tratamiento de agua residual es la generación inevitable de lodos, abordar esta problemática de reutilización de estas fuentes, en que aparece una ventaja múltiple como es la eliminación de residuos y por otra parte el beneficio agronómico, de esta forma contribuyendo a una agricultura sostenible.

(Jimenes, 2004 citado por Hernandez,2002) Se creía en algunos países que los lodos debían ser confinados para de esta manera evitar el impacto ambiental a los terrenos agrícolas o forestales, pero al confinar estos lodos estamos confinando también a un gran número de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, por ende, el ciclo de minerales se vería interrumpido. Al realizar esta acción de confinamiento estamos yendo en contra del ciclo normal de la naturaleza, debido a que durante millones de años se ha llevado a cabo un proceso de reciclaje de minerales para lograr una armonía entre las plantas, animales, microorganismos y el suelo.

(Utria, 2008). Uno de los beneficios de la aplicación de los lodos residuales es la reducción de la fertilización, además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, esto es debido a que los lodos tienen una considerable cantidad de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y micronutrientes esenciales en la nutrición vegetal los cuales aumentan el rendimiento de los cultivos donde es aplicado.

(Inguanzo, 2004) Los lodos gracias a todos los beneficios que aportan al suelo pueden sustituir a los fertilizantes artificiales, cuya producción requiere una gran cantidad de energía.

(Utria, 2008) La aplicación de lodos residuales al suelo tiene sus ventajas y desventajas, la ventaja es el enorme aporte de nutrientes al suelo y a las plantas, sin embargo, existen desventajas como son la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos, estos pueden influir negativamente tanto en el suelo como en las plantas de cultivo. La principal limitante para el uso de lodos en la agricultura es el contenido de metales pesados, estos metales son el Cu, Zn, Ni, Fe y Mn los cuales son elementos esenciales para el crecimiento y fortalecimiento de las plantas si se encuentran en proporciones adecuadas, la deficiencia de estos metales puede provocar problemas en los cultivos, mientras que si se encuentran en exceso implicarían riesgos de fitotoxicidad, cabe recalcar que existen otros tipos de metales presentes en los lodos como el Cd, Hg, As y Pb que no tienen funciones fisiológicas conocidas y su presencia en el suelo siempre será un riesgo en potencia, debido a que se pueden contaminar y acumularse en los suelos, el agua y los alimentos.

(Leppe, 2015 citado por More, 2002) La reutilización de los lodos residuales en la agricultura está basado en 2 objetivos primordiales, el primero es el aprovechamiento de su potencial fertilizante (esto va hacer determinado en función al contenido de nutrientes) para el mejoramiento de suelos, el otro objetivo es la correcta disposición de sólidos resultantes del proceso de tratamiento de aguas sin aumentar la cantidad de residuos que nuestra sociedad produce de forma constante y que resulta cada vez más difícil de ocultar.

Estos objetivos pueden ser logrados de forma simultánea, el detalle es la búsqueda de combinación de requisitos y condiciones que permitan lograr que esta ecuación nos proporciones un costo razonable, para esto las normas y reglamentos deben apuntar a resguardar la salud humana y la

calidad del medio natural y en forma paralela permitan optimizar el aprovechamiento de nutrientes.

2.2.22. Parámetros a evaluar en lodos residuales

En su estudio (Miranda & Reyes, 2015 citados por More,2005) nos indican que los parámetros más importantes para definir la aptitud del lodo en el suelo son los siguientes:

1. Contenido Orgánico: La concentración de Nitrógeno y Fósforo son importantes para la obtención de un buen fertilizante que aplicado traerá consecuencias benéficas al suelo, estos elementos están presentes en el contenido orgánico por tal motivo es necesario evaluar para saber la proporción de estos en el lodo generado.
2. Patógenos: Durante el proceso de tratamiento de aguas residuales pueden llegar a concentrar bacterias, virus, protozoos y huevos de helminto, un pequeño porcentaje de estos puede ocasionar enfermedades, es decir ser patógeno, los patógenos son difíciles de cuantificar, es por ello que se deben de manejar indicadores que permitan estimar su reducción.
3. Metales: El lodo residual en su composición puede contener una serie de metales pesados e iones orgánicos como son el boro, cadmio, cobre, níquel, plomo, mercurio, zinc y plata, algunos de estos elementos son micronutrientes esenciales requeridos por las plantas y animales, sin embargo, a elevadas concentraciones son perjudiciales (Tóxicos) para humanos, animales y plantas.
4. Nutrientes: Los elementos fundamentales para que el lodo sea utilizado como fertilizante es el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, el nutriente requerido en mayor cantidad por los cultivos es el nitrógeno.

2.2.23. Mineralización de los lodos residuales

(Flores,2015 citado por More, s.f.) Los lodos residuales al igual que los estiércoles tienen un común denominador el cual es que su aplicación como fertilizantes orgánicos y mejoradores del suelo están en función del porcentaje de descomposición de sus estructuras orgánicas, esto quiere decir que la tasa de mineralización del nitrógeno orgánico es la clave para el cálculo de la dosis apropiada para de esta manera no perjudicar negativamente al ambiente.

(Cogger & Sullivan, 2021) La tasa de mineralización o también llamada dosis agronómica es definida como la cantidad idónea de nitrógeno para lograr un potencial productivo en un periodo de crecimiento definido, esta tasa depende en gran medida del contenido de nitrógeno en el lodo, suelo y agua de riego, de la tasa de descomposición del nitrógeno orgánico y de la demanda del nitrógeno del cultivo asociado a un potencial de rendimiento.

(Flores,2015 citado por More, s.f.) Nos otorga un reporte de algunos valores representativos de nitrógenos mineralizable que fueron reportados en los estados unidos, estos valores son:

- 30% para biosólido (Lodo residual) estabilizado con cal.
- 15% para biosólido anaeróbicamente digerido
- De 5 % a 10% para biosólido compostado.

La adición de Cal al tratamiento de biosólidos podría generar un aumento del Ph en el suelo, y las adiciones de biosólidos podrían incrementar la capacidad amortiguadora de Ph de un suelo.

Un dato interesante sobre la tasa de mineralización de nitrógeno orgánico en biosólidos secos o en compostas es que la tasa de estos es menor a los de biosólidos líquidos o desaguados, esto quiere decir que los biosólidos con estabilización alcalina pueden presentar entre un 50 %y 55% de tasa de mineralización mientras que la de biosólidos compostados solo llega a un 10% anual.

2.2.24. Metales pesados presentes en Lodos Residuales

(Torralba; 2015 citado por Mre,1996) Un metal pesado es aquel elemento cuyo número atómico es mayor a 20 o tiene una densidad de 5 g/cm^3 , excluyendo a los metales alcalinos y alcalino térreos.

Según (Diez, 2008) nos señala que el término “Metal Pesado” tiende a ser impreciso si se toman en cuenta las propiedades físicas y químicas de los elementos, pero podemos decir que el término metal pesado puede ser usado de forma global para referirse a aquellos metales que son contaminantes para el ambiente.

(Álvarez, 2007) Nos dice que existen dos tipos de clasificación para los metales pesados; los micronutrientes también llamados oligoelementos y aquellos que no tienen una función biológica conocida. Los micronutrientes son necesarios fisiológicamente para los organismos en proporciones adecuadas, si esta cantidad llegan a excederse podrían ser nocivos, entre los micronutrientes metálicos encontramos a:

- Boro (B).
- Cobalto (Co).
- Cromo (Cr).
- Hierro (Fe).
- Molibdeno (Mo).
- Manganeso (Mn).
- Níquel (Ni).
- Selenio (Se).
- Zinc (Zn).
- Arsénico (As).

El otro grupo de metales pesados son aquellos capaces de producir complicaciones biológicas por ser altamente tóxicos y logren originar una acumulación en plantas y animales.

- Cadmio (Cd).
- Mercurio (Hg).

- Plomo (Pb).
- Bismuto (Bi).
- Antimonio (Sb).
- Estaño (Sn).
- Titanio (Ti).

Los metales pesados (Pb, As, Cd, Cu, Hg, Zn, Ni y Cr) encontrados en las aguas residuales en concentraciones variadas, y esto es debido a las descargas industriales, talleres mecánicos, entre otros.

Los metales pesados afectan a la cadena alimenticia provocando un efecto de bioacumulación entre los organismos que la componen, esto es debido a su alta persistencia en el entorno.

Uno de los mayores peligros latentes en referencia a los metales pesados consiste en el lixiviado y el potencial toxicológico hacia las plantas y animales.

2.2.25. Patógenos en lodos residuales

(Hernández, 2004) Un patógeno lo podemos definir como cualquier organismo que es capaz de causar una enfermedad, los organismos patógenos pueden ingresar a nuestro cuerpo por diferentes canales como ingestión, la inhalación o el contagio físico por la piel. El número de organismos patógenos a los que debe exponerse una persona para ser infectada dependen del tipo de organismos y de la salud de la persona expuesta.

La presencia de estos patógenos en los lodos residuales nos indica que la aplicación directa de biosólidos sin tratamiento previo representa riesgos para la salud humana y biótica.

Los agentes patógenos más representativos que existen en el agua y que se han podido evidencia en los lodos son las bacterias (como la Salmonella), los virus, los protozoos, los trematodos, los cestodos y los nemátodos.

(Castrejón, 2015 citado por More,2001) Un indicador de contaminación fecal en aguas residuales son los coliformes fecales. Su uso en lodos

generalmente indica la eficiencia de los procesos de tratamiento en la destrucción de bacterias, y además regula la calidad de los lodos que pueden reusarse benéficamente. Usualmente, también son indicadores de la concentración de Salmonella, bacterias que usualmente se relacionan con enfermedades gastrointestinales en humanos y por lo tanto, la reducción de coliformes fecales idealmente refleja un decremento en Salmonella.

La E.coli no se considera patogénica, ya que frecuentemente se usa para indicar lo adecuado o inadecuado de un proceso de tratamiento en reducción de patógenos.

Dentro de los patógenos considerados, los riesgos más elevados parecen estar relacionados a la transmisión de virus y, en la secuencia, la de helmintos, protozoarios y, por último, de bacterias.

(Hernández, 2004) Para lograr que el vertido de los lodos sea seguro para el ambiente es necesario eliminar o hacer una inactivación suficiente de estos agentes patógenos.

Los tratamientos más usados para reducir la cantidad de patógenos en lodos residuales se encuentran:

- a. El Compostaje.
- b. Estabilización alcalina.
- c. Tratamiento térmico.

Estos tratamientos utilizan mecanismos de remoción como la radiación solar, la elevación del PH y el aumento de la temperatura.

2.2.26. Normativa del uso de lodos residuales en la agricultura

En nuestro país, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento publicó en el año 2011 su norma OS.090 la cual está netamente referida a las plantas de tratamiento de aguas residuales, en uno de sus incisos considera la aplicación de lodo sobre el terreno, con algunas observaciones, una de ellas es que el terreno donde se aplique el lodo debe estar ubicado por lo menos a 500m de la vivienda más cercana, cabe recalcar que el terreno

en mención debe tener una pendiente inferior de 6% y su suelo deberá contener una tasa de infiltración entre 1 a 6 cm/h con un buen drenaje, debe ser profundo y de textura fina. Además, nos añade que el nivel freático debe de estar ubicado por lo menos a 10m de profundidad.

Esta norma nos indica una comparativa entre los metales pesados presentes en los lodos y cuál es su compatibilidad con los niveles máximos permisibles, cantidad de cationes en los lodos y la capacidad de intercambio, forma de riego y tipo de cultivo, etc.

En el ámbito internacional, la normativa para el manejo de lodos establece requisitos de protección ambiental directamente relacionados con las características de los lodos utilizados en la agricultura, como:

- Contenido de metales pesados.
- Contenido de microorganismos patógenos.
- Potencial de atracción de vectores sanitarios.

Estos determinarán los requisitos de tratamiento del lodo, la tasa máxima de aplicación y las restricciones respecto del tipo de cultivo o suelo.

(Orama, 2015 citado por More,2009) El uso y disposición final de los lodos sanitarios tratados (biosólidos) en los Estados Unidos está regulado específicamente por el Código de Regulaciones Federales Título 40 (40 CFR), Subcapítulo O, Secciones 501 y 503, elaborado por la EPA.

En estas secciones de esta normativa estadounidense, se establecen las regulaciones específicas para el manejo de los lodos sanitarios, así como los estándares para el uso y la disposición de este desperdicio. La Sección 503 regula la utilización de lodos sanitarios en aplicaciones al terreno, incineración y reducción de patógenos y vectores.

Esta sección también incluye los requisitos de reportes y análisis para las instalaciones que manejan este desperdicio, así como los mecanismos de manejo, límites de contaminantes (Tablas 2 y 3).

Tabla 2

Contenido máximo permisible de metales en Biosólidos aplicados a los suelos según Norma 40CFR Part 503 de la EPA-1993

Concentraciones de Contaminantes y Tasas de Carga				
Metal Pesado	Conc. Máxima Permitida (mg/kg)¹	Tasa Acumulada de carga contaminante (kg/ha)	Conc. Media Mensual (mg/kg)¹	Tasa anual de carga contaminante (kg/ha/año)
Arsénico (As)	75	41	41	2
Cadmio (Cd)	85	39	39	1.9
Cromo (Cr)	3000	1200	1200	150
Cobre (Cu)	4300	1500	1500	75
Mercurio (Hg)	57	17	17	0.85
Molibdeno (Mo)	75	-	-	-
Níquel (Ni)	420	420	420	21
Plomo (Pb)	840	300	300	15
Selenio (Se)	100	36	100	5
Zinc (Zn)	7500	2800	2800	140
Aplicado a:	Todos los biosólidos aplicados al suelo	Biosólidos a granel	Biosólidos a granel y en bolsa	Biosólidos empacados

Nota: Límites máximos permisibles de aplicación de biosólido al suelo, adaptado de A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule, (p.39), por United States Environmental Protection Agency, 1994, United States

Tabla 3

Contenido de patógenos en biosólidos clase A y B según la Norma 40 CFR Parte 503 de la EPA-1993

Clasificación	Clase A	Clase B
	< 1000 NMP/g de ST	< 2000 NMP/g de ST
Coliformes Fecales		0
		<2000 UFC/g de ST
Salmonella spp	<3 nmp/4g de St	-
Huevos de Helmintos	< 1/4g de St	-
Virus Entéricos	< 1 UFP/4g de St	-

Nota: ST = Sólidos totales (En base a peso seco); NMP = Número más probable; UFC = Unidades formadoras de colonia; UFP = Unidades formadores de placa. adaptado de A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule, (p.39), por United States Environmental Protection Agency, 1994, United States.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Proyecto

(Aguirre, 1985) Define al proyecto como un conjunto de actividades no repetitivas visiblemente definidas, para lograr uno varios objetivos que pretenden la solución o disminución de la dimensión de una dificultad que afecta a un sujeto o conjunto de individuos y en la cual se plantea la dimensión, características, tipos y periodo de los medios requeridos para complementar la solución propuesta dentro de la limitaciones técnicas, sociales, económicas y políticas, en las cuales el proyecto se desarrollará

2.3.2. Prefactibilidad

(Rodríguez, 2012) Consiste en un análisis anterior a la idea de proyecto, a fin de comprobar su viabilidad como actividad del proyecto, teniendo como

intención limitar costos de un proceso incremental durante el cual se puede rechazar la idea del proyecto en cualquier instante.

2.3.3. Límite Máximo Permisible

(OEFA, 2014) Es la medida de concentración o del estado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una manifestación, que al ser descontrolado origina o puede producir daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

2.3.4. Aguas Residuales

(OEFA, 2014) Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por sus características requieren un procedimiento anticipado, previamente de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargas al sistema de alcantarillado.

2.3.5. Fertilizantes

(Arnols, 1988) Producto destinado a la nutrición de las plantas, aplicado de forma directa o indirectamente, para beneficiar su desarrollo, acrecentar su producción u optimizar la calidad.

2.3.6. Reforestación

(Brett, y otros, 2003) La reforestación puede ser definida como la transformación directa provocada por seres humanos de tierras no boscosas a tierras boscosas, es decir el propósito de la reforestación es la repoblación de especies arbóreas con fines de fabricación o defensa.

2.4. Hipótesis

La obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales impacta significativamente en el proyecto de reforestación “San Lucas de Colán” de la empresa Produmar S.A.C-Paita.

2.5. Variables e Indicadores

2.5.1. Variable Independiente

Obtención de fertilizante orgánico.

2.5.2. Variable Dependiente

Impacto en el proyecto de reforestación San Lucas de C

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Operacionalización de las Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	
Obtención de fertilizante orgánico	Sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas.	Cantidad de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales que se obtiene en la Planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa PRODUMAR SAC, en función a la composición de su materia orgánica, metales pesados y composición microbiológica.	<u>Físico-Químicas</u>				
			pH		<u>Nivel</u> Ácido Neutro Alcalino	0 - 14	Razón continua
			Materia Orgánica			%	Razón continua
			Nitrógeno (N)		<u>Nivel</u> Bajo	ppm	Razón continua
			Fósforo (P)		Medio		
			Potasio (K)		Alto		
			Magnesio (Mg)			meq/100g	Razón continua
			Calcio (Ca)				
			Sodio (Na)				
					<u>Metales pesados</u>		
		Elementos traza metálicos		Al, Sb, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, Se, Tl, Th, U, V, Zn	mg/kg	Razón continua	
		<u>Microbiológicos</u>					
		Compuestos microbianos		Coliformes totales Coliformes fecales Escherichia coli Salmonella sp.	Número más probable de microorganismos/g	Razón continua	
				Volumen de agua residual tratada	L/s	Razón continua	
			PTARI	Lodos producidos	Kg/día	Razón continua	

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
Impacto en el proyecto de reforestación San Lucas de Colan	Conjunto de actividades que comprende la planeación, operación, control y la supervisión de todos los procesos involucrados para recuperación de cobertura vegetal.	El impacto del uso de fertilizantes orgánicos obtenidos de los lodos industriales en el proyecto de reforestación se da en la adsorción del suelo, contenido de N,P,K, mayor retención de humedad, mayor crecimiento de las plantas.	Suelo	Capacidad adsorción	-	Razón continua
				Porosidad	-	Razón continua
				Nitrógeno (N)	%	Razón continua
				Fósforo (P)	ppm	Razón continua
				Potasio (K)	ppm	Razón continua
				Retención de humedad	%	Razón continua
			Parámetros biométricos de plantas	Altura de planta	cm	Razón continua
				Diámetro de Tallo	cm	Razón continua
				Nro. de ramificaciones	-	Razón discreta
				Nro. de Hojas	-	Razón discreta
				Peso Fresco	g	Razón continua
				Peso Seco	g	Razón continua
Materia Seca	%	Razón continua				

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 De acuerdo a la orientación o finalidad:

Aplicada. Porque aplica los conocimientos teóricos a una determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven.

3.1.2. De acuerdo al nivel de investigación:

Descriptivo. Puesto que se detallará los efectos del fertilizante en el proyecto de reforestación.

3.2. Población y muestra del estudio

3.2.1. Población:

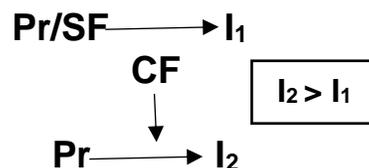
Está representada por el Número de m^2 de terreno a reforestar usando fertilizante orgánico e igual a $70,000 m^2$.

3.2.2. Muestra:

Es no probabilística por conveniencia y está representada por $200 m^2$ de terreno a reforestar en dónde se aplicará el fertilizante orgánico.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño de investigación que se utilizó es del tipo experimental constituido por Proyecto de reforestación-sin fertilizante orgánico y Proyecto de reforestación-con fertilizante orgánico.



Donde:

Pr: Proyecto de reforestación.

Pr/SF: Proyecto de reforestación sin fertilizante orgánico

↓ CFO₂: Con fertilizante orgánico.

Estímulo CF: Fertilizante Orgánico (Variable Independiente).

I₁: Impacto sin fertilizante orgánico.

I₂: Impacto con fertilizante orgánico.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 5

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnica	Instrumento	Fuente
Análisis documental	Fichas Textuales	Actas, expedientes, informes, archivos, documentos
Observación de Campo	Guía de Observación	Proyecto de Reforestación
Análisis de verificación	Lista de verificación	Muestra de experimentación

Nota: Se utiliza el instrumento fichas textuales para lograr recabar información de estudios anteriores relacionados a la obtención de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales con el fin de obtener bases que respalden la investigación y experiencias que nos ayuden a enriquecer el proyecto, el cual ayudará significativamente al ambiente, en la observación de campo veremos el impacto de aplicar fertilizante orgánico a partir de lodos residuales y cuando no se aplica, donde describiremos como se va dando la evolución de las plantas a través del tiempo.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Se utilizarán en el procesamiento de la información gráficas estadísticas como histogramas y programas como:

- Excel.
- BIZAGI.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación. La primera etapa esta referida en desarrollar un análisis estratégico con el fin de determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. La segunda parte consiste en determinar el tamaño y la localización de la investigación mediante la información recaudada del objetivo anterior. La tercera parte corresponde al desarrollo de la ingeniería del proyecto en donde mapearemos y veremos la maquinaria necesaria para lograr un buen proceso de deshidratación de lodo y convertirlo en fertilizante. La cuarta parte corresponde a los análisis de las especificaciones del lodo donde veremos los parámetros como elementos nutritivos, propiedades químicas y físicas, patógenos y concentración de metales adicionalmente se hará un análisis del suelo del proyecto de reforestación con el fin de medir el impacto que tendría la investigación. La quinta parte está relacionado a los aspectos legales del proyecto, las licencias, los permisos por parte de la autoridad (MINAM) para la aplicación del fertilizante orgánico en el suelo. La penúltima parte está enfocada en la determinación del monto de la inversión y financiamiento donde veremos la inversión en activos tangibles, costos de instalación, inversión en activos intangibles, capital de trabajo, la depreciación de los equipos, los costos y gastos operativos por activo fijo y la estructura de financiamiento. Finalmente se hará una evaluación económica, nos apoyaremos de un estado de resultados proyectado y un flujo de caja proyectado, donde obtendremos indicadores que nos ayudarán a determinar si la investigación es factible.

4.1. Resultados del objetivo específico N°1

Para desarrollar un análisis estratégico se procedió a dividirlo en dos etapas:

Primera etapa: Se utilizará un instrumento de planificación estratégica llamado análisis PESTEL, su finalidad es describir el contexto del macroentorno cuyos factores principales son los políticos, económicos, sociales y tecnológicos, no debemos olvidar a los componentes de una alta incidencia como son los factores ecológicos,

ambientales y legislativos que por tratarse de una industria pesquera es altamente regulada. En su estudio (Chapman, 2004) nos habla de la importancia de desarrollar un análisis PESTEL en un estudio estratégico, la cual radica en la capacidad de generar un marco de evaluación del mercado actual y posteriormente ayudará a la construcción del FODA.

4.1.1. Evaluación Externa Factores políticos, gubernamentales (P)

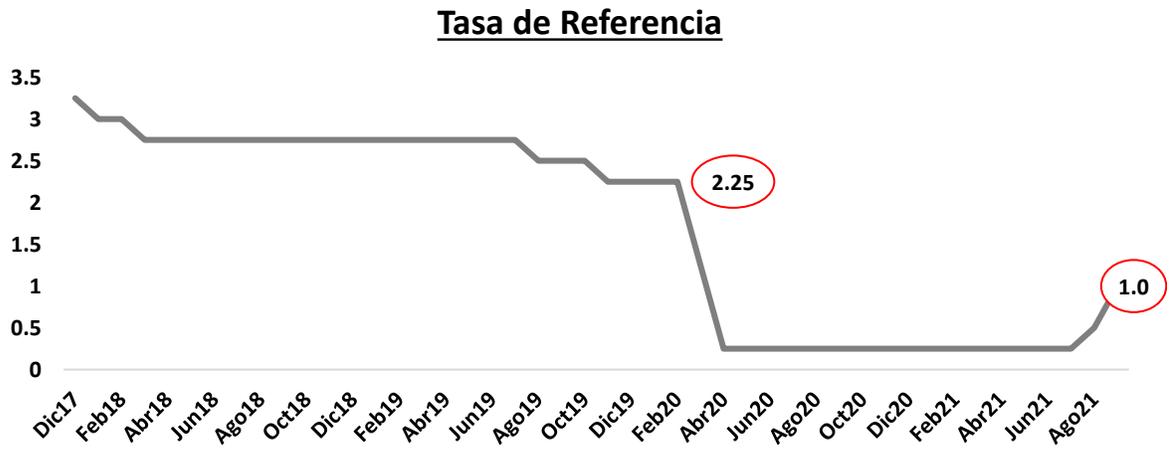
En el (BCRP, 2021) Programa Monetario 2021 establece que el directorio del Banco Central de Reserva del Perú acordó mantener la tasa de interés de referencia en 0,5 por ciento para el mes de agosto del 2021. La tasa de interés real del país se mantiene en mínimos históricos.

- El banco Central de Reserva menciona que la tasa de inflación a doce meses se incrementó de 3,25 por ciento en junio a 3,81 por ciento en julio, ubicándose transitoriamente por encima del rango meta por factores tales como el incremento de los precios internacionales de insumos alimenticios y combustibles, así como del tipo de cambio. Se proyecta que la inflación retornará al rango meta en los próximos doce meses y se mantendrá luego en dicho rango durante el resto del próximo año.
- Las expectativas de inflación a doce meses aumentaron de 2,6 por ciento en junio a 3,0 por ciento en julio, límite superior del rango meta de inflación. La mayoría de indicadores de expectativas sobre la economía se mantiene en el tramo pesimista en julio.
- Se espera una recuperación de la actividad económica mundial más acentuada en los próximos trimestres conforme continúe el proceso de vacunación en el mundo y los programas significativos de estímulo fiscal en países desarrollados.

Según el (BCRP, 2021) en su Reporte Semanal Macroeconómico y de mercados, la discusión sobre el momento preciso en el que se logrará iniciar un ciclo de subidas de tasa del BCR comenzará a tener relevancia en el segundo semestre del 2022.

Figura 7

Tasa de Referencia 2018-2021

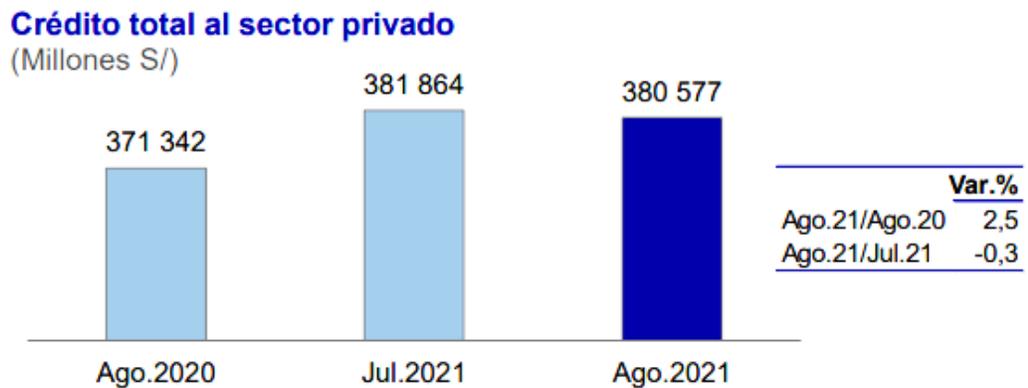


Nota: Los datos históricos de las tasas de referencia de la política monetaria tienen una tendencia decreciente, desde el año 2018 comenzó a presentar esta caída, estos datos los podemos encontrar en la web del BCRP.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PD04722MM/html>

Figura 8

Crédito del sector Privado al 2021



Nota: El crédito al sector privado –que incluye préstamos otorgados por bancos, financieras, cajas municipales y rurales y cooperativas– disminuyó 0,3 por ciento en agosto, luego de seis meses de crecimiento continuo. El aumento interanual pasó de 4,0 por ciento en julio a 2,5 por ciento en agosto, producto del efecto base asociado a los

desembolsos extraordinarios del Programa Reactiva Perú del año anterior.

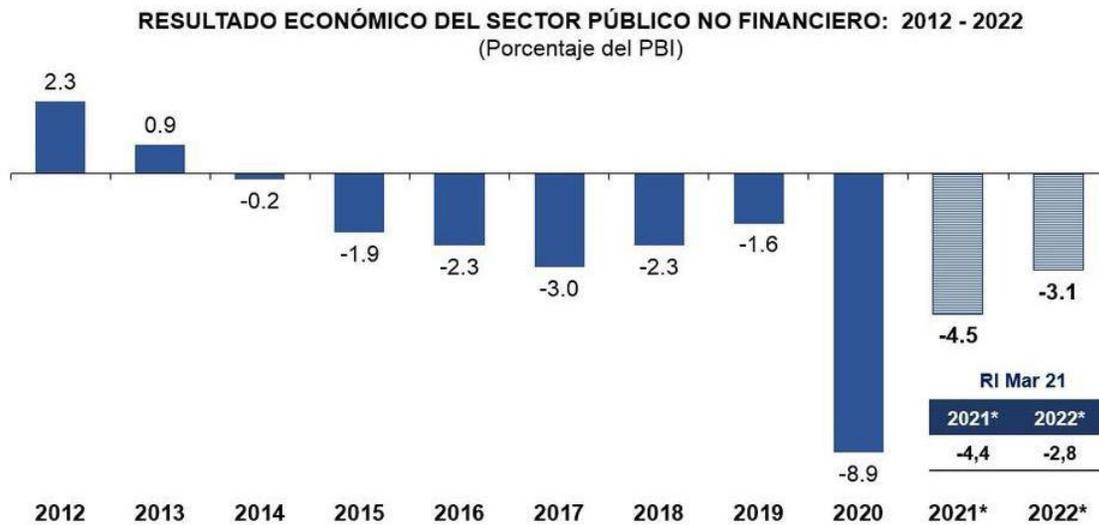
Tomada de Resumen informativo semanal: Crédito sector privado [Gráfico], BCRP,2021, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2021/resumen-informativo-2021-09-23.pdf>

Política Fiscal

Se proyecta una reducción del déficit fiscal en 2021 y 2022, respecto a 2020, principalmente por mayores ingresos corrientes, debido a precios de exportación más altos, al inicio del pago de impuesto a la renta por parte de proyectos mineros y a la recuperación de la actividad económica.

Figura 9

Resultado Económico del Sector Público no Financiero 2021-2022



Nota: “Estamos haciendo estas proyecciones todavía con un velo de ignorancia con respecto al accionar y a la reacción que tendrá la economía a las medidas que podría tomar el nuevo gobierno”, dijo Velarde durante la conferencia virtual sobre proyecciones macroeconómicas. Tomada de Reporte de inflación, panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022[Gráfico], BCRP,2021, <https://gestion.pe/economia/bcrp-inflacion-tipo-de-cambio-estas-son-las-proyecciones-del-ultimo-reporte-de-inflacion-del-bcr-economia-peruana-noticia/?foto=20>

Inversión y Presupuesto

Según el (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021) El presupuesto del sector público de Perú para 2022 se incrementará en 7,6%, al ascender a 197.002.269.014 soles (unos 48.000 millones de dólares), debido especialmente al refuerzo en salud, que demandará un 11 % del presupuesto total. Se propone que al sector Educación se le asignen S/ 35.758 millones, el cual representaría el 18,2% del presupuesto total y significa un incremento del 7,9% frente al PIA (Presupuesto institucional de apertura) 2021. Con estos recursos se buscará mitigar el impacto de la emergencia sanitaria en el aprendizaje de la población estudiantil, y se tiene como objetivo mejorar el servicio educativo ante el retorno de las clases presenciales.

En el sector salud, el presupuesto asciende a 22.207 millones de soles (5.400 millones de dólares) para 2022, un alza de 5,8 % y equivalente al 11,3 % del presupuesto total. Estos fondos estarán destinados a la atención de la emergencia sanitaria por el covid-19 con 1.104 millones de soles (269 millones de dólares), el acceso al cuidado y atención integral en salud con 1.114 millones de soles (271 millones de dólares).

Asimismo, a las medidas para el personal de salud con 3.993 millones de soles (973 millones de dólares), las inversiones estratégicas en salud con 979 millones de soles (238 millones de dólares) y la descentralización en el sector con 9.561 millones de soles (2.331 millones de dólares).

En forma adicional, el presupuesto público reservará 1.928 millones de soles (470 millones de dólares) para financiar las necesidades gubernamentales, según la evolución de la covid-19, razón por la cual el Gobierno del presidente Pedro Castillo dispondrá de 3.032 millones de soles (740 millones de dólares) para la atención de la emergencia sanitaria.

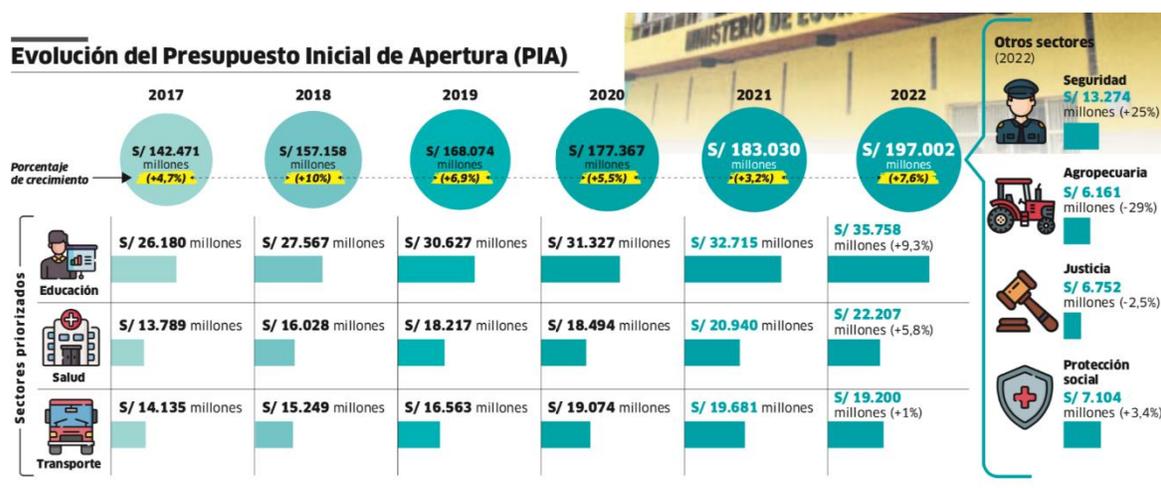
A la función Transporte se le estaría asignando S/ 19.200 millones, mostrando un ligero incremento del 1% frente a lo destinado el 2021.

El proyecto del presupuesto 2022 tiene como objetivos principales mantener una política fiscal responsable; dinamizar el crecimiento económico; asegurar el uso

eficiente de los recursos (no caer en el endeudamiento) y fortalecer el proceso de descentralización, principalmente, desde el ámbito de las finanzas públicas.

Figura 10

Evolución del Presupuesto Inicial de Apertura (PIA) 2017-2022



Nota: Los sectores económicos más beneficiados en el Presupuesto del año 2022 serán Educación, Salud y transporte con un porcentaje mayor del presupuesto que los otros sectores, Tomada de Presupuesto Público se elevaría un 7,6% en el año 2022 [Gráfico], La República,2021, <https://larepublica.pe/economia/2021/08/30/presupuesto-publico-del-2022-se-elevaria-en-76/>

Estabilidad Política

(La Diaria, 2021) Los problemas políticos en el Perú no terminaron cuando el ahora presidente Pedro Castillo asumió el cargo el 28 de Julio. Más bien ese fue un punto más dentro de la crisis que se viene arrastrando desde hace años y que tuvo un momento álgido durante la larga espera de los resultados oficiales de la segunda vuelta de las elecciones, en la que el ahora mandatario se impuso por 44.000 votos sobre la derechista Keiko Fujimori.

Uno de los principales problemas que está teniendo el flamante gobernante emana del gabinete ministerial que designó, empezando por Guido Bellido, un ingeniero eléctrico cusqueño de 41 años que fue nominado como presidente del Consejo de ministros. La figura de Bellido cuenta con grandes rechazos dentro de varios sectores y eso es un

problema grande, porque en Perú el gabinete ministerial de un presidente debe ser aprobado por mayoría simple en el Congreso.

En caso de que el gabinete del presidente sea rechazado en primera instancia por el Congreso, tendrá que presentar otro. Si los congresistas nuevamente no aprueban el gabinete, el mandatario tiene la potestad de **disolver el Congreso**.

(Diario El Comercio, 2021) La primera vicepresidenta del país, Dina Boluarte, fue categórica y afirmó que “no hay de ninguna manera ese ánimo, de querer cerrar el Congreso”. Estas declaraciones recogidas por el diario El Comercio vinieron después de que trascendieran dichos comentarios por el congresista de Perú Libre Guillermo Bermejo, quien en un reciente evento de su sector expresó: “La derecha se está sacando su careta y ahora demuestran que son fascistas e igual van a ser derrotados, pero si se atreven a tanto, bueno se cerrará el Congreso si no les gusta ningún Gabinete.

(La Diaria, 2021).La idea de una Asamblea Constituyente es defendida por el presidente, pero esta ideología genera enormes resistencias en los partidos de la oposición. Incluso hace algunos días la líder de Fuerza Popular, Keiko Fujimori, dijo que su partido será “un firme muro contra la Constitución comunista” en el país

Pero además de Bellido, contra quien se abrió un proceso por apología del terrorismo por haber homenajeado a una exintegrante de Sendero Luminoso, hay otros ministros que también generan rechazo y que la oposición pide que sean remplazados para dar su voto favorable en el Congreso.

Uno de ellos es quien fue designado para ser ministro de Defensa, Walter Ayala, un abogado limeño de 50 años, que además fue integrante de la Policía, pero primero fue sancionado y luego expulsado de la institución en el año 2000 por haber negado que conocía a una persona que tenía orden de captura. También generan resistencias las nominaciones de Iván Merino y José Ramírez Mateo, el primero designado como ministro de Energía y Minas y el segundo en la cartera de ambiente, porque ambos, de acuerdo a lo que consignó el portal Ojo Público, carecen de experiencia previa como para asumir dichas responsabilidades. Los dos son oriundos del departamento de Junín, la tierra de la que también procede Vladimir Cerrón, la principal figura de

Perú Libre, quien actualmente se encuentra en un proceso por corrupción por hechos ocurridos cuando gobernó su departamento natal. La ascendencia de Cerrón sobre Castillo y su indudable influencia en las nominaciones ministeriales están entre los principales obstáculos con los que se encuentra el nuevo gobierno, que está teniendo un serio inconveniente para separar al partido del Ejecutivo.

(Diario La República, 2021). Uno de los jefes que hablaron directamente sobre este tema fue Pedro Francke, designado por Castillo para ser ministro de Economía y Finanzas: “Desde el gabinete defenderemos la necesidad de tener una separación clara entre el gobierno y el partido, reconociendo que este es una base política indispensable siempre que la apuesta sea concertar y fortalecer la democracia”, escribió en su cuenta de Twitter poco después de asumir. Francke, un economista de izquierda que cuenta con vasta experiencia y que ya ocupó cargos en gobiernos anteriores, expresó este domingo en una entrevista publicada por el diario limeño La República que “no se siente parte de un gabinete de choque” y remarcó que está en contra de una “política de confrontación”.

Por otra parte, el ministro se refirió a otro término que ya empezó a sobrevolar el ambiente político, el de la “vacancia”, que es el nombre con el que se conoce a la figura legal mediante la cual el Congreso tiene la posibilidad de destituir a un presidente. Esta alternativa ya fue manejada hace algunos días por el vocero del partido derechista Renovación Popular, Jorge Montoya, quien dijo que la vacancia “es una opción al final de la lista”

Sobre este punto Francke dijo que “hablar de vacancia presidencial a estas alturas cuando no hay ningún sustento plantea una alternativa de inestabilidad política que, en esencia, va en contra del régimen presidencialista que establece nuestra Constitución. No me parece que sea bueno para la gobernabilidad del país. Al revés, me parece profundamente negativo”.

Corrupción

(Diario El Peruano, 2021) El contralor general de la República, Nelson Shack, informó que en el 2019 las pérdidas por corrupción e inconducta funcional ascendieron a

23,297 millones de soles, mientras que en el 2020 estas habrían alcanzado los 22,059 millones de soles, según estudios recientes hechos por la institución que dirige.

(PUCP, 2021) De acuerdo al Barómetro de las Américas de Latin American Public Opinión Project, Perú fue el país más preocupado por el tema de la corrupción a nivel regional, un 36% de la población lo señala como el principal problema, por encima de otros temas como la economía, la seguridad, la inestabilidad política y otros. Ese mismo resultado se registró, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), en el semestre octubre 2019 – marzo 2020, cuando la corrupción se mantuvo como el principal problema del país con un 60.6%. Además, revisando los informes previos de esta última institución, se aprecia que desde el año 2017 hasta la actualidad, se consolida la ubicación de la corrupción sobre la delincuencia como el principal problema en el Perú.

Por otro lado, también se tiene el índice de percepción de corrupción del público general y expertos académicos en las instituciones públicas. Por ejemplo, la ausencia de corrupción en los poderes públicos, de acuerdo con el World Justice Project, aumentó en algunos sectores y disminuyó en otros, respecto del reporte del año 2019. En el caso del Poder Ejecutivo, varió de 0.40 a 0.37. En el Poder Judicial varió de 0.41 a 0.44. En la Fuerza Pública varió de 0.38 a 0.39. En el Poder Legislativo varió de 0.16 a 0.13. Respecto a la ausencia de corrupción en la justicia civil y penal, esta varió de 0.38 a 0.37 y de 0.30 a 0.32, respectivamente.

Estos datos documentan de manera preocupante que la ciudadanía aún desconfía de ciertas instituciones públicas y evidencia que por delante queda un largo recorrido para fortalecer la legitimidad de las mismas. Es importante que el Estado peruano siga realizando esfuerzos para incluir e involucrar a la ciudadanía como un medio de control contra la corrupción en el sector público del país.

4.1.2. Factores económicos y financieros (E)

En la figura 8 se observó un menor dinamismo del sector inmobiliario en Estados Unidos y choques sobre la producción del tercer trimestre de China. Para 2022 se prevé un mayor gasto público y privado en las economías desarrolladas. Por tanto, se

revisa la proyección de crecimiento mundial de 5,9 a 5,8 por ciento en 2021, y de 4,2 a 4,4 por ciento en 2022.

Figura 11

Crecimiento Mundial al 2022

Crecimiento mundial						
<i>(Variaciones porcentuales anuales)</i>						
	PPP*	2020	2021		2022	
			RI Jun	RI Set	RI Jun	RI Set
Economías desarrolladas	42,5	-4,7	5,4	5,4	3,9	4,1
<i>De las cuales</i>						
1. Estados Unidos	16,0	-3,5	6,7	6,5	4,2	4,4
2. Eurozona	12,0	-6,6	4,7	4,8	4,3	4,6
3. Japón	4,0	-4,8	3,0	3,0	2,5	2,7
4. Reino Unido	2,3	-9,9	6,0	6,6	4,9	5,2
5. Canadá	1,4	-5,4	6,1	6,1	4,1	4,2
6. Otros	6,8	-4,1	4,9	4,9	3,2	3,4
Economías en desarrollo	57,5	-2,2	6,2	6,1	4,5	4,5
<i>De las cuales</i>						
1. China	18,6	2,3	8,7	8,5	5,7	5,6
2. India	6,7	-8,0	10,5	9,5	6,5	6,5
3. Rusia	3,1	-3,1	3,4	3,5	2,7	2,7
4. América Latina y el Caribe	7,3	-6,9	4,3	5,4	2,8	2,7
5. Otros	17,9	-4,0	4,9	4,9	4,5	4,5
Economía Mundial	100,0	-3,3	5,9	5,8	4,2	4,4

Nota: De forma periódica el presidente del banco de reserva del Perú (BCRP) Julio Velarde mediante la plataforma Zoom explica sobre el panorama macro y microeconómico, este informe corresponde al mes de septiembre del presente año. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP, 2021,

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

Evolución del PBI mundial, nacional y PBI sector pesca

(Banco Central de Reserva del Perú, 2021) Si bien Perú registró una fuerte contracción de la actividad en 2020 debido a las restricciones sanitarias, el PBI registró en el segundo trimestre uno de los niveles más cercanos a los previos a la pandemia entre los países de la muestra.

Figura 12*PBI real 2020-2021*

PBI real, 2020-2021
Variación % respecto al mismo periodo de 2019

	2020				2021	
	1T	2T	3T	4T	1T	2T
Alemania	-1,9	-11,3	-3,7	-2,9	-4,9	-3,0
Francia	-5,4	-18,6	-3,6	-4,3	-4,0	-3,4
Italia	-5,8	-18,2	-5,2	-6,5	-6,5	-4,0
España	-4,3	-21,6	-8,6	-8,9	-8,3	-6,1
Holanda	-0,2	-9,2	-2,6	-2,9	-2,6	-0,4
Reino Unido	-2,2	-21,4	-8,5	-7,3	-8,2	-4,0
Estados Unidos	0,6	-9,1	-2,9	-2,3	1,1	2,0
Argentina*	-5,2	-19,0	-10,1	-4,3	-2,8	-3,7
Brasil	-0,3	-10,9	-3,9	-1,1	0,7	0,1
Chile	0,2	-14,2	-9,0	0,0	0,7	1,3
Colombia	0,7	-15,8	-8,5	-3,6	1,8	-1,0
México	-1,3	-18,7	-8,7	-4,5	-4,9	-2,8
Perú	-3,9	-29,9	-8,8	-1,4	0,4	-0,6

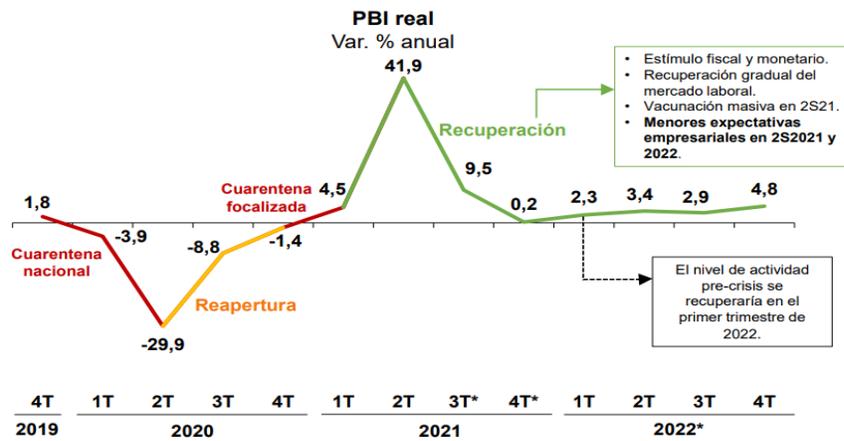
Nota: De forma periódica el presidente del banco de reserva del Perú (BCRP) Julio Velarde mediante la plataforma Zoom explica sobre el panorama macro y microeconómico, este informe corresponde al mes de septiembre del presente año. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP,2021,

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

(Banco Central de Reserva del Perú, 2021) En el primer semestre el PBI creció más de lo esperado (20,9 por ciento). Se espera una moderación del dinamismo de la economía durante el segundo semestre (4,6 por ciento interanual), explicado por un menor efecto estadístico y por un deterioro de la confianza empresarial.

Figura 13

PBI real, Perú



Nota: De forma periódica el presidente del banco de reserva del Perú (BCRP) Julio Velarde mediante la plataforma Zoom explica sobre el panorama macro y microeconómico, este informe corresponde al mes de septiembre del presente año. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP, 2021,

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

(Banco Central de Reserva del Perú, 2021) El crecimiento de 2021 estaría sustentado en el dinamismo de la demanda interna tras la flexibilización de las medidas sanitarias y la recuperación de la demanda externa. En 2022, la tasa de crecimiento se ubicaría en 4,5 por ciento.

Figura 14

Demanda Interna y PBI

DEMANDA INTERNA Y PBI (Variaciones porcentuales reales)								
	2020	2021*			2022*		Crecimiento promedio 2020-2022	
		I Trim. respecto a		RI Mar.21	RI Jun.21	RI Mar.21		RI Jun.21
		I Trim. 20	I Trim. 19					
Demanda interna	-9,7	5,2	3,0	9,6	10,3	4,6	4,0	1,2
Consumo privado	-8,7	2,0	0,2	8,5	8,5	4,8	4,8	1,3
Consumo público	7,4	9,4	16,5	3,5	7,0	3,0	1,0	5,1
Inversión privada	-16,6	36,9	16,8	15,5	15,5	4,5	2,5	-0,4
Inversión pública	-15,5	24,0	42,7	15,0	19,0	4,5	4,5	1,7
Var. de inventarios (contribución)	-0,9	-4,0	-3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3
Exportaciones	-20,1	-2,1	-12,5	13,9	13,5	6,5	6,4	-1,2
Importaciones	-15,7	3,2	-2,8	9,2	11,8	7,3	4,4	-0,5
Producto Bruto Interno	-11,1	3,8	0,1	10,7	10,7	4,5	4,5	1,0

Nota: El escenario de proyección asume un ambiente de estabilidad macroeconómica y políticas que favorezcan la inversión y la creación de empleo productivo. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP, 2021, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

(Banco Central de Reserva del Perú, 2021) Se mantiene la proyección previa de un crecimiento de 10,7 por ciento para 2021. Esto se debe a que el resultado mayor al esperado en el primer trimestre sería contrarrestado por el debilitamiento de las expectativas de los agentes económicos tras el desarrollo del proceso electoral. A lo referente al sector manufactura en el 2022 se espera un crecimiento del 2.0.

Figura 15

PBI por sectores económicos

PBI POR SECTORES ECONÓMICOS (Variaciones porcentuales reales)								
	2020	2021*				2022*		Crecimiento promedio 2020-2022
		I Trim. respecto a		RI Mar.21	RI Jun.21	RI Mar.21	RI Jun.21	
		I Trim. 20	I Trim. 19					
PBI primario	-7,9	2,7	-0,5	7,4	7,4	5,7	5,7	1,5
<i>del cual:</i>								
Minería metálica	-13,9	3,0	-4,0	11,0	11,4	6,9	6,9	0,9
PBI no primario	-12,0	4,1	0,3	11,7	11,7	4,2	4,2	0,8
Manufactura	-16,7	15,9	1,9	18,1	18,1	2,0	2,0	0,1
Electricidad y agua	-6,1	2,7	0,8	7,5	7,5	2,3	2,3	1,1
Construcción	-13,9	41,5	24,5	17,4	17,4	3,8	3,0	1,3
Comercio	-16,0	-0,5	-7,6	18,0	18,0	3,3	3,3	0,8
Servicios	-10,3	-0,2	-0,9	8,9	8,9	4,8	4,9	0,8
Producto Bruto Interno	-11,1	3,8	0,1	10,7	10,7	4,5	4,5	1,0

Nota: La recuperación económica se realizaría en un contexto de vacunación masiva en la segunda mitad de 2021. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP, 2021, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reportede-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

(Ministerio de la Producción, 2021) En julio de 2021, la producción manufacturera creció en 6.7% con respecto a julio de 2020. Por octavo mes consecutivo registra un resultado positivo, impulsado por el alza de las exportaciones industriales (+34.8%) y el buen desempeño de las actividades vinculadas al sector construcción como cemento que creció en 30.6%.

La manufactura primaria registró una contracción de (-17.8%), debido a la baja producción de la industria de productos pesqueros (-49.5%), elaboración de azúcar (-7.3%), metales preciosos y no ferrosos (-7.9%) por la menor disponibilidad de materia prima. En contraste, se observa un incremento en la industria de productos cárnicos (+2.4%) y refinación de petróleo (+6.3%).

Por su parte, la manufactura no primaria experimentó un importante incremento de (+16.7%), explicado por el aumento de las exportaciones manufactureras (34.8%) y la recuperación de la demanda interna. Asimismo, por un efecto estadístico, ya que las industrias autorizadas mediante D.S. N° 101-2020-PCM (Fase 2) * reiniciaron actividad

con una menor capacidad utilizada. Todos los rubros de este subsector crecieron en julio 2021: bienes de consumo (+7.6%), bienes intermedios (+26.2%), bienes de capital (+46.5%) y servicios relacionados a la industria (+31.9%).

Región Piura

(BCRP, 2021) En abril 2021, la manufactura de Piura creció en 231,5 por ciento interanual, principalmente por la mayor producción de derivados pesqueros (607,5 por ciento) y de petróleo (61,7 por ciento). En el primer caso, por el incremento de la disponibilidad de pota en Paita.

En abril, los despachos de cemento crecieron en 63,8 mil toneladas respecto a abril 2020, en un contexto de paralización del sector a mediados de marzo 2020 por la pandemia COVID-19, que implicaron despachos nulos en abril 2020. En enero-abril de 2021, este indicador se expandió en 111,6 por ciento respecto a similar periodo del año previo.

En abril, la inversión pública fue S/ 223,8 millones, mayor en 197,5 por ciento interanual, en términos reales, por el mayor devengado en los tres niveles de gobierno en obras de instalaciones educativas (S/ 33,6 millones más) y de infraestructura vial (S/ 33,2 millones más).

Figura 16

Indicadores de Actividad Económica, Piura

CUADRO N° 1
PIURA: VARIACIÓN INTERANUAL DE OTROS INDICADORES DE ACTIVIDAD ECONÓMICA

	Ago.20	Set.20	Oct.20	Nov.20	Dic.20	Ene.21	Feb.21	Mar.21	Abr.21
Producción industrial 1/	↑ 0,6	↑ 27,4	↑ 22,6	↑ 15,7	↑ 15,8	↑ 30,2	↑ 86,7	↑ 124,3	↑ 231,5
Despachos de cemento 1/	↑ 3,0	↑ 20,6	↑ 37,5	↑ 39,1	↑ 37,1	↑ 31,7	↑ 33,0	↑ 250,2	n.d.
Crédito 2/	↑ 11,0	↑ 11,7	↑ 12,1	↑ 11,9	↑ 10,8	↑ 11,9	↑ 11,1	↑ 11,6	↑ 13,6
Depósito 2/	↑ 23,7	↑ 26,9	↑ 26,4	↑ 24,3	↑ 30,4	↑ 27,3	↑ 29,2	↑ 28,1	↑ 20,1
Inversión pública 1/	↑ 1,8	↑ 17,1	↑ 32,6	↑ 44,0	↑ 55,9	↑ 30,0	↓ -37,2	↑ 65,8	↑ 197,5

Nota: Cada mes la Cámara de Comercio y Producción de Piura, pone a su disposición el último informe Piura: Síntesis de Actividad Económica, remitido y elaborado por el Departamento de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva del Perú-Sucursal Piura, esta información corresponde al mes de abril del presente año. Tomada de Síntesis de Actividad Económica de Piura abril 2021 [Gráfico], Cámara de comercio y producción de Piura, 2021, <http://www.camcopiura.org.pe/template/bcr.php>

Sector Pesca

(BCRP, 2021) En abril 2021, la actividad pesquera se expandió en 393,8 por ciento respecto a similar mes del año anterior, por el mayor desembarque de especies para congelados (36,7 mil toneladas más), en un contexto de mayor disponibilidad de pota en Paita.

En enero-abril de 2021, la producción pesquera aumentó en 263,1 por ciento interanual, por la mayor pesca para consumo humano directo (259,7 por ciento) e indirecto (17,9 toneladas más).

En el primer caso, se registró un mayor desembarque de especies para congelados (370,8 por ciento), por la mayor disponibilidad de pota en Paita. Mientras que, en el rubro de consumo humano indirecto, se incrementó el desembarque de anchoveta por la segunda temporada de captura de esta especie en la zona norte del país.

Figura 17

Sector Pesca, Piura

CUADRO N° 4
PIURA: SECTOR PESCA 1/
(En toneladas)

	Abril			Enero - Abril		
	2020	2021	Var %	2020	2021	Var %
Consumo Humano Directo			387,3			259,7
Congelado	4 802	41 509	764,4	40 961	192 852	370,8
Enlatado	2 440	2 505	2,6	8 411	9 609	14,2
Consumo Humano Indirecto			n.d.			3 753,9
Harina	0	5 206	n.d.	476	18 327	3 753,9
TOTAL			393,8			263,1

Nota: Cada mes la Cámara de Comercio y Producción de Piura, pone a su disposición el último informe Piura: Síntesis de Actividad Económica, remitido y elaborado por el Departamento de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva del Perú-Sucursal Piura, esta información corresponde al mes de abril del presente año. Tomada de Síntesis de Actividad Económica de Piura abril 2021[Gráfico], Cámara de comercio y producción de Piura,2021, <http://www.camcopiura.org.pe/template/bcr.php>

(BCRP, 2021) En abril 2021, la inversión pública fue S/ 223,8 millones, mayor en 197,5 por ciento interanual, en términos reales, por el mayor devengado en los tres niveles de gobierno en obras de instalaciones educativas (S/ 33,6 millones más) y de infraestructura vial (S/ 33,2 millones más).

En enero-abril de 2021, la inversión pública en Piura alcanzó los S/ 753,6 millones, mayor en 37,6 por ciento interanual, en términos reales, principalmente por la mayor inversión en instalaciones educativas de Gobiernos Locales (S/ 66,2 millones más) y Nacional (S/ 53,7 millones más).

Figura 18

Piura: Inversión Pública

CUADRO N° 10
PIURA: INVERSIÓN PÚBLICA 1/
(Millones de soles)

	ABRIL			ENERO - ABRIL		
	2020	2021	Var.% real	2020	2021	Var.% real
Gobierno Nacional	35	94	165,0	200	308	49,6
Gobierno Regional	10	41	296,9	129	139	4,5
Gobiernos Locales	29	88	201,3	204	307	46,9
Inversión Pública	73	224	197,5	533	754	37,6

Nota: Cada mes la Cámara de Comercio y Producción de Piura, pone a su disposición el último informe Piura: Síntesis de Actividad Económica, remitido y elaborado por el Departamento de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva del Perú-Sucursal Piura, esta información corresponde al mes de abril del presente año. Tomada de Síntesis de Actividad Económica de Piura abril 2021 [Gráfico], Cámara de comercio y producción de Piura, 2021, <http://www.camcopiura.org.pe/template/bcr.php>

Riesgo país

(Diario Gestión, 2021) El riesgo país de Perú cerró la sesión de hoy en 1.48 puntos porcentuales, ajustado después del cierre, subiendo ocho puntos básicos respecto a la sesión anterior, según el EMBI+ Perú calculado por el banco de inversión JP Morgan.

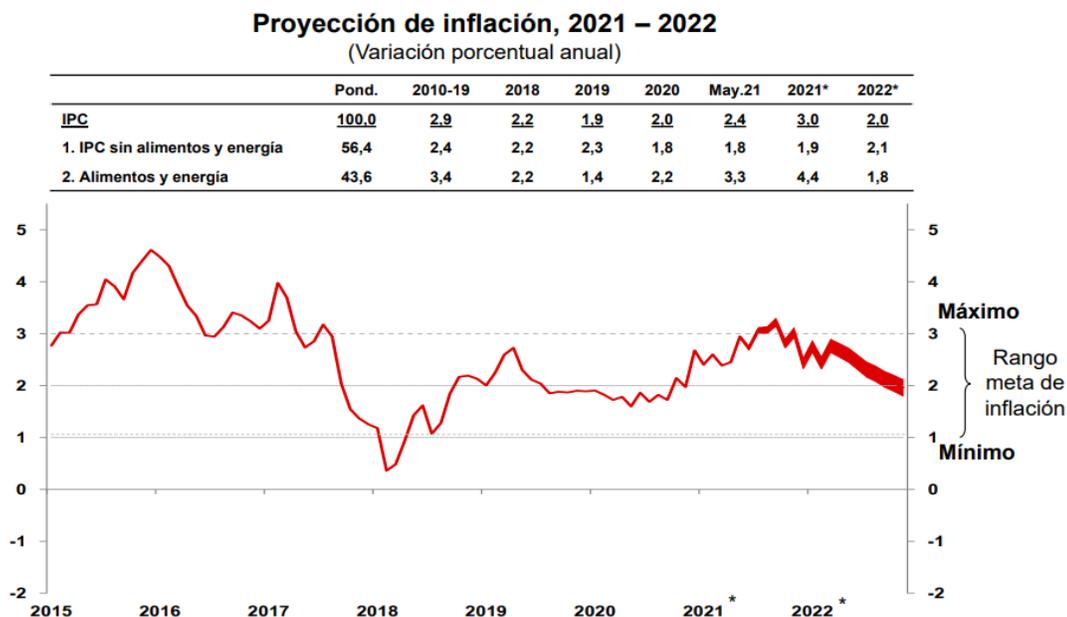
Perú (1.48 puntos porcentuales) reportó el riesgo país más bajo de la región, seguido de México (2.18 puntos) y Colombia (3.06 puntos).

Inflación

(Banco Central de Reserva del Perú, 2021) Para 2021 se proyecta que la inflación se ubique en 3,0 por ciento por efectos transitorios de oferta (aumento de precios de combustibles, algunos alimentos y tipo de cambio) y se mantendría en el rango meta durante 2022 con el cierre progresivo de la brecha del producto.

Figura 19

Proyección de la Inflación, 2021-2022



Nota: De forma periódica el presidente del banco de reserva del Perú (BCRP) Julio Velarde mediante la plataforma Zoom explica sobre el panorama macro y microeconómico, este informe corresponde al mes de septiembre del presente año. Tomada de Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP,2021,

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>

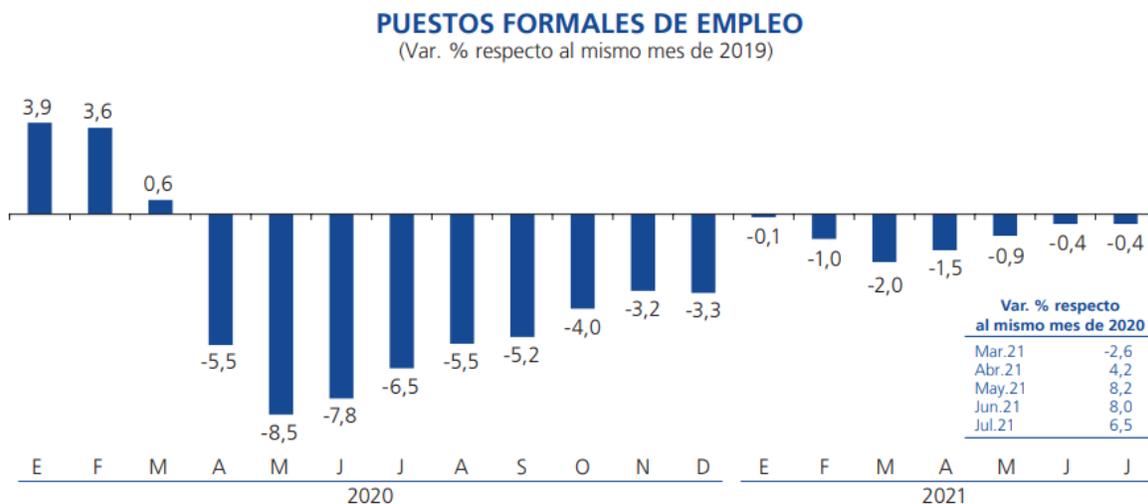
4.1.3. Factores sociales, culturales y demográficas (S)

Empleo Formal

(BCRP, 2021) Los puestos formales de empleo continuaron recuperándose a medida que se han suavizado las medidas de contención sanitarias para enfrentar la pandemia. En julio se contrajeron a una tasa de 0,4 por ciento respecto al mismo mes de 2019, reducción menor a la registrada en marzo.

Figura 20

Puestos formales de empleo



Nota: Esta información la podemos encontrar en la página de la SUNAT y Planilla electrónica, se encuentra actualizada a Julio del presente año. Tomada de Reporte de inflación, Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP, 2021, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021.pdf>

(BCRP, 2021) En julio, 320 mil empresas del sector privado reportaron información de empleo, con lo cual el número de empresas creció 2,0 por ciento respecto al mismo mes de 2019 (5,1 por ciento interanual). Los mayores incrementos del número de empresas se registraron en los sectores comercio y construcción.

Figura 21

Empresas del sector privado que reportan empleo formal



Nota: Esta información la podemos encontrar en la página de la SUNAT y Planilla electrónica, se encuentra actualizada a Julio del presente año. Tomada de Reporte de inflación, Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022 [Gráfico], BCRP,2021, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reportes-de-inflacion-setiembre-2021.pdf>

4.1.4. Factores tecnológicos y científicos (T)

(Unidas, 2021) La globalización y el cambio tecnológico se han identificado como factores determinantes de las desigualdades de ingresos dentro de los países. Sin embargo, al mismo tiempo, estos impulsos han contribuido a reducir la pobreza en los países de bajos ingresos; no solo en los países de desarrollo más grandes y rápidos, como China e India, sino también en muchos otros, como los africanos, como lo demuestra el impacto de los teléfonos inteligentes.

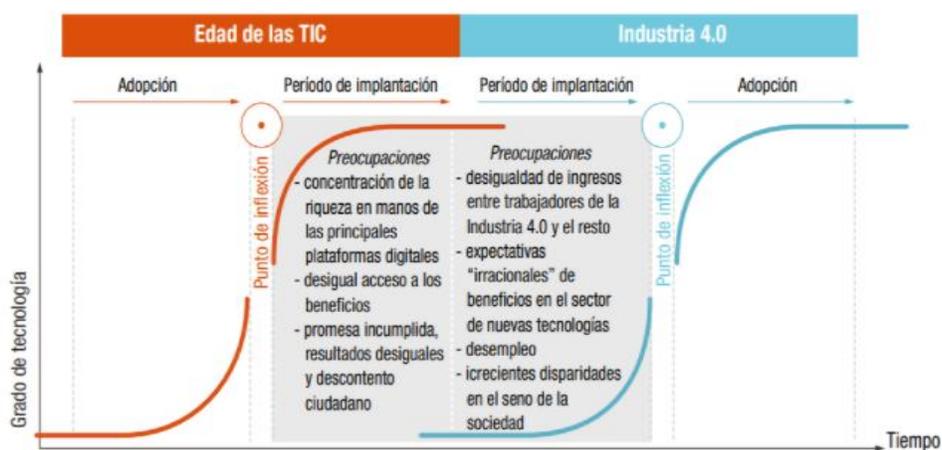
Los cambios tecnológicos se combinan con el capital financiero para crear nuevos paradigmas tecno económicos, esto es, la red de tecnologías, productos, industrias, infraestructuras e instituciones que caracterizan a una revolución tecnológica. En los países que se encuentran en el centro de estas nuevas olas tecnológicas, se puede esperar que esta revolución se manifieste en dos fases:

- La primera es la fase de instalación como tecnología adoptada por los principales sectores; lo que amplía las diferencias entre los trabajadores de estos sectores y otros.
- En segundo lugar, está la fase de implantación, que también suele ser desigual; no todo el mundo tiene acceso inmediato a los beneficios del avance, como tratamientos que salvan vidas o el acceso a agua potable. El resultado es un aumento de las divisiones, lo que puede generar insatisfacción pública.

Actualmente, el mundo está entrenando en el final de la fase de implementación de la “Era de las TIC” y está entrando en la fase de instalación de un nuevo paradigma que incluye tecnologías de **vanguardia, una revolución a la que a veces se hace referencia como la** cuarta revolución industrial o Industria 4.0. La **introducción** de las TIC supuso una enorme concentración de riqueza en manos de las principales plataformas digitales. ¿Qué **impacto** tendrá la cuarta revolución industrial en la desigualdad entre países? Dependerá en **gran medida** de si el país está **convergiendo**, avanzando o, por el contrario, **saliendo del apuro**, lo que a su vez dependerá de sus políticas nacionales y de su participación en el comercio internacional.

Figura 22

Revoluciones Tecnológicas y Desigualdades



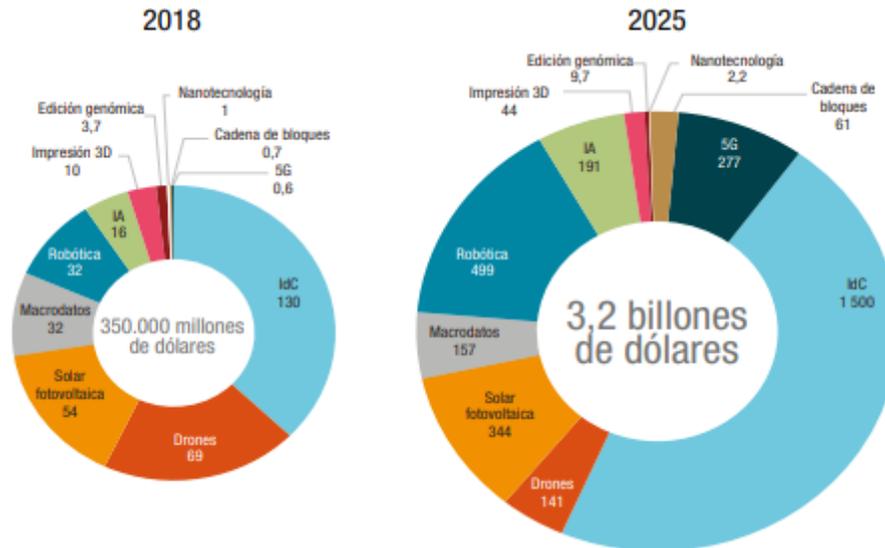
Nota: Esta información la podemos encontrar en el informe sobre tecnología e información 2021. Tomada de UNCTAD, https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020overview_es.pdf

Avanzar con determinación por las fronteras digitales

Las “tecnologías de frontera” son un grupo de tecnologías emergentes que aprovechan la digitalización y la conectividad, lo que permite combinarlas para multiplicar sus impactos, incluidas 11 de estas tecnologías: inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (IdC), big data, la blockchain, la telefonía de quinta generación (5G), la impresión tridimensional (3D), la robótica, los drones, la edición genoma, la nanotecnología y la energía solar fotovoltaica. Esas tecnologías se pueden utilizar para aumentar la productividad y mejorar los medios de vida. Por ejemplo, la IA en combinación con la robótica puede cambiar los procesos comerciales y de producción. La impresión 3D permite una producción en pequeñas series más rápida y económica, así como la creación de prototipos rápida e iterativa de nuevos productos. Como grupo, estas 11 tecnologías ya representan un mercado de \$ 350 mil millones, un mercado que podría crecer a más de \$ 3.2 billones para 2025.

Figura 23

Estimaciones del tamaño del mercado de las tecnologías de frontera



Nota: Esta información la podemos encontrar en el informe sobre tecnología e información 2021. Tomada de UNTAD, a partir de estimaciones de datos a partir de Froese

https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020overview_es.pdf

Las empresas financieras han utilizado estas tecnologías, por ejemplo, para tomar decisiones crediticias y para la gestión de riesgos, la prevención del fraude, la negociación de valores, la banca personalizada y la automatización de procesos. El sector manufacturero los ha utilizado para el mantenimiento predictivo, el control de calidad y trabajo humano-robot.

Retos para los países en desarrollo

Los países en desarrollo se enfrentan a tres desafíos principales para promover el acceso **equitativo** a los beneficios de las tecnologías de **vanguardia**:

- **Pobreza económica.** Muchas personas de los países en desarrollo no pueden pagar nuevos bienes o servicios, especialmente en las zonas rurales. En este caso, las barreras no son tecnológicas, sino económicas y sociales.
- **Brecha digital.** Muchas tecnologías de Frontier necesitan urgentemente conexiones a Internet estables y de alta velocidad, pero casi la mitad de la población mundial todavía no tiene conexión a Internet, muchos países en desarrollo no tienen la infraestructura digital adecuada y el costo de una conexión a Internet es prohibitivo para la mayoría de los residentes.
- **Escasez de habilidades.** En los países en desarrollo, los conocimientos básicos y las habilidades normales son, en promedio, entre 10 y 20 puntos porcentuales más bajos que en los países desarrollados. Muchas tecnologías de vanguardia requieren al menos habilidades de alfabetización y matemáticas. Otras tecnologías requieren habilidades digitales, como la capacidad de comprender los medios digitales, encontrar información y utilizar estas herramientas para comunicarse con otras personas

Alternativas tecnológicas para tratamiento de aguas residuales

(Jazmín, 2019) El tipo de tecnología de una planta de tratamiento de aguas residuales depende de la calidad de las aguas residuales que se necesitan para ser vertidas a un cuerpo natural o reutilizadas sin dañar la salud de las personas y cumpliendo con la normativa ambiental.

a) Tecnologías para tratamientos anaeróbicos

Entre los procesos anaeróbicos avanzados se encuentra el reactor UASB (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket) o RAFA (Up Flow Anaerobic Reactor), que se convierte en una tecnología de tratamiento en la que el agua fluye a través de una capa de lodos a un bajo ritmo de subida. Destacando así la digestión anaeróbica como un proceso biológico y natural que consiste en la descomposición microbiana de materia orgánica en ausencia de oxígeno, mediante una serie de reacciones bioquímicas, produciendo una mezcla de gases denominada biogás y una suspensión acuosa que contiene muy complejos para descomponerse.

- **Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)**

Los Reactores Anaeróbicos (RAFA), también conocidos como UASB (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket), se caracterizan por realizar clarificación primaria, reactor biológico y digestión anaeróbica de fangos en una sola unidad.

b) Tecnologías para tratamientos aeróbicos

Los microorganismos aeróbicos necesitan oxígeno para respirar. Además del sustrato, los compuestos nitrogenados como el amonio y los nitratos generalmente deben eliminarse de las aguas residuales.

- **Lagunas de estabilización.** En los estanques de estabilización, la materia orgánica se elimina mediante procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos. Dependiendo del proceso predominante, las lagunas son aeróbicas (maduración o pulido), anaeróbicas o facultativas
- **Lodos activados.** El proceso de lodos activados es un proceso aeróbico con crecimiento en suspensión. Este proceso está equipado con un sistema de recirculación y eliminación de lodos. El ambiente aeróbico en el reactor se obtiene mediante el uso de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido en un estado completamente mezclado. Para que el proceso de lodos activados funcione correctamente, los sólidos volátiles suspendidos en el tanque de aireación presentes en el efluente del reactor deben separarse inmediatamente en el sedimentador secundario.

4.1.5. Factores ecológicos y ambientales (E)

(Ministerio de Agricultura, 2005) El Perú promueve la reforestación ya que la considera un eje primordial en el desarrollo sostenible para una recuperación de ecosistemas y obtener mejoras ambientales es por ello que cuenta desde el 2002 con un plan Nacional de reforestación (PNR).

El propósito central al cual contribuye el PNR, es el desarrollo rural, entendido como el bienestar de los pobladores del campo y desde allí la contribución a la comunidad nacional. Este desarrollo se contempla desde una perspectiva de desarrollo integral, que implique la armonía entre la población y sus actividades para con el ambiente. Son también conceptos primordiales la integralidad, la equidad y la visión del territorio visto como un todo y no como una suma de partes, donde los logros y beneficios se comparten en función del esfuerzo y los compromisos. Estos son los principios más relevantes en los que se sustenta el PNR.

La forestación y la reforestación son acciones forestales fundamentales que contribuyen a hacer realidad estos conceptos. El Decreto Supremo N° 003-2005-AG, en cierta medida unifica estos conceptos, al señalar que la reforestación es el repoblamiento o establecimiento de especies arbóreas o arbustivas, nativas o exóticas, con fines de producción, protección o provisión de servicios ambientales, sobre superficies forestales y de protección, que pueden o no haber tenido cobertura forestal.

En consecuencia, reforestar es una acción que permite establecer o recuperar la cobertura vegetal en un área determinada, y como toda acción puede ser, en sí misma, un fin y un medio. Es un fin cuando el área reforestada se constituye en un bosque, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de los seres que la habitan. Es un medio, cuando a través de ella se promueve la creatividad, la participación ciudadana, el trabajo en equipo, la educación, los valores y el respeto a la naturaleza, además de la recuperación, intercambio y difusión del saber y experiencias. También es un medio cuando se promueve el empleo y cuando se convierte en el recurso para ingresar al mercado, aportando al desarrollo económico de la nación.

(Minam, 2009) Los cambios climáticos como inundaciones, sequías, heladas y lluvias más intensas y extensas, que amenazan nuestra seguridad y la seguridad del planeta, están aumentando cada vez con mayor frecuencia. Lo mismo ocurre con la propagación de enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla y otras que se derivan de la ola de calor.

No hay duda de que la industrialización y el consumismo impulsan la quema excesiva de hidrocarburos (refinerías de petróleo, minas de carbón, vertederos); así como la deforestación de la selva y los bosques.

(Pimentel, 2017) La falta de plantas de tratamiento de aguas residuales en las ciudades y en la industria, los hoteles y la minería, la agricultura y la ganadería provoca un gran desperdicio de agua contaminada, lo que ocasiona mucho daño al medio ambiente. La mayor parte de esta agua se descarga a través de las denominadas fosas sépticas y vertederos en ríos, lagos, mares, terrenos abiertos o subterráneos.

En las últimas décadas, el mundo ha mostrado preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la eliminación de efluentes líquidos del uso doméstico, comercial e industrial del suministro de agua.

Las aguas residuales vertidas en un arroyo superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento generan serios problemas de contaminación que afectan a la flora y fauna. Estas aguas residuales, antes de su vertido en las masas receptoras, deben someterse a un tratamiento adecuado capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas para evitar que su disposición provoque los problemas antes mencionados. El grado de tratamiento requerido en todo caso para las aguas residuales debe responder a las condiciones de los receptores en los que tuvo lugar su vertido.

(Ambiente I. S., Tratamiento, Depuración de Aguas y la Generación de Lodos, 2013) Los lodos son residuos líquidos que, mediante un adecuado tratamiento, drenaje, pueden ser considerados residuos sólidos, de aplicación por la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.

Tradicionalmente, se consideran tres tipos de usos de los lodos de depuradora: aplicación al suelo para el reciclaje de nutrientes y materia orgánica, recuperación de

energía y vertedero. La tendencia en la eliminación de estos residuos es hacia el reciclaje en comparación con otros destinos, por lo que la mejora agrícola como complemento o fertilizante se ha intensificado especialmente en los últimos años. Sin embargo, este tipo de "residuos" pueden presentar serios problemas por contaminación del suelo, acuíferos, etc., si no se tratan adecuadamente.

4.1.6. Factores Legales (L)

(Ambiental, 2016) Con Fecha 23-12-2016, en Perú se aprobó el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la misma que establece la derogatoria de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos, a partir de la entrada en vigencia de su Reglamento.

La Ley General de Residuos es el esfuerzo conjunto de diversas instituciones del sector público y privado para dotar al país de la base normativa que le permita organizar la disposición de los residuos sólidos, tanto por los importantes riesgos asociados a su inadecuado manejo para el medio ambiente y la salud humana. así como las oportunidades de producción y empleo asociadas.

Actualmente en Perú no existen normativas con respecto a los límites máximos permisibles para los lodos industriales.

(García, 2016) En México se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004 SEMANART-2002 para lodos y biosólidos, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su uso y disposición final.

La reutilización o revalorización del agua y / o contaminantes como los lodos generados puede en todo caso obtenerse reciclando el agua, metales u otros materiales residuales generados en los procesos productivos; Lo que no se puede reevaluar debe eliminarse finalmente de forma segura y respetuosa con el medio ambiente.

Dependiendo de los diferentes procesos, se pueden presentar las siguientes alternativas generales:

- a) Lodos peligrosos por presencia de contaminantes tóxicos según lo establecido en México por la norma NOM- 052-ECOL-1993.
- b) Lodos no peligrosos, ya que las concentraciones de sus constituyentes son inferiores a las especificaciones por la NOM- 052-ECOL-1993 o por la NOM-004- SEMARNAT-2002 en las que definen la clasificación de los biosólidos como excelentes o buenos en función de su contenido de metales pesados.

Figura 24

Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

<i>Contaminante (determinados en forma total)</i>	<i>Excelentes mg/kg en base seca</i>	<i>Buenos mg/kg en base seca</i>
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Nota: Esta información la podemos encontrar en NOM-004-SEMARNAT-2002

<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf>

4.1.7. Resultados de las Variables externas según PESTEL

Según el análisis realizado, en la tabla 6, se muestra las variables del macroentorno que tendría más impacto como oportunidad o amenaza como estrategia competitiva.

Tabla 6

Variables Estratégicas según PESTEL

Variables Externas		
OPORTUNIDADES		FUENTE
1	Mantenimiento constante de la red vial nacional durante el 2022, para lo cual se ha incrementado el presupuesto en 7% llegando a un total de 12.432 millones de soles.	PESTEL
2	Crecimiento del PBI del sector Manufactura de 2.0 en 2022.	PESTEL
3	Crecimiento del crédito al sector privado de 5.6% en 2021 y 2022.	PESTEL
4	Presupuesto público para el 2022 crece 7,6% y supera los S/.197,000 millones.	PESTEL
5	La tasa de interés bancaria se mantiene por debajo del 1.5%.	PESTEL
6	Apoyo del estado peruano en programas de reforestación y forestación	PESTEL
AMENAZAS		
1	Aumento consecutivo de los fletes de contenedores en 2.1%.	PESTEL
2	Incremento de la delincuencia en un 39,6 % y corrupción 60,1%.	PESTEL

Nota: Análisis del estudio según PESTEL. Elaboración Propia

Segunda etapa: Se utilizará un modelo estratégico llamado las 5 Fuerzas de Porter, su finalidad es evaluar el valor y la proyección futura de empresas o unidades de negocio que operan en un determinado sector, en este caso el sector pesquero, estas cinco fuerzas son: poder de negociación de los proveedores, poder de negociación de los clientes, amenaza de nuevos competidores entrantes, amenaza de nuevos productos sustitutivos y rivalidad entre competidores. En su libro (Porter, 2017) nos habla sobre como ser competitivos empresarialmente, nos dice que el objetivo del análisis sectorial no es determinar si una industria es atractiva o no, sino comprender los mecanismos internos de la competitividad y las raíces de la rentabilidad, este análisis complementará a la información recolectada en la primera etapa y a la

construcción del FODA, seguidamente haremos un FODA cruzado con el fin de obtener estrategias de crecimiento y estabilidad (**FO**), estrategias de defensa (**FA**), estrategias de refuerzo (**DO**) y finalmente las estrategias de supervivencia (**DA**), seguidamente con el objetivo de priorizar estrategias se elaborará una ponderación de estas y obtendremos la estrategia con mayor ponderación para tomar decisiones sobre ella.

4.1.8. Fuerza competitiva: Poder de Negociación de los Proveedores

PRODUMAR es una compañía que forma parte de El Grupo Profand, especializada en producción, procesamiento y ventas de productos hidrobiológicos de alta calidad, certificados bajo los más exigentes estándares internacionales, está ubicada en la provincia de Paíta, departamento de Piura, su cartera de clientes se basa principalmente en abastecer a cadenas de supermercados en países como: España, Estados Unidos, Canadá, Japón, Brasil, entre los de más demanda, debido a lo anterior mencionado requiere de materiales e insumos, mantenimiento y repuestos mecánicos, máquinas, demanda de personal (Calificado y No Calificado), servicios de transporte y servicios financieros.

Respecto a los materiales e insumos existe la suficiente disponibilidad y variedad de precios, marcas, calidad y cantidad de materiales para satisfacer la demanda interna del sector pesquero. Además, los precios de materiales entre proveedores locales se encuentran prácticamente estandarizados.

Existe una estrecha relación entre la empresa y el proveedor, viéndose beneficiados ambos ya que la empresa consigue facilidades de pago en la adquisición de materiales e insumos y el proveedor garantiza una mayor rotación de su stock.

En cuanto a la mano de obra calificada, la empresa cuenta con personal altamente calificado y de amplia experiencia reclutada a través de procesos de selección especializados.

En cuanto al servicio financiero, la diversidad de instituciones bancarias como Scotiabank, Banco Financiero, Banco Continental, Banco de Crédito, Banco Interbank

proveen el servicio diferenciándolo de la banca convencional y segmentándolo como preferente por el importe y diversidad de su demanda financiera.

Según la Tabla 7 se puede apreciar que el poder de negociación de la empresa PRODUMAR con sus proveedores es alta, en la cual se tuvo una puntuación de 3.7, es decir, se tiene buena capacidad de negociación con los proveedores de pota, langostino, concha de abanico, etc., así como proveedores de equipo, materiales y maquinaria para la ejecución de su proceso.

Tabla 7

Poder de Negociación de Proveedores

Poder de Negociación de Proveedores						
Condiciones	1 2 3 4 5					Puntuación
	Poco Atractivo					n
-Número de proveedores importantes.			X			3
-Número de sustitutos satisfactorios.				X		4
-Costo de pedir mejora de productos a proveedores.				X		4
Evaluación Global						3.7

Nota: Elaboración propia

4.1.9. Fuerza competitiva: Poder de Negociación de los Clientes

Los resultados de esta fuerza competitiva arrojan un nivel bajo de negociación tal como se puede apreciar en la puntuación de la siguiente tabla, es decir, la empresa todavía no tiene un capital intelectual acumulado relevante en términos de imagen y marca con referencia a las top pesqueras de la región Piura.

Tabla 8

Poder de Negociación de los Clientes

Poder de Negociación de los Clientes						
Condiciones	1	2	3	4	5	Puntuación

-Participación de la compra en la industria.		X		2
-Condicionamiento por parte de los clientes.	Poco Atractivo	X	Muy Atractivo	2
-Posicionamiento de marca.		X		2
Evaluación Global				2.0

Nota: Elaboración propia

4.1.10. Fuerza competitiva: Amenaza de nuevos competidores

Los resultados de esta fuerza competitiva se pueden apreciar en la siguiente tabla, donde las barreras de ingreso son altas, es decir, las empresas asociadas tienen dificultad en ingresar a este negocio de producción, procesamiento y ventas de productos hidrobiológicos en mercados extranjeros que es el corazón del negocio de una empresa pesquera. Cabe recalcar que si se desarrolla un análisis más exhaustivo el panorama puede cambiar.

Tabla 9

Amenaza de Nuevos Competidores

Amenaza de nuevos competidores							
Condiciones		1	2	3	4	5	Puntuación
-Economías de escala en el sector.				X			3
-Requisitos de capital para ingresar a la industria.	Nivel de Barrera				X		4
-Costo de los clientes por cambiar de proveedor.				X			3
-Costos, independientes de la escala.				X			3
Evaluación Global							3.25

Nota: Elaboración Propia

4.1.11. Fuerza competitiva: Amenaza de productos Sustitutos

El producto elaborado por el sector pesquero de la región Piura tiene sustitutos según el consumo final del producto.

Consumo Humano Indirecto (Harina de Pescado) Es bien conocido que la materia prima para la elaboración de alimentos balanceados es la harina de pescado gracias a su alto contenido proteico, los sustitutos de esta materia prima podrían ser las proteínas de origen animal como los hidrolizados de mucosa intestinal; sin embargo, el costo de producción que tendría sería superior al de la harina de pescado.

Consumo Humano Directo (Congelados), Los sustitutos de estos productos alimenticios podrían ser los mariscos en otros formatos, como son congelados o frescos; o también podrían ser las conservas como las de pollo, menestras o hasta los vegetales

Esta fuerza competitiva podemos considerarla importante para el negocio en la cual se encuentra trabajando la empresa pesquera que de acuerdo a la puntuación de la tabla siguiente su efecto es negativo respecto a su rentabilidad.

Tabla 10

Amenaza de Productos Sustitutos

Amenaza de productos sustitutos							
Condiciones		1	2	3	4	5	Puntuación
-Grado de diferenciación valorado por el cliente.	Poco Atractivo			X			Muy Atractivo 3
-Número de productos sustitutos satisfactorio.					X		4
-Costo de cambiar producto.				X			3
Evaluación Global							3.33

Nota: Elaboración Propia

4.1.12. Fuerza competitiva: Rivalidad entre Competidores

En la quinta fuerza competitiva se puede apreciar según la tabla una puntuación de 2.6, esto califica al sector pesquero como poco atractivo, es decir, teniendo un número elevado e igual de competidores, crecimiento de la industria alto, una tendencia alta a

participar en la industria y un nivel de diferenciación baja implica que el margen de rentabilidad de la pesquera tiende a disminuir.

Tabla 11

Rivalidad Entre Competidores

Rivalidad entre competidores							
Condiciones		1	2	3	4	5	Puntuación
Número de competidores iguales		X					1
Crecimiento de la Industria	Poco Atractivo					X	5
Barreras para salir		X					1
Diferenciación del producto			X				2
Tendencia a participar de la industria						X	4
Evaluación Global							

Nota: Elaboración Propia

4.1.13. Matriz FODA

Tabla 12

Matriz FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidad de línea de carrera estructurada para el crecimiento de sus funcionarios y empleados. -Se cuenta con área de medio ambiente y con el servicio de una EO-RS autorizada. - Capacidad de Gerencia y poder de Liderazgo. - Buena calidad del producto. - Precios adecuados según la política. - Cartera de proveedores confiables. -Presupuesto asignado para cada área. -Capital de Trabajo. - Políticas de tercerización. - Disponibilidad de mano de obra. -Personal capacitado y con experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> -No cuentan con un planeamiento formal de acuerdo a la política Empresarial. -Ausencia de comunicación oportuna entre las áreas de la empresa. -Mala distribución de sus ventas. -Escasa eficacia de las políticas y procedimientos. -Poca estabilidad de costos. -Bajo clima laboral y cultura organizacional. - Poco control de rotación, ausentismo y puntualidad. -No existe Política de incentivos. -Poca capacidad de innovación. -Generación de lodos con potencial contaminación.
OPORTUNIDAD	AMENAZAS

-El PBI para el sector Manufactura se espera que para el 2022 tenga un crecimiento de 2.0.
-En el impacto de las (Tics), el Perú se mantiene en el puesto 90.

-Alza de precio de fertilizantes.
-Crecimiento del crédito al sector privado de 5.6% en 2021 y 2022.

-Variedad de proveedores.
-La tasa de Interés bancaria se mantiene por debajo del 1.5%
-Apoyo del estado peruano en programas de reforestación y forestación

-Aumento consecutivo de los fletes de los contenedores
-Evolución de la inflación.

-Inestabilidad económica que puede reducir el presupuesto del área de Gestión Ambiental.
-Incremento de corrupción 60,1%.

-Los conflictos laborales por incumplimiento de convenios colectivos.
- Bajo nivel de negociación con los clientes
- Sector pesquero poco atractivo.

Nota: Los resultados obtenidos fueron consecuencia del Análisis Pestel donde obtuvimos información del macroentorno (**Oportunidades y Amenazas**) conjuntamente con las 5 fuerzas de Porter la cual analiza el microentorno (Fortalezas y debilidades).

4.1.14. FODA Cruzado

Tabla 13

FODA Cruzado

FORTALEZAS	DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidad de línea de carrera estructurada para el crecimiento de sus funcionarios y empleados. - Se cuenta con área de medio ambiente y con el servicio de una EO-RS autorizada. - Capacidad de Gerencia y poder de Liderazgo. - Buena calidad del producto - Precios adecuados a la política establecida. - Cartera de proveedores confiables. -Presupuesto asignado para cada área. -Capital de Trabajo. -Políticas de tercerización. - Disponibilidad de mano de obra. -Personal capacitado y con experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> -No cuentan con un planeamiento formal de acuerdo a la política Empresarial. - Ausencia de comunicación oportunidad entre las áreas de la empresa. -Mala distribución de sus ventas. -Escasa eficacia de las políticas y procedimientos. -Poca estabilidad de costos. -Bajo clima laboral y cultura organizacional. - Poca control de rotación, ausentismo y puntualidad. -No existe Política de incentivos. -Poca capacidad de innovación. -Generación de lodos con alto potencial de contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento consecutivo de los fletes de los contenedores -Evolución de la inflación - Inestabilidad económica que puede reducir el presupuesto del área de Gestión Ambiental. -Incremento de corrupción 60,1%. -Los conflictos laborales por incumplimiento de convenios colectivos. - Bajo nivel de negociación con los clientes - Sector pesquero poco atractivo.
OPORTUNIDAD	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
<ul style="list-style-type: none"> -El PBI para el sector Manufactura se espera que para el 2022 tenga un crecimiento de 2.0. -En el impacto de las (Tics), el Perú se mantiene en el puesto 90 -Alza de precio de fertilizantes. -Crecimiento del crédito al sector privado de 5.6% en 2021 y 2022. -Variedad de proveedores. -La tasa de Interés bancaria se mantiene por debajo del 1.5% -Apoyo del estado peruano en programas de reforestación y forestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estadía y aumento de proveedores confiables. 2. Aumento de la calidad de los proyectos de reforestación. 3. Estudio, desarrollo y venta de fertilizante orgánico a partir de lodos residuales industriales. 4. Generar nuevas oportunidades de trabajo. 5. Obtener apoyo del estado peruano por la calidad de los proyectos y uso de las TIC's. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar e implementar un proceso que permita utilizar los lodos generados en la PTARI como fertilizante en un proyecto de reforestación. 2. Pago puntual e incentivos para trabajadores y proveedores. 3. Establecer procesos y procedimientos ecológicos con el fin de reducir los impactos ambientales.
	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con personal con capacidad de liderazgo para las relaciones con los clientes e instituciones. 2. Establecer políticas anticorrupción dentro de la empresa e invertir en bienes que aseguren la sostenibilidad del capital de la misma. 3. Generar espacios donde se fortalezca la relación laboral dentro de la empresa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pago de capacitaciones sobre liderazgo para mejorar al personal. 2. Planificación de actividades con anticipación (Reuniones semanales). 3. Mejora continua en la planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir los posibles impactos ambientales.

Nota: En este Foda Cruzado se obtuvieron las estrategias de crecimiento y estabilidad (FO), Estrategias de defensa (FA), Estrategias de refuerzo (DO) y estrategias de supervivencia (DA) las cuales ayudarán a la empresa a evaluar el panorama en el que se encuentra para de esta manera tomar decisiones prioritarias.

4.1.15. Ponderación de Estrategias

Tabla 14

Ponderación de Estrategias

PESO	Poca Importancia 0.05
	Muy Importante 0.1
IMPACTO	1(Menor Impacto) - 4 (Mayor Impacto)

ESTRATEGIAS	PESO	IMPACTO	PESO PONDERADO
Contar con personal con capacidad de liderazgo para las relaciones con los clientes e institucionales.	0.08	3	0.24
Estadía y aumento de proveedores confiables.	0.05	2	0.1
Diseñar e implementar un proceso que permita utilizar los lodos generados en la PTARI como fertilizante en un proyecto de reforestación.	0.1	4	0.4
Pago de capacitaciones sobre liderazgo para mejora del personal.	0.05	2	0.1
Aumento de la calidad de los proyectos de reforestación.	0.09	3	0.27
Pago puntual e incentivos para trabajadores y proveedores.	0.05	2	0.1
Establecer políticas anticorrupción dentro de la empresa e invertir en bienes que aseguren la sostenibilidad del capital de la misma.	0.07	3	0.21
Planificación de actividades con anticipación.	0.07	3	0.21
Generar nuevas oportunidades de trabajo.	0.05	3	0.15

Establecer procesos y procedimientos ecológicos de tal manera de reducir los impactos ambientales.	0.1	3	0.3
Generar espacios donde se fortalezca la relación laboral dentro de la empresa.	0.1	2	0.2
Mejora continua en la planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir los posibles impactos ambientales.	0.1	3	0.3
Obtener apoyo del estado peruano por la calidad de los proyectos y uso de las TIC's.	0.09	3	0.27
TOTAL	1.00		2.85

Nota: Las estrategias fueron establecidas en función de la matriz Foda cruzada, a partir de la cual se procedió a dar un peso de importancia y calificar el impacto de la estrategia dentro de la organización, dando como resultado que la principal estrategia a tomar en cuenta para su aplicación es “Diseñar o establecer un proceso que permita utilizar los lodos generados como fertilizante en un proyecto de reforestación.” con un peso ponderado de 4 puntos.

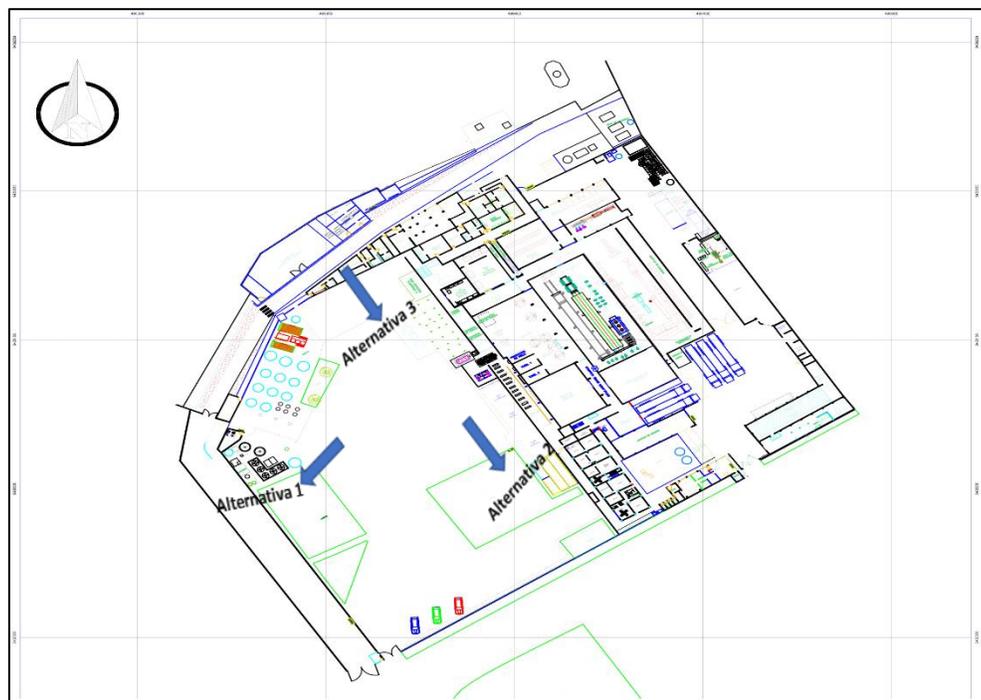
4.2. Resultados del objetivo específico N°2

En este objetivo se determinará la localización interna y tamaño de la planta de tratamiento de lodos para la producción de fertilizante orgánico eje central de esta investigación, para lo cual la localización será evaluada por distintos factores, en los cuales se analizará la proximidad con la materia prima(Lodo),acceso a los suministros necesarios (Agua y Energía),características del área disponible, disponibilidad del área y la cercanía a la disposición de aguas residuales ,utilizando como herramienta de análisis el método de factores ponderados, cada uno serán ponderados según su importancia, para lo cual utilizaremos una tabla de doble entrada. Mientras que el tamaño de planta estará enfocado en cuanto lodo genera la planta de tratamiento de agua residual industrial (PTARI), luego se determinará la densidad de este lodo y por último el % de sólidos presente en el lodo con el fin de obtener el dato de generación de lodo seco al mes en Kg,

En la siguiente figura 22 podemos apreciar el plano de la empresa PRODUMAR SAC, donde observamos las alternativas a evaluar que tenemos para nuestro estudio.

Figura 25

Plano PRODUMAR S.A.C



4.2.1. Localización de Planta

Alternativas posibles de localización de Planta de tratamiento de lodos:

Alternativa 1: Jardín frente a oficina PTARI (Área Verde Nro.2)

Datos:

- Área: 6536 m²
- Perímetro: 433 m
- Coordenadas: 5.084063S 81.086916W

Figura 23

Jardín frente a oficina PTARI



Alternativa 2: Jardín frente a taller de mecánica (Área Verde Nro 4)

Datos:

- Área: 7195 m²
- Perímetro: 385 m
- Coordenadas: 5.084153S 81.086717W

Figura 24

Jardín frente a taller de mecánica



Alternativa 3: Parte lateral de PTARI

Datos:

- Área: 6110.20 m²
- Perímetro: 404.50 m
- Coordenadas:

Figura 25 *Parte lateral de PTARI*



Tabla 15*Comparación de los factores básicos que determinan la localización*

Factores	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proximidad de la materia prima	La distancia de la alternativa 1 hasta el tanque de almacenamiento de lodo es de 50m.	La distancia de la alternativa 2 hasta el tanque de almacenamiento de lodo es de 60m.	La distancia de la alternativa 3 hasta el tanque de almacenamiento de lodo es de 5m.
Acceso a los suministros necesarios (Agua y Energía)	No cuenta con puntos de agua potable, ni suministros de energía.	No cuenta con puntos de agua potable, ni suministros de energía.	Está cerca al tanque de almacenamiento de agua de descongelado y cerca a la estación eléctrica.
Características del área disponible	No cuenta con ningún tipo de infraestructura, es un jardín que es regado con agua tratada.	No cuenta con ningún tipo de infraestructura, es un jardín que es regado con agua tratada.	Esta área se encuentra pavimentada en su totalidad.
Disponibilidad del área	Área usada con fines de riego, con disponibilidad.	Área usada con fines de riego, con disponibilidad.	Área usada con fines de almacenamiento de producto terminado, sin disponibilidad por el momento.
Cercanía a la disposición de aguas residuales	Se encuentra cerca de la Planta de tratamiento de aguas residuales industriales.	Se encuentra lejos de la Planta de tratamiento de aguas residuales industriales.	Se encuentra cerca de la Planta de tratamiento de aguas residuales industriales.

Nota: Los factores fueron establecidos en función a las características requeridas para el tratamiento de los lodos residuales, evaluando la proximidad que se tenga con la materia prima para el proceso (Lodo), agua y energía, disponibilidad del área y la cercanía a la disposición de aguas residuales industriales.

Tabla 16*Factores de localización*

Factores de Ponderación	
Proximidad de la materia prima	A
Acceso a los suministros necesarios	B
Características del área disponible	C
Disponibilidad del área	D
Cercanía a la disposición de aguas residuales	E

Nota: En base a los factores básicos tomados según la comparación de las 3 posibles áreas se determinó los factores de ponderación.

Tabla 17*Valor de la importancia con relación a los factores*

Igual Importante	0
Más Importante	1

Nota: Tabla de valoración de importancia de los factores ponderado

Tabla 18*Matriz de enfrentamiento para localización*

Factores	A	B	C	D	E	Puntaje	%
A	X	1	1	0	0	2	25
B	1	X	1	0	0	2	25
C	1	1	X	0	0	2	25
D	0	0	0	X	1	1	12.5
E	0	0	0	1	X	1	12.5
Total						8	1

Nota: Con los porcentajes de ponderación que se obtienen en la tabla N° 18 con respecto a cada factor se calculará la mejor selección para la localización de la planta. Las tablas N° 19 y 20 muestran los resultados del método de factores ponderado

Tabla 19*Valor de calificación con respecto a los factores de la localización*

Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy Malo	1

Nota: Se asignó la calificación del 1 al 5, donde 1 es muy malo y 5 muy bueno, para los factores de localización.

Tabla 20*Principales factores relacionados a la localización, con sus calificaciones*

Factores	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proximidad de la materia prima	25	3	2	5
Acceso a los suministros necesarios	25	2	2	4
Características del área disponible	25	2	2	4
Disponibilidad del área	12.5	4	4	2
Cercanía a la disposición de aguas residuales	12.5	3	2	5

Nota: Según la tabla 19, se asignó una calificación a cada una de las posibles áreas según el tipo de factor.

Tabla 21

Principales factores relacionados a la localización, con sus porcentajes

Factores	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proximidad de la materia prima	0.25	0.75	0.5	1.25
Acceso a los suministros necesarios	0.25	0.5	0.5	1
Características del área disponible	0.25	0.5	0.5	1
Disponibilidad del área	0.125	0.5	0.5	0.25
Cercanía a la disposición de aguas residuales	0.125	0.375	0.25	0.625
Total	1	2.625	2.25	4.125

Nota: En base a los resultados obtenidos en la tabla 21, al comparar los factores que facilitan la localización, la ubicación que obtuvo la mayor ponderación fue la **Alternativa 3** (Parte lateral de Ptari) ya que tiene mayor accesibilidad de materia prima, acceso a los suministros necesarios, toda el área se encuentra pavimentada, hay disponibilidad del área, se encuentra cerca de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Como segunda opción se tiene a la Alternativa 1 (Jardín frente a Oficina PTARI) y en última opción tenemos a la alternativa 3 (Jardín frente a taller de mecánica).

4.2.2. Tamaño de Planta

4.2.2.1. Determinación de la generación de lodo residual industrial de la PTARI

La realización de un estudio para determinar la generación de lodo generado en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) involucra un enfoque más minucioso que puede verse afectado por la complejidad de la planta y los recursos disponibles.

A continuación, calcularemos cuantos metros cúbicos de lodo está generando de forma diaria la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) con el

fin de obtener datos diarios, por turno, por DAF y en base a esto hacer una proyección mensual de lo que está generando la planta de tratamiento de aguas residuales.

Datos:

- Periodo: 3/12/22-11/12/22
- Turno Día: 8:30am a 7:30pm
- Turno Noche: 7:30pm a 7:30am
- Lugar: Dino DAF I y Dino DAF II
- Encargado de la toma de datos (Turno día): García Silva, Roberth Williams.
- Encargado de la toma de datos (Turno Noche): Gutiérrez Grillo, Mart Anthony.

Materiales:

Estos son los materiales que fueron requeridos para la obtención de los datos:

<p>DINO</p>	
<p>Wincha de 5 metros</p>	

<p style="text-align: center;">Motobomba</p>	
<p style="text-align: center;">Tubo de PVC de 1"</p>	

Proceso donde se tomarán los datos para el estudio:

Figura 26

Sistema por Flotación de aire disuelto (DAF)



El proceso de Flotación por aire disuelto conocido como DAF es un proceso físico-químico utilizado con el fin de separar los sólidos, aceites y grasas por empuje de abajo hacia arriba por la acción de microburbujas, los sólidos, aceites y grasas flotantes (**LODO**) es un subproducto de este proceso el cual es barrido por unas paletas y depositado en una tina de recepción de capacidad 1.29m³(aproximadamente), mediante una bomba estos lodos de la tina son almacenados en un tanque negro de capacidad 10m³ para su posterior evacuación mediante una empresa operadora de residuos.

Figura 27

Tina de recepción de lodos



Nota: Debido a la forma irregular de la tina de lodos, no se pudo tomar como referencia para la obtención de los datos de la generación de lodos, se recurrió a los dinos, estos tienen forma cúbica, largo, ancho y altura, estos dinos nos ayudarán para la obtención de los datos.

Puntos de generación de lodo:

DINO DEBAJO DEL DAF I



DINO DEBAJO DEL DAF II



Dimensionamiento de los DINOS:

Figura 28

Dino de prueba para determinar la generación de lodo



- Largo: 1.10 m.
- Ancho: 0.92 m.
- Altura: 1.00 m.

Sabemos que el volumen de un cubo es **Largo x Ancho x Altura.**

El largo y el ancho serán constantes, la variación se dará en la altura, cuando el lodo sea barrido en el DAF, caerá en el dino y esa altura es la que nos servirá para determinar cuánto lodo se generará por día, cuánto lodo se genera por DAF y cuando lodo se genera por turno.

Pasos para el estudio de la generación de lodo:

Este estudio comenzó el 3/12/22 y terminó el 10/12/22, la razón de la elección de este periodo de días es determinar cuánto lodo es el que genera la PTARI en una semana, los encargados de este estudio se han separado por dos Turnos uno de mañana y otro de noche, con el fin de obtener una información mucho más representativa de la realidad.

El día 3/12/22 se comenzó el estudio, inicio del tratamiento de efluentes industriales a las 11:06 am, el tiempo de tratamiento del efluente industrial en el DAF es entre 25 a 30min, pasado este tiempo, el lodo generado por este proceso es paleteado hacia el dino.

1. Esperar que el lodo sea descargado en el dino, este lodo en ocasiones viene con espuma, por ello para que se asiente y poder tomar la medida se espera entre 3 a 5 min.
2. Introducimos el Tubo de PVC de 1" dentro del DINO, retiramos el tubo y con la wincha medimos desde la base del tubo hasta la parte del tubo donde llegó el lodo, esta medición sería nuestra altura para nuestro cálculo del volumen.
3. Cuando ya tengamos el dato de la altura (en metros), procederemos a drenar el dino con la ayuda de la motobomba, y lo depositamos en la tina de lodos.
4. Lavar el tubo y limpiarlo para la siguiente generación de lodo.
5. Este procedimiento de toma de datos se hace para ambos DAF en los dos Turnos (Día y Noche) durante una semana.

Los resultados obtenidos de este estudio son los siguientes:

Tabla 22

Seguimiento Generación de lodo 03-12-22

3/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 1			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.24288	0.56672	0.27324	0.32384
2	0.4554	0.57684	0.29348	0.41492
3	0.44022	0.57684	0.38456	0.4048
4	0.42504	0.41492	0.42504	0.39468
5	0.49588		0.66792	0.47564
6	0.39468		0.44528	0.48576
7			0.5566	
Total/ DAF:	2.4541	2.13532	3.0461	2.49964
Total Turno:	4.58942		5.54476	

Nota: Observamos en el primer día de toma de datos que el DAF I es más eficiente que el DAF II con respecto al número de bachadas tanto en el día como en la noche, además el lodo generado en el turno noche es 20.84% más que el generado en el día.

Tabla 23*Seguimiento Generación de lodo 04-12-22*

4/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 2			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.39974	0.24288	0.1518	0.43516
2	0.33396	0.26312	0.42504	0.3542
3	0.45034	0.16698	0.3036	0.28336
4	0.41492	0.19228	0.53636	0.47564
5	0.24288	0.19228	0.49588	0.33396
6	0.27324	0.2024	0.43516	
7		0.59202		
Total/ DAF:	2.11508	1.85196	2.34784	1.88232
Total Turno:	3.96704		4.23016	

Nota: Observamos en el segundo día de toma de datos que el DAF I es más eficiente que el DAF II con respecto al número de bachadas tanto en el día como en la noche, además el lodo generado en el turno noche es 6.63% más que el generado en el día.

Tabla 24*Seguimiento Generación de lodo 05-12-22*

5/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 3			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	1.02718	0.79442		
2	0.47564	0.27324		
3	0.34914	0.56672		
4	0.6072	0.38456	NO HUBO TURNO NOCHE	
5	0.52624	0.3795		
6	0.4048			
7	0.25806			
Total/ DAF:	3.64826	2.39844		
Total, Turno:	6.0467			

Nota: Observamos en el tercer día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 6.0467m³, no hubo turno noche debido a mantenimiento de planta.

Tabla 25*Seguimiento Generación de lodo 06-12-22*

6/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 4			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.24794		0.3542	0.38456
2	0.28842	Sólo se	0.36432	0.44528
3	0.51106	utilizó el	0.52624	0.43516
4	0.33396	DAF 1	0.67804	0.22264
5	0.28336			0.54648
Total/ DAF:	1.66474		1.9228	2.03412
Total, Turno:	1.66474		3.95692	

Nota: Observamos en el cuarto día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 1.66474m³, hubo poco ingreso de efluentes industriales es por ello que solamente se usó un DAF para el tratamiento de estos.

Tabla 26*Seguimiento Generación de lodo 07-12-22*

7/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 5			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.724592	0.347116	0.59708	0.43516
2	0.714472	0.37444	0.49588	0.52624
3	0.527252	0.417956	0.83996	0.57684
4	0.181148	0.388608		0.52624
5	0.44022	0.40986		0.1012
6	0.0011132			
7	0.87538			
Total/ DAF:	3.4641772	1.93798	1.93292	2.16568
Total, Turno:	5.4021572		4.0986	

Nota: Observamos en el quinto día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 5.4021 m³, y en la noche fue 24.13% menos.

Tabla 27*Seguimiento Generación de lodo 08-12-22*

8/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 6			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.56166	0.749892	0.506	0.6072
2	0.04048	0.3036	0.42504	0.44528
3	0.3542	0.6578	0.506	0.57684
4	0.77924	0.26312	0.3542	0.5566
5	0.56672			0.92092
6	0.8521			
Total/ DAF:	3.1544	1.974412	1.79124	3.10684
Total, Turno:	5.128812		4.89808	

Nota: Observamos en el sexto día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 5.1288m³, y en la noche fue 4.5% menos.

Tabla 28*Seguimiento Generación de lodo 09-12-22*

9/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 7			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.5313	0.37444	0.63756	0.73876
2	1.0626	0.06072	0.82984	0.7084
3	0.37444	0.48576	0.37444	0.5566
4	0.4301	0.19228	0.759	0.77924
5		0.36432	0.9614	0.63756
6			0.6072	0.92092
Total/ DAF:	2.39844	1.47752	4.16944	4.34148
Total, Turno:	3.87596		8.51092	

Nota: Observamos en el séptimo día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 3.8759 m³, y en la noche fue 119.58% más.

Tabla 29

Seguimiento Generación de lodo 10-12-22

10/12/2022				
N° de Bachadas	DÍA 8			
	TURNO: DÍA		TURNO: NOCHE	
	DAF I	DAF II	DAF I	DAF II
1	0.64768	0.18216	0.53636	0.32384
2	0.29348	0.32384	0.47564	0.36432
3	0.4048	0.29348	0.63756	0.4048
4	0.26312	0.33396	0.33396	0.38456
5	0.59708	1.47752	0.506	0.4554
6			0.49588	0.41492
7			0.5566	0.39468
8			0.6072	0.42504
9			0.51612	0.37444
10			0.4048	0.54648
Total	2.20616	2.61096	5.07012	4.08848
Total, Turno	4.81712		9.1586	

Nota: Observamos en el séptimo día de toma de datos que el lodo generado en el turno día fue de 4.8171 m³, y en la noche fue 90.13% más.

Resumen general de la semana en estudio:

Tabla 30

Resumen Detallado Generación de lodo Semanal

DÍA	Encargado	Nro. de DAF	Turno	Lodo Generado (M3)	Lodo Generado x día
1	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	2.4541	10.13
	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	2.1353	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	3.0461	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	2.4996	
2	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	2.1151	8.20
	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	1.8520	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	2.3478	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	1.8823	
3	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	3.6483	6.05
	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	2.3984	
4	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	1.6647	5.62
	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	0.0000	

	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	1.9228	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	2.0341	
	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	3.4642	
5	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	1.9380	9.50
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	1.9329	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	2.1657	
	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	3.1544	
6	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	1.9744	10.03
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	1.7912	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	3.1068	
	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	2.3984	
7	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	1.4775	12.39
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	4.1694	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	4.3415	
	García Silva, Roberth Williams	DAF I	DÍA	2.2062	
8	García Silva, Roberth Williams	DAF II	DÍA	2.6110	13.98
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF I	NOCHE	5.0701	
	Gutiérrez Grillo, Mart	DAF II	NOCHE	4.0885	

Conclusión:

- En promedio el lodo generado por día sería de **9.49 m³**.
- Según los resultados mostrados podemos calcular cuánto de lodo orgánico se generó en esta semana:

Tabla 31

Generación de lodo Semanal por turno

TURNO	LODO GENERADO (M ³)
DÍA	35.49
NOCHE	40.41

- También cuando lodo se generó en cada DAF:

Tabla 32

Generación de lodo Semanal por DAF

DAF	LODO GENERADO (M ³)
DAF I	41.39
DAF II	34.51

- Entonces el lodo producido en esta semana de estudio fue de:

Tabla 33

Generación de lodo Semanal total

Total, de lodo en la semana
75.90

- El lodo producido mensual sería: $75.89 \times 4 = 303.6 \text{ m}^3/\text{mes}$.
- El número de bachadas total y el número de bachada sor cada DAF fueron de:

Tabla 34

Generación de lodo Semanal # de Bachadas por DAF y por Semana

# de Bachadas en la semana	
164	
DÍA	NOCHE
82	82

4.2.2.2. Determinación de la densidad del lodo de la PTARI:

La densidad de un cuerpo es la medida de compactación de la materia en un objeto dado, para lograr su determinación se debe de hacer con mucha precisión; primero se debe de pesar el vaso Beaker vacío en la balanza digital, seguidamente tarar la balanza, llenar el vaso Beaker con el lodo hasta su límite que es 1000 ml, luego lo pesamos, este proceso lo vamos a repetir 10 veces una vez realizadas las 10 pruebas el promedio de estas sería nuestra densidad.

Datos:

- Fecha: 12/12/22
- Hora de inicio: 11:26 am
- Hora fin: 12: 22 pm
- Lugar: Laboratorio PTARI.
- Encargado del análisis: Ing. Morán Cármenes, Enrique.

Materiales:

Tabla 35

Materiales a usar para determinar la densidad presente en el lodo residual

<p>Balanza digital</p>	
<p>Jarra medidora de 1/2L</p>	
<p>Vaso Beaker de 1000ml</p>	
<p>Bagueta de Plástico de 40cm</p>	
<p>Balde Plástico</p>	

Pasos para el estudio de la densidad del lodo:

1. Se tomo una muestra de lodo con ayuda del balde plástico de 20L de la tina de lodos ubicada debajo del DAF físico químico I.

Ojo: Con anterioridad se pesó el balde plástico de 20L, su peso fue de 0.82Kg

Figura 29

Toma de muestra de tina de Recepción de lodo



2. Se procedió a pesar el balde con la muestra de lodo y nos dio como resultado 10.84 Kg, a este peso le restamos el peso del balde(0.82Kg), por consiguiente, tenemos una muestra de lodo neto de 10.02 Kg.

Figura 30

Pesaje de muestra de lodo



3. Ya teniendo la muestra de lodo lista, se procedió también a pesar el Vaso Beaker de 1000ml, su peso fue de 0.42Kg.

Figura 31

Pesaje de vaso Beaker



4. Luego de que se haya pesado el Vaso Beaker procedemos a tarar la balanza digital para comenzar a tomar los datos de cada muestra que pondremos a pesar.
5. Para poder muestrear más significativamente se procedió a mezclar el lodo por un tiempo de 2min.

Figura 32

Mezclando para homogenizar la muestra



6. Con la ayuda de la jarra medidor de 1/2 L se procedió a retirar la primera muestra para posteriormente tomar su dato de peso en la balanza digital.

Figura 33

Toma de primera muestra de lodo



7. Posteriormente se coloca este lodo en un vaso Beaker de 1000 ml y este se convertirá en nuestra muestra Nro. 1.

Figura 34

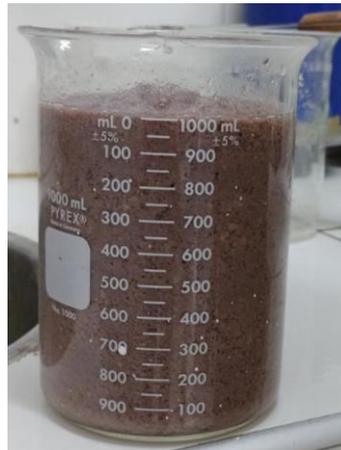
Colocando muestra de lodo en vaso Beaker



8. Llenamos el vaso Beaker con lodo hasta su medida correspondiente de 1000ml.

Figura 35

Muestra de lodo Nro 1



Nota: Así quedaría nuestra primera muestra de lodo en el vaso Beaker

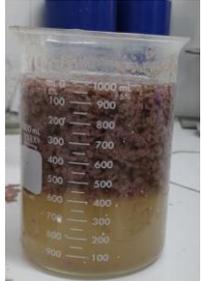
9. Posteriormente esta muestra es llevada a la balanza digital ya tarada para tomar el dato de su peso.

El peso que nos dio como resultado de la primera muestra fue de 0.94 Kg, esto quiere decir que la densidad de nuestra primera muestra es de 0.94 Kg/L. Para este estudio se hará un análisis de 10 muestra de lodo para posteriormente dar como resultado final el promedio de estas 10 muestras y este promedio será el dato buscado de este estudio de densidad.

Tabla 36

Resumen de muestras para determinar densidad del lodo

Nro de Muestra	Muestra	Peso de la muestra	Densidad (Kg/L)
Muestra 1			0.94
Muestra 2			0.96
Muestra 3			0.94
Muestra 4			0.96
Muestra 5			0.96
Muestra 6			0.96

Muestra 7			1.00
Muestra 8			0.98
Muestra 9			0.98
Muestra 10			0.98

Nota: Luego de haber tomado los pesos de las 10 muestras de lodo, en base a las cantidades dadas, establecemos un promedio para determinar de forma más aproximada posible la densidad del lodo de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, la densidad promedio es: **0.97 Kg/L**. Esto quiere decir que en 1m³ de lodo representa 970 Kg.

4.2.2.3. Determinación de % de Sólidos del lodo residual industrial:

Las muchas características presentes en los sólidos van variando en relación a su edad, el tipo del proceso del cual provienen y de la fuente donde son generados.

Los métodos analíticos nos indican que, los sólidos totales (**ST**) son el equivalente a la materia que queda como residuo luego de evaporar una muestra de agua y secarla a una determinada temperatura que estarían en el rango de 103 °C y 105 °C

La cantidad de sólidos presentes puede ser determinado con varias técnicas de laboratorios, dependiendo claro está del tipo de muestra y del objetivo al que se requiere llegar, alguno de estos métodos son los siguientes:

1. **Evaporación:** Está técnica se utiliza si tenemos una mezcla de sólidos y líquidos, podemos determinar la cantidad de sólidos presentes evaporando el líquido y pesando los sólidos residuales.
2. **Filtración:** Si se desea separar lo sólidos de una mezcla, se pueden plantear técnicas de filtración para separarlos de los líquidos.
3. **Gravimetría:** Esta técnica consiste en pesar de forma directa los sólidos en una muestra. Es de gran ayuda para determinar la cantidad de sólidos en soluciones o en muestras puras.
4. **Análisis Instrumental:** Hoy en día existen técnicas muchas más avanzadas como es el caso de la espectroscopía y la cromatografía que permiten identificar y cuantificar los componentes sólidos en una muestra.

Para nuestra experimentación usaremos la técnica de **Evaporación** que describiremos los pasos a continuación:

Datos:

- Fecha: 15/12/2023.
- Hora de inicio análisis (tarde): 12:30 pm.
- Lugar de muestreo: DAF 1.
- Encargado del análisis: Ing. Morán Cármenes, Enrique.

Materiales:

Tabla 37

Materiales a usar para determinar el % de sólidos presentes en el lodo residual

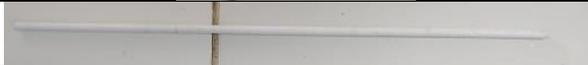
Balanza de humedad	
Platillos de aluminio	
Balde de 4.5 L	
Bagueta de plástico de 40cm	

Figura 36

Punto de muestreo: Sistema de Flotación por aire disuelto 1 (DAF I)



Pasos:

1. En el punto de muestreo (DAF I) con ayuda de un balde de 4.5 L y una jarra medidora se logró obtener una muestra fresca de lodo.

Figura 37

Muestra fresca de lodo proveniente de DAF I



2. Encendemos la balanza de humedad marca satorius, la cuál será nuestro principal instrumento para este análisis.

Figura 38

Balanza de humedad



Nota: La balanza debe de ser programada para determinar el % de sólidos, se puede regular la temperatura y el tiempo para la prueba.

3. Luego de que se haya programado a la medida del análisis se procedió a pesar uno de los platillos de aluminio en la balanza.

Figura 39

Pesaje de plato aluminio en balanza de humedad



Nota: El dato del peso del platillo fue de 2.509 g este dato debemos de anotarlo en una hoja aparte, porque nos ayudará en los cálculos más adelante.

4. Luego que obtenemos el peso del platillo, en la balanza de humedad presionamos el botón enter que se encuentra debajo de la pantalla de esta, de esta forma estaremos tarando la balanza para el siguiente paso.

Figura 40

Tara de la balanza de Humedad



5. Antes de ingresar la muestra a la balanza muy importante homogenizarla.

Figura 41

Homogenización de la muestra



Nota: Este paso se debe hacer cada vez que coloquemos una muestra a la balanza de humedad, de esta manera evitamos la sedimentación de los sólidos.

6. Se coloca un poco de esta muestra en un platillo de aluminio y se pesa, para esta prueba se obtuvo un peso de 5.029 g.

Figura 42

Colocación de pequeña muestra de lodo en balanza de humedad



Nota: Este peso no es importante para nuestro análisis, se excluirá.

7. Retiramos el platillo de aluminio con la pequeña muestra y comenzamos a esparcir en todo el platillo.

Figura 43

Esparcir muestra de lodo en platillo



8. Luego que hallamos esparcido la muestra en el platillo procederemos nuevamente a pesar el platillo, en el cuál obtuvimos como dato 5.076 g.

Figura 44

Pesaje de muestra esparcida en balanza de humedad



Nota: El dato del peso del platillo con la pequeña muestra fue de 5.076 g este dato debemos de anotarlo en una hoja aparte, porque nos ayudará en los cálculos más adelante.

9. Seguidamente cerramos la parte superior de la balanza de humedad y de forma automática determinará la temperatura y nos irá mostrando el tiempo que estará demorando, cuando haya terminado en la pantalla nos indicará el tiempo total.

Figura 45

Inicio de operación de secado de balanza de humedad



Nota: El tiempo para cada muestra puede variar, la temperatura permanecerá constante siempre, para todas las muestras a analizar la temperatura es constante (125°C), sin embargo, si así se requiere está se puede regular a más o a menos, según sea el requerimiento del experimento.

10. La misma balanza nos indica cuando ya terminó su proceso con un sonido característico similar al sonido de término de un microondas, el tiempo que demoró para esta muestra fue de 15min, seguidamente se retira el platillo y se deja enfriar por unos 12 segundos.

Figura 46

Finalización de secado de balanza de humedad



11. Luego que la muestra se terminó de enfriar, antes de pesar otra vez, la balanza se debe tarar una vez más.

Figura 47

Enfriamiento de balanza de humedad



12. Se coloca el platillo ya enfriado y se anota el peso final para el cálculo del % de sólidos

Figura 48

Preparando nueva muestra para iniciar secado en balanza de humedad



13. Resumen de la prueba:

Tabla 38

Resultados 1era prueba de % Humedad del lodo

Peso platillo(g)	Peso muestra humedad(g)	MS-P	Peso muestra seca(g)	% de sólidos	% de humedad	Tiempo (min)	Temperatura (°)
2.509	5.076	0.353	2.865	7.01	92.99	15	125

Cálculos:

Para obtener el porcentaje de humedad se debe de utilizar la siguiente fórmula:

$$\%Sólidos = \frac{Muestra\ seca - Peso\ platillo}{Muestra\ húmeda} \times 100$$

Datos:

- Muestra seca: 2.865
- Peso platillo: 2.509
- Muestra húmeda: 5.076

Reemplazando:

$$\%Sólidos = \frac{2.865 - 2.509}{5.076} \times 100$$

$$\%Sólidos = \frac{0.353}{5.076} \times 100$$

$$\%Sólidos = 7.01\%$$

Entonces podemos concluir que el % de sólidos en esta muestra es de 7.01% eso quiere decir que el % de humedad sería de 92.99% dado que todo sería un 100%.

14.. Los pasos del 3 al 12 se replicaron 9 veces más con lo cual tenemos el siguiente cuadro resumen de un total de 10 pruebas realizadas de % de sólidos.

Tabla 39

Resumen de pruebas de % de Humedad del lodo

Peso platillo(g)	Peso muestra humedad(g)	MS-P	Peso muestra seca(g)	% de sólidos	% de humedad	Tiempo (min)	Temperatura (°)
2.509	5.076	0.353	2.865	7.01	92.99	15	125
2.505	10.172	0.732	3.237	7.19	92.80	21	125
2.513	10.470	0.7010	3.214	6.70	93.30	24	125
2.504	10.6170	0.7250	3.229	6.82	93.18	26	125
2.529	7.231	0.540	3.069	7.46	92.54	19	125
2.515	7.668	0.3270	2.842	4.26	95.74	14	125
2.547	10.31	0.658	3.205	6.38	93.62	17	125
2.552	10.8110	0.668	3.220	6.18	93.82	23	125
2.570	10.653	0.659	3.229	6.19	93.81	21	125
2.5060	10.0860	0.702	3.208	6.96	93.04	19	125

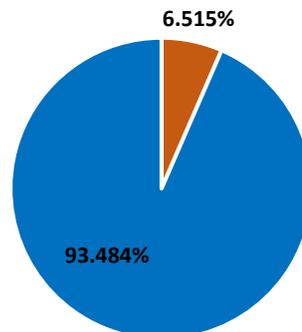
Nota: En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que en promedio el lodo residual industrial tiene un porcentaje de sólidos de 6.515 % y un porcentaje de humedad promedio de 93.484%.

Gráficamente:

Figura 49

% de humedad y % sólidos presentes en el lodo residual industrial

Composición Lodo Residual Industrial



■ % Promedio de Sólidos: ■ % Promedio de Humedad:

El resultado de las 10 muestras secas se colocó en un recipiente, para posteriormente hacerle su prueba de % de humedad, esto se hace con el fin de saber cuál es el porcentaje de humedad que queda aún presente.

Figura 50

Muestra de lodo seco



Para esta última prueba en base seca se hacen los mismos pasos que se han venido haciendo para base húmeda, el resultado de esta prueba es el siguiente:

Tabla 40

% de humedad de muestra seca

Peso platillo(g)	Peso muestra Seca 1(g)	MS ₂ -P	Peso muestra seca 2(g)	% de humedad	% de sólidos	Tiempo (min)	Temperatura (°)
2.550	3.270	0.259	2.809	7.92	92.08	9	125

Conclusiones:

- El % promedio de sólidos en base húmeda es de 6.515%.
- El % promedio de humedad en base húmeda es de 93.484%.
- El % de sólidos en base seca es de 92.08%.
- El % de humedad es base seca es de 7.92%.

Ojo: El porcentaje de humedad en base seca nos dé como resultado 7.92% es un resultado aceptable, el rango que se desea obtener estaría entre 7 y 11%.

Conclusión general:

Tabla 41

Resumen de Generación de lodo, densidad y sólidos presentes

Generación de lodo residual al mes:	$303.6 \frac{m^3}{Mes}$
Densidad del lodo:	$0.97 \frac{Kg}{L}$
% de sólidos presentes:	6.515%
días de trabajo:	30 días

Debemos determinar cuál sería la generación de lodo seco en Kg de forma diaria para evaluar posteriormente una maquinaria que pueda lograr esta deshidratación:

- Volumen de lodo seco generado al mes: $303.6 \frac{m^3}{Mes} \times 6.515\% = 19.78 \frac{m^3}{Mes}$
- Densidad: $0.97 \frac{Kg}{L} \times 1,000 \frac{L}{1m^3} = 970 \frac{Kg}{m^3}$
- Lodo seco generado por día: $19.78 \frac{m^3}{Mes} \times 970 \frac{Kg}{m^3} \times 1 \frac{Mes}{30 \text{ días}} = 639.55 \frac{Kg}{día}$

De acuerdo al resultado obtenido logramos determinar que la generación de lodo seco al día sería de **639.55 Kg**, es decir la maquinaria a elegir debe de ser capaz de procesar esta cantidad de kilos al día, haciendo una mención que la empresa actualmente cuenta con 3 turnos de 8 horas cada uno.

4.3. Resultados de objetivo específico Nro. 3

4.3.1. Desarrollar la ingeniería del proyecto:

En este capítulo vamos a realizar la deshidratación natural del lodo residual industrial siguiendo unos determinados pasos que describiremos más adelante, una vez que obtengamos el lodo con un % de humedad menor procederemos a pesar este y luego llevarlo al proyecto de reforestación San Lucas de Colán para realizar la prueba del potencial agronómico de este fertilizante, donde previamente se ha preparado el terreno experimental con unas dimensiones propuestas anteriormente en el apartado de muestra de estudio, adicionalmente se realizó un Análisis de suelos con la finalidad de saber cuál es la situación actual de las propiedades del suelo (Análisis físico-

mecánico y análisis químico) donde sabremos cual es el contenido Ph del suelo, dentro de su estructura contendrá nitrógeno, fósforo o potasio o encontraremos metales pesado, todo esto nos informará el análisis de suelo, posteriormente se realizará un monitoreo de los parámetros biométricos de la planta de maíz (Altura, diámetro del tallo, número de ramificaciones, longitud de la mazorca y diámetro de la mazorca),luego de la cosecha se realizará una toma de datos de la mazorca de maíz donde evaluaremos su longitud, diámetro, número de hileras y su peso. Una vez que tengamos todos esos datos procederemos a realizar la comparativa y determinar si el fertilizante tiene un impacto positivo en la experimentación.

4.3.1.1. Deshidratación al natural del lodo residual industrial

La deshidratación natural del lodo residual industrial es un proceso donde se busca reducir el contenido de agua presente en la mezcla (lodo), es también conocida como secado al natural, implica exponer los lodos a las condiciones ambientales para así lograr que el agua se evapore gradualmente. A medida que el agua se va evaporando, los sólidos presentes en el lodo se concentran, lo que reduce el volumen total del lodo y facilita de esta manera su manejo y correcta disposición final, cabe mencionar que este proceso puede ser lento y depende de gran medida de factores climatológicos como son la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar.

Es posible que la deshidratación al natural no sea una opción más eficiente y más rentable para cualquier industria, en lugar de eso, podrían utilizarse tecnologías de deshidratación mucho más avanzadas como sistemas mecánicos (centrífugas, filtros prensa, tornillos deshidratadores, etc.) o tecnologías térmicas, los cuales nos otorgan un total control del proceso y un tiempo de deshidratación mucho más corto.

Para este caso de estudio lo vamos a realizar de manera natural la deshidratación del lodo y posteriormente analizaremos cual sería la tecnología de deshidratación que más nos convenga en tema de costo y tengo un impacto positivo al medio ambiente.

Datos:

- Fecha: 05/01/2023.
- Hora de inicio prueba: 2:30 pm

- Lugar de muestreo: Tina de recepción de lodos.
- Encargado del análisis: Roberth García Silva.

Materiales:

Tabla 42

Materiales a usar para la deshidratación natural del lodo

<ul style="list-style-type: none"> • Balde de plástico 	
<ul style="list-style-type: none"> • Buggy 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lona de 4 x 2 m 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cal 	

Figura 51

Punto de toma de muestra: Tina de recepción de lodos



Pasos:

1. Necesitamos hacer un cálculo previamente de cuantos baldes de lodo son necesarios para llenar hasta una altura prudente y que no se derrame en nuestro buggy; para ello obtuvimos que 3 baldes son suficientes para llenar al buggy, pero nosotros debemos de determinar cuánto sería esto en metros cúbicos para ello vamos a realizar el siguiente cálculo:

Dimensiones del balde:

- Largo: 30.7 cm; 0.307 m
- Ancho: 28.8 cm; 0.288 m

Fórmula del volumen de un cilindro:

$$Volc = \left(\frac{D^2 \times \pi}{4} \right) \times h$$

Reemplazando:

$$Volc = \left(\frac{0.307^2 \times \pi}{4} \right) \times 0.288$$

$$Volc = 0.02 \text{ m}^3$$

Esto quiere decir que si nuestra muestra fuera de obtener 1m³, necesitaríamos:

$$\# \text{ de baldes} = \frac{1\text{m}^3}{0.02\text{m}^3}$$

$$\# \text{ de baldes} = 49 \text{ baldes}$$

Entonces si yo quiero trasladar 1 m^3 en el buggy necesitaría:

$$\# \text{ de buggys} = \frac{49 \text{ baldes}}{3}$$

$$\# \text{ de buggys} = 16$$

Obtenemos que 1m^3 equivale a 16 buggys.

Sólo se necesitó de 1 viaje de buggy.

En base a los cálculos anteriores podemos determinar que el lodo en m^3 utilizados fueron de:

$$\text{Vol de lodo a secar} = \frac{1}{16} = 0.0625\text{m}^3$$

Cabe recordar que la densidad del lodo es de: $970 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$$\text{Kg de lodo a secar: } 0.0625 \text{ m}^3 \times \frac{970 \text{ Kg}}{1\text{m}^3} = 60.625 \text{ Kg.}$$

Finalmente logramos obtener los Kg que se utilizaron para realizar la prueba de deshidratación del lodo.

2. El lugar para deshidratar el lodo será en la parte posterior de la planta de tratamiento de agua residual industrial, este lugar fue elegido debido al nulo o poco tránsito que presenta, desenrollamos la lona y colocamos una carretilla de lodo, posteriormente este lodo lo vamos a repartir de forma homogénea en una pequeña área del total del área de la lona.

Figura 52

Inicio del proceso de secado natural del lodo



3. Procedemos a dispersar el lodo en la lona, luego de dispersar el lodo colocaremos la cal en una proporción que no perjudique las propiedades fertilizantes del lodo, en este caso se determinó que se necesitará el 10% de cal por cada Kg que vayamos a deshidratar. En nuestro caso fueron 60.625 Kg eso quiere decir que necesitaríamos 6 Kg de cal.

Figura 53

Esparcimiento de cal a muestra de lodo a secar





4. Luego de haber esparcido la cal por encima del lodo, vamos a mezclarlas hasta que logren homogenizarse.

Figura 54

Homogenización de lodo y cal



5. Luego de realizar la mezcla, daremos seguimiento a los días que demora en disminuir el % de humedad. A los dos días (7/01/23 a las 4:30 pm) el lodo se encontró en este estado. Se observan grietas en el lodo producto de eliminación del % de humedad de este.

Figura 55

Secado natural de lodo (2 días después)



6. Luego de 2 días más (9/01/23 10:30am) observamos el lodo un poco más deshidratado y ya desprendiéndose de la lona.

Figura 56

Secado natural de lodo (4 días después)



7. Finalmente, en el día 5 (10/01/23 a las 11:45am) obtenemos el lodo ya con un % de humedad mucho menor, procederemos a desprenderlo de la lona para posteriormente colocar el fertilizante en 2 sacos.

Figura 57

Secado natural de lodo (5 días después)



Figura 58

Desprendimiento de lodo seco de la lona

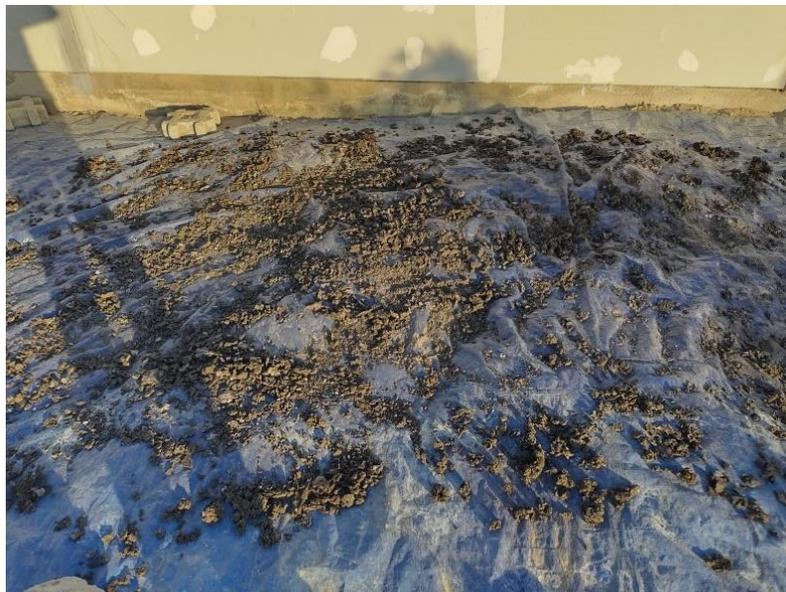


Figura 59

Llenado de sacos con lodo seco



8. Luego de haber conseguido colocar todo el lodo deshidratado en 2 sacos procederemos a pesarlos y saber cuánto obtuvimos de fertilizante orgánico y también saber cuánto es el % de humedad que se logró disminuir.

Figura 60

Pesaje de lodo seco (Fertilizante)



9. Observamos que nos da como resultado el primer saco un peso de 17.86 Kg y el otro un peso de 17.88 Kg, nuestro lodo a secar fue de 60.625 Kg, esto quiere decir que se logró disminuir el % de humedad en un 41.05%. en 5 días.

4.3.1.2. Prueba del Potencial Fertilizante del lodo Residual Industrial

Terreno Experimental: Proyecto de Reforestación San Lucas de Colán

PRODUMAR SAC es una empresa pesquera que cuenta con la RD N°563-2016-PRODUCE/DGCHD, del 27 diciembre del 2016, mediante el cual se aprueba el estudio “Actualización del estudio de Impacto ambiental semidetallado (EIA-sd)” para optimizar la estrategia del manejo ambiental, en las actividades de congelado (81 t/d) y harina residual (9 t/d), de tal manera que se desarrollen en armonía con el medio ambiente. Así mismo, el 20 de Setiembre de 2017, recibe la RD N° 2324-2017-ANA-AAA-JZ-V, mediante el cual se autoriza el reúso de aguas residuales industriales y domesticas

tratadas, provenientes de su planta de tratamiento (PTARI), con fines de riego anti polvo, áreas verdes y regadío en terrenos eriazos. En este marco legal se elabora el Proyecto “**Reutilización de aguas residuales industriales, domésticas y de limpieza para reforestación en terrenos de la Comunidad Campesina San Lucas de Colán**”. Para esto se elabora un convenio con el Sr. Leoncio Ruiz Bernal, miembro de esa comunidad campesina, para destinar 7 ha de su terreno (10 ha en el lote 7, Mz 99) para nuestro proyecto de reforestación. El convenio se firma el 26 de abril 2018 y el proyecto se inicia el 15 de mayo 2018, este se encuentra a una altitud de 81 m.s.n.m.

Ubicación: El lote de terreno está ubicado en una zona desértica, que requiere de agua para poder cumplir con el uso agrícola.

Tabla 43

Ubicación de Proyecto de Reforestación “San Lucas de Colán”

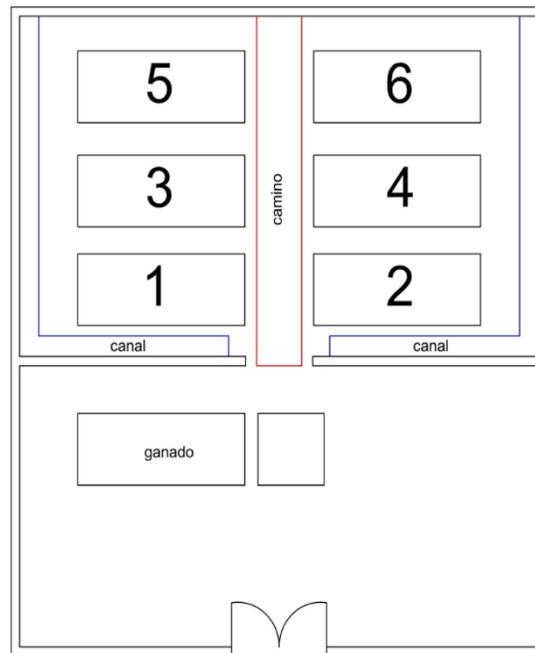
VERTICES	COORDENADAS		LADOS	DISTANCIAS	COLINDANTES
	X	Y			
2066	496049.5813	9445860.8435	2066-2065	707.36	CAMINO CARRETERA PAITA-SULLANA
2065	495420.0541	9446183.4269	2065-2064	87.42	
2064	495446.8676	9446266.6328	2064-2063	700.00	CAMINO CHUNGA NUNURA ALEXANDER
2063	496112.9170	9446051.2769	2063-2066	200.69	

Nota: Estos datos fueron proporcionados por el área de gestión ambiental, el cual tiene a cargo el control de riego y el inventario de las especies a reforestar.

Lotización: El proyecto se divide en 6 bloques de los cuales sólo los bloques I, II, III y IV se encuentran surcados, el bloque V está en proceso de limpieza y habilitación de surcos y el bloque VI será habilitado en los próximos meses.

Figura 61

Distribución del proyecto de reforestación "San Lucas de Colán"



Nota: Se resalta que el proyecto de reforestación se realiza en terrenos de la comunidad campesina San Lucas de Colán, dentro de un lote erizado de 10 ha, pero sólo se utilizaron 7 de ellas, donde la empresa Produmar S.A.C envía sus aguas residuales industriales ya tratadas.

Muestra:

Una vez determinado nuestro terreno experimental debemos delimitar nuestra muestra, la cual sería de 200m², 20 de largo x 10 de ancho, esta área se ubicará en el bloque Nro. VI.

Análisis de Suelo:

(Garrido Valero, 2008) El análisis de suelos es un procedimiento científico que implica la recolección, el procesamiento y la evaluación de muestras de suelo para determinar

sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El objetivo principal es evaluar la calidad y la salud del suelo, lo que proporciona información crucial para la toma de decisiones agrícolas efectivas.

Importancia de los análisis de suelo:

- **Gestión de los nutrientes:**

El análisis de suelos nos permitirá conocer los niveles de nutrientes presentes en el suelo del proyecto de reforestación como son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes. Esta información es esencial para determinar las necesidades de fertilización y asegurar un suministro adecuado de nutrientes para las plantas.

- **Ajuste de pH:**

El Ph que presente en el suelo afecta la disponibilidad de nutrientes. Un análisis de suelos nos ayudará a determinar el suelo es ácido, alcalino o neutro, lo que permite tomar medidas para corregir el pH si es necesario.

- **Textura y Estructura:**

El análisis de suelos nos ayudará a revelar la textura que tiene el suelo y como es su estructura, dado que esto influirá en la retención de agua, la aireación y la capacidad de las raíces para crecer. Estos factores son relevantes para el crecimiento de las plantas.

- **Diagnóstico de posibles problemas:**

Nos ayudará a poder mapear problemas como es la salinidad, la compactación del suelo, la presencia de enfermedades o plagas específicas y la presencia de contaminantes potenciales.

- **Optimización de los recursos:**

Nos proporciona una aplicación más precisa de fertilizantes y enmiendas, lo que reduce el desperdicio y genera un impacto ambiental positivo.

- **Mejora de la productividad:**

El análisis de suelos ayuda a optimizar las prácticas de manejo agrícola, lo que genera un aumento en la productividad de los cultivos y mejora su rentabilidad.

Proceso de análisis de suelos:

El proceso de análisis de suelos implica varias fases, que incluyen la toma de muestras, el envío de las muestras a un laboratorio acreditado, el análisis químico y físico de las muestras y la interpretación de los resultados. Los resultados se presentan en un informe que proporciona información detallada sobre los nutrientes presentes, el pH, la textura del suelo y las recomendaciones de fertilización.

Toma de Muestras para análisis de suelos:

Herramientas y materiales necesario:

- a) Barreta.
- b) Cubeta de muestreo.
- c) Wincha.
- d) Bolsas de plástico o recipientes herméticos para guardar las muestras.

Procedimiento:

- Se tomará una submuestra por cada bloque del proyecto de reforestación (son en total 6 bloques)
- Se tomarán las submuestras a una profundidad de 30 Cm.
- Usando la barreta, se excavó un agujero en las áreas de muestreo a la profundidad deseada.
- A medida que se toma la submuestra colocar está en la cubeta de muestreo.
- Finalmente mezclar con las demás submuestras tomadas en una bolsa hermética con la finalidad de poder homogenizar nuestra muestra para posteriormente fraccionarla y obtener 1kg.

Figura 62

Punto de Muestreo de suelo Nro. 1 (Bloque I)



Figura 63

Punto de Muestreo de suelo Nro. 2 (Bloque II)



Figura 64

Punto de Muestreo de suelo Nro. 3 (Bloque III)



Figura 65

Punto de Muestreo de suelo Nro. 4 (Bloque IV)



Figura 66

Punto de Muestreo de suelo Nro. 5 (Bloque V)



Figura 67

Punto de Muestreo de suelo Nro. 6 (Bloque VI)



Figura 68

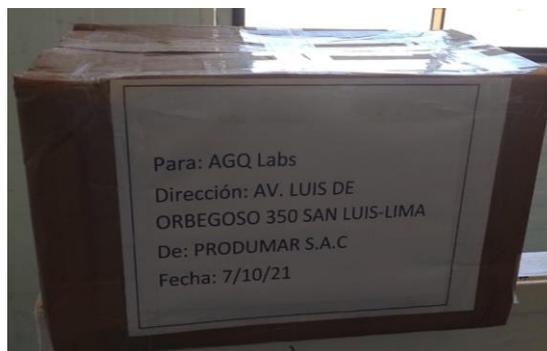
Muestra de suelo homogenizada final



Las muestras fueron tomadas antes de la siembra y luego enviada al Laboratorio de Análisis Agronómico de la empresa **AGQ LABS**.

Figura 69

Envío de muestras a laboratorio AGQ LABS



Obteniéndose los siguientes resultados después de 7 días:

Tabla 44

Análisis Físico-Mecánico del Suelo

Componentes (%)	Nivel (0-30Cm)	Método usado
-----------------	----------------	--------------

• Arena	80%	Hidrómetro
• Limo	5%	Hidrómetro
• Arcilla	15%	Hidrómetro
Clase Textural	Franco-Arenoso	Triángulo Textural

Nota: Esta clase textural de suelo tiene una tasa de drenaje Alto, capacidad de aumentar nutrientes de Bajo a Media. Son relativamente fáciles de trabajar y cuando son cultivados, generalmente forman estructuras estables.

Tabla 45

Análisis químico del suelo

Determinaciones	Nivel (0-30 Cm)	Método Usado	Interpretación
Nitrógeno Total (ppm)	261	Micro Kjeldahl	Muy Bajo
Fósforo disponible (mg/kg)	128	Olsen modificado	Muy Alto
Potasio disponible (meq/100g)	1.27	Ac NH4	Muy Alto
Calcio (meq/100g)	4.10		Normal
Magnesio (meq/100g)	1.31		Moderado
C.E (dS/m)	1.403	Conductímetro	Bajo
Ph	6.45	Potenciómetro	Normal
CIC (meq/100g)	4	Acetato de amonio	Muy Bajo
Materia orgánica (%)	0.28	Walkel-Black	Bajo
Cationes Cambiables			
Ca ⁺⁺ meq/100g	2.04	Ac NH4	Bajo
Mg ⁺⁺ meq/100g	1.08	Ac NH4	Bajo
K ⁺ meq/100g	0.74	Ac NH4	Normal
Na ⁺ meq/100g	0.06	Ac NH4	Bajo

Nota: Resultado de Análisis de suelo por la empresa AGQ Labs. Informe completo en Anexos.

a) Análisis del Ph:

Lo realizaremos en función a una escala:

Figura 70

Escala de Ph

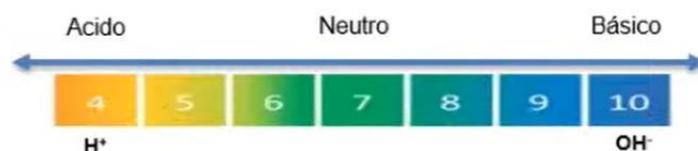


Tabla 46*Interpretación de escala de Ph para cultivos agrícolas*

pH	Evaluación	Efectos
<4.5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables
4.5 a 5	Muy fuertemente ácido	Posible efecto de toxicidad de Al
5.1 a 5.5	Fuertemente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
5.6 a 6	Medianamente ácido	Adecuado para la mayoría de cultivos
6.1 a 6.5	Ligeramente ácido	El más adecuado para la asimilación de nutrientes.
6.6 a 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 a 7.8	Medianamente básico	Existencia de carbonato cálcico
7.9 a 8.4	Básico	Deficiente asimilación de algunos nutrientes.
8.5 a 9	Ligeramente alcalino	Problemas de clorosis
9.1 a 10	Alcalino	Presencia de carbono sódico
>10	Fuertemente alcalino	Poca asimilación de algunos nutrientes.

Nota: Esta tabla nos muestra las escalas de pH, su evaluación y los posibles efectos que podría tener en un cultivo.

En base a la tabla anteriormente presentada y el resultado del análisis de suelo, el suelo del proyecto de reforestación tiene un Ph de 6.45 está en el rango de ligeramente ácido y su efecto en el cultivo es la adecuada asimilación de nutrientes. Es un Ph óptimo.

b) Análisis de Conductividad eléctrica C.E:

A mayor conductividad eléctrica mayor es la concentración de sales, cuando un suelo está saturado de sales el crecimiento de las plantas es menor a un suelo que contiene menos saturación de sales.

Tabla 47*Rangos de la conductividad eléctrica (salinidad) en el suelo.*

Clasificación	CE (dS/m)	Valoración
Normal	0 a 2	No existe restricción para ningún cultivo, aunque cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos

Ligeramente salino	2 a 4	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	4 a 8	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	8 a 16	Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Extremadamente salino	>16	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Nota: Capacidad de transmisión de corriente eléctrica en el agua. Está relacionada con la concentración de sales disueltas.

Nuestro suelo presenta una conductividad eléctrica de 1.403 dS/m, según la tabla presentada nos indica una clasificación normal, esto quiere decir que la salinidad no es una preocupación para nuestro suelo.

c) Análisis de Materia orgánica:

La materia orgánica es esencial para mantener la salud del suelo, promover el crecimiento de cultivos saludables y sostenibles, y contribuir a la preservación del medio ambiente. La gestión adecuada de la materia orgánica en el suelo es fundamental para maximizar la productividad agrícola y la sostenibilidad a largo plazo.

Tabla 48

Rangos de materia orgánica en el suelo

Disponibilidad	Materia Orgánica (%)
Bajo	0-2
Medio	2.1-4
Alto	>4

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

Según los resultados del análisis de suelo, la materia orgánica presente en este es de 0.28%, nos encontramos en un rango bajo, esto quiere decir que en 100 Kg de suelo sólo encontraremos 0.28% de materia orgánica.

d) Análisis de Nitrógeno (N):

El nitrógeno en el suelo es un elemento esencial para el desarrollo y la salud de las plantas, y su importancia radica en varios aspectos, como es la regulación del crecimiento de las plantas, es aquel que produce el color verde en las plantas, mejora la resistencia a enfermedades y plagas, contribuye a la producción de semillas y frutos y regula la asimilación del fósforo y el potasio.

Tabla 49

Rangos de nitrógeno en el suelo

Disponibilidad	Nitrógeno (%)
Bajo	0-0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	>0.2

Nota: Esta tabla nos establece un rango en el cual está presente el nitrógeno en el suelo.

Nuestro resultado del análisis de suelo nos indica que nuestro nitrógeno presente en el suelo es de 261 ppm, este resultado debemos de pasarlo a porcentaje de la siguiente manera.

$$\text{Porcentaje}(\%) = \text{Concentración}(\text{ppm}) \times 0.0001$$

$$\text{Porcentaje}(\%) = 261 \times 0.0001$$

$$\text{Porcentaje}(\%) = 0.0261$$

Obtenemos un 0.0261%, en base a los rangos presentados del nitrógeno estaríamos hablando sobre un suelo que tiene muy baja disponibilidad de nitrógeno.

e) Análisis de fósforo (P):

El fósforo es esencial para el crecimiento y la salud de las plantas, la producción de cultivos de alta calidad y la sostenibilidad agrícola, su importancia radica en que es

esencial para el proceso metabólico, importante para la floración, desarrollo de las raíces y en el esqueleto de la planta.

Tabla 50

Rangos de fósforo en el suelo

Disponibilidad	Fósforo (ppm)
Bajo	0-7
Medio	7-14
Alto	>14

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

Nuestro resultado de análisis de suelo nos indica que tenemos 128 mg/kg, nosotros sabemos que 1 mg/kg es lo mismo a decir 1ppm, estamos en un rango muy alto, esto quiere decir que en un millón de kilogramos de suelo hay 128 Kg de fósforo.

f) Análisis de potasio (K):

El potasio es el tercer macronutriente esencial para la planta porque este regula las actividades de las enzimas, es el responsable de la producción de la celulosa, fortalece las paredes de las células, ayuda a tolerar las enfermedades, facilita la formación y al desplazamiento de almidones, azúcares y aceites, convierte al nitrógeno en proteínas y tolera a las sequías.

Tabla 51

Rangos de potasio en el suelo

Disponibilidad	Potasio (ppm)
Bajo	0-100
Medio	100-200
Alto	>200

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

Nuestro resultado de análisis de suelo nos indica que tenemos 1.27 meq/100g (miliequivalente), esto debemos de pasarlo a ppm de la siguiente manera.

$$ppm = meq/100 \text{ gr} \times \text{peso molecular} \times 10,000$$

$$ppm = 1.27 \text{ meq}/100 \text{ gr} \times 39.10 \times 10,000$$

$$ppm = 494.447$$

Nos dio como resultado 494.447 ppm lo cual es muy alto, esto quiere decir que en un millón de kilogramos de suelo hay 494.447 Kg de potasio.

g) Análisis del CIC (Capacidad de intercambio catiónico):

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las plantas es una medida que indica cuántos iones positivos, conocidos como cationes, pueden ser retenidos y liberados por las partículas del suelo en la zona de las raíces de las plantas. En otras palabras, es la capacidad del suelo para actuar como una especie de "almacén" de nutrientes esenciales para las plantas, como calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺), y otros.

Cuando las plantas absorben agua y nutrientes a través de sus raíces, los cationes presentes en el suelo son liberados y disponibles para ser tomados por las raíces de las plantas. **La CIC es importante porque cuanto mayor sea la CIC del suelo, más nutrientes esenciales puede retener y suministrar al cultivo.** Esto influye en la nutrición de las plantas y, en última instancia, en su salud y productividad.

En resumen, la capacidad de intercambio catiónico en las plantas se refiere a la capacidad del suelo para retener y liberar nutrientes esenciales en formas que las plantas puedan absorber, lo que tiene un impacto directo en su crecimiento y desarrollo.

Tabla 52*Rangos CIC en el suelo*

Clasificación	CIC (meq/100gr de suelo)	Valoración
Muy Bajo	0-10	Suelo muy pobre
Bajo	10-20	Suelo pobre
Medio	20-35	Suelo medio
Alto	35-45	Suelo rico
Muy Alto	>45	Suelo muy rico

Nota: Esta tabla nos establece un rango en el cual se realiza un intercambio catiónico.

Nuestro análisis de suelo nos indica que tenemos un CIC de 4 meq/100 gr, esto nos indica que nuestro suelo es muy pobre, no puede retener los nutrientes esenciales para las plantas.

h) Análisis del calcio (Ca):

El calcio es muy importante para el crecimiento de las membranas de las células, para el desarrollo apropiado de las raíces, es regulador de Ph, ayuda a la prevención de la toxicidad del aluminio, promueve la actividad microbiana y mejora la calidad de los frutos.

Tabla 53*Rangos Calcio en el suelo*

Categorías	Calcio (meq/100 gr)
Muy Pobre	<1
Pobre	1 a 2.5
Moderado	2.5 a 4
Normal	4 a 7.5
Muy Bueno	7.5 a 12.5
Rico	12.5 a 20
Muy Rico	>20

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

El resultado de nuestro análisis de suelo nos dio como resultado que tenemos un valor para el calcio presente en el suelo de 4.10 meq/100 gr, entonces nos encontramos en un rango Normal.

i) Análisis del magnesio (Mg):

(Manuel, V., & Toledo, N.,sf) Es un elemento muy importante en la mayoría de los procesos bioquímicos de la planta. Es un constituyente fundamental de la clorofila, por tanto, su carencia provoca una disminución de la actividad fotosintética y un amarilleamiento de las hojas. Participa en la formación y acumulación de reservas de azúcares e hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, etc.

Tabla 54

Rangos Magnesio en el suelo

Categorías	Magnesio (meq/100 gr)
Muy Pobre	<0.5
Pobre	0.5 a 1
Moderado	1 a 2
Normal	2 a 3
Muy Bueno	3 a 5
Rico	5 a 6.5
Muy Rico	>6.5

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

El resultado de nuestro análisis de suelo nos dio como resultado que tenemos un valor para el calcio presente en el suelo de 1.31 meq/100 gr, entonces nos encontramos en un rango Moderado.

j) Análisis de relaciones catiónicas:

Las relaciones catiónicas en el suelo son importantes porque logran influir en:

1. **Ph del suelo:** Determinan si el suelo es ácido o es alcalino, esta determinación nos informa sobre la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la actividad microbiana en el suelo.
2. **El intercambio catiónico:** Impactan la capacidad del suelo para retener y liberar nutrientes a las plantas, lo que afecta la nutrición de nuestro cultivo.
3. **La toxicidad del aluminio:** Pueden influir en la toxicidad del aluminio en el suelo, que puede dañar las raíces de las plantas.
4. **La competencia entre cationes:** Afectan la capacidad de las plantas para absorber nutrientes minerales, ya que compiten con otros cationes presentes en el suelo.
5. **El balance de nutrientes:** Indican el estado de equilibrio o desequilibrio de los nutrientes en el suelo, lo que ayuda en la gestión de la fertilidad del suelo y la toma de decisiones agrícolas.

Cationes cambiables:

Nuestro análisis de suelo nos dio como resultado los siguientes cationes cambiables:

Tabla 55

Cationes cambiables del suelo

Cationes Cambiales	Unidad
Calcio Cambio	2.04 meq/100 g
Magnesio de Cambio	1.08 meq/100 g
Potasio Cambio	0.74 meq/100 g
Sodio Cambio	0.06 meq/100 g
Suma de bases	3.92 meq/100 g

Nota: Los iones Ca, Mg, K y Na actúan contrarrestando la acidez y por dichos motivos se consideran las bases de cambio o elementos básicos (Ph 6 a 7).

1era condición:

Un suelo equilibrado debe de tener:

Ca > Mg > K > Na

2da Condición:

Rangos óptimos e ideales para cationes presentes en el suelo.

Ca: 65% a 85% de la CIC (ideal 75%).

Mg: 6 a 12% (Ideal 10%).

K: 2.5% a 5%.

Na: El resto.

Nuestro suelo tiene:

Ca > Mg > K > Na

2.4 > 1.08 > 0.74 > 0.06 ...(Se cumple la 1era condición)

% de Calcio:

3.92-----100%

2.04-----X

X= 52.04%

% de Magnesio:

3.92-----100%

1.08-----X

X= 27.55%

% de Potasio:

3.92-----100%

0.74-----X

X= 18.88%

% de Na:

3.92-----100%

0.06-----X

X= 1.53%

Resumen:

Tabla 56

Análisis de rangos de los cationes cambiabiles

Cationes Cambiables	%	Rango ideal (%)	Status
Calcio Cambio	52.04	65 a 85	Desequilibrado
Magnesio de Cambio	27.55	6 a 12	Desequilibrado
Potasio Cambio	18.88	2.5 a 5	Desequilibrado
Sodio Cambio	1.53	-	Desequilibrado

Relaciones de las bases intercambiabiles:

Tabla 57

Rangos ideales de bases intercambiabiles

Relaciones Óptimas			
Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
2-6	2-3	20-30	10-15

Relación Calcio y Potasio:

$$Ca/K = \frac{2.04}{0.74} = 2.76$$

El rango óptimo para esta relación sería de 10 a 15, nuestro resultado salió 2.76, está muy por debajo del rango óptimo, esto significa que el calcio va hacer bloqueado por el potasio, por ende, mis plantas van a manifestar deficiencia de calcio.

Relación Calcio y Magnesio:

$$Ca/Mg = \frac{2.04}{1.08} = 1.89$$

El rango óptimo para esta relación sería de 2 a 6, nuestro resultado salió 1.89, está por debajo del rango óptimo, esto significa que el calcio va hacer bloqueado por el Magnesio, por ende, mis plantas van a manifestar deficiencia de calcio.

Relación Magnesio y Potasio:

$$Mg/K = \frac{1.08}{0.74} = 1.46$$

El rango óptimo para esta relación sería de 2 a 3, nuestro resultado salió 1.46, está por debajo del rango óptimo, esto significa que el Magnesio va hacer bloqueado por el potasio, por ende, mis plantas van a manifestar deficiencia de Magnesio.

Cálculo del peso o masa de una Hectárea:

Para calcular el peso de la capa de tierra en una hectárea, necesitamos conocer el espesor de la capa de tierra y la densidad promedio del suelo en esa área.

Paso 1: Medir el Espesor de la Capa de Tierra

Inicialmente, medimos el espesor de la capa de tierra en varios puntos de la hectárea. Si la capa de tierra es uniforme, puedes tomar una sola medición para representar todo el campo. Sin embargo, si hay variaciones en el espesor, toma varias mediciones en diferentes ubicaciones y calcula un promedio.

Hemos tomado un espesor promedio de 30 Cm para el análisis de suelo.

Paso 2: Determinar la Densidad del Suelo

La densidad del suelo puede variar según la composición y la humedad. La densidad típica del suelo varía entre 1.2 y 1.6 (Ton/m³). Para una clase textura Franco-Arenosa la densidad aparente promedio del suelo sería 1.5 Ton/m³.(Lo podemos observar en la tabla 34).

Tabla 58

Relación clase textural con densidad aparente.

Clase textural	Densidad Aparente (Ton/m³)	% Porosidad
Arenoso	1.6-1.8	30-35
Fco.Arenoso	1.4-1.6	35-40
Franco	1.3-1.4	40-45
Fco.Limoso	1.2-1.3	45-50
Arcilloso	1-1.2	50-60

Nota: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina. Los métodos de análisis a seguir en las determinaciones son los mismos recomendados en el anexo correspondiente del Levantamiento de Suelos (D.S. 013-2010-AG).

Paso 3: Calcular el Volumen de Tierra en la Hectárea

Para calcular el volumen de tierra en la hectárea, multiplica el área de la hectárea (10,000 m²) por el espesor promedio de la capa de tierra (en metros).

$$\text{Volumen de tierra (m}^3\text{)} = \text{Área de la hectárea (m}^2\text{)} \times \text{Espesor promedio de la capa de tierra (m)}$$

$$\text{Volumen de tierra (m}^3\text{)} = 10,000 \times 0.3 = 3,000$$

Paso 4: Calcular el Peso de la Capa de Tierra

Finalmente, calcula el peso de la capa de tierra multiplicando el volumen de tierra (en metros cúbicos) por la densidad del suelo (Ton/m³).

$$\text{Peso de la capa de tierra (Ton)} = \text{Volumen de tierra (m}^3\text{)} \times \text{Densidad del suelo (Ton/m}^3\text{)}$$

$$\text{Peso de la capa de tierra (Ton)} = 3000 \text{ (m}^3\text{)} \times 1.5 \text{ (Ton/m}^3\text{)}$$

$$\text{Peso de la capa de tierra (Ton)} = 4,500$$

Paso 5: Convertir el Peso a Kilogramos

Para obtener el peso en kilogramos (kg), simplemente multiplicamos el peso en Toneladas por 1,000:

$$\text{Peso de la capa de tierra (Kg)} = 4,500 \times 1,000 = 4,500,000$$

Por lo tanto, el peso de la capa de tierra en 1 hectárea del proyecto de reforestación con un espesor promedio de 0.3 metros y una densidad de suelo de 1.5 Ton/m³ sería de 4,500 toneladas.

Plan de Fertilización:

Un plan de fertilización, en el contexto agrícola y de la ciencia del suelo, se refiere a un conjunto de prácticas y recomendaciones diseñadas para proporcionar a las plantas los nutrientes esenciales que necesitan para su crecimiento y desarrollo óptimos. Este plan se basa en un análisis de suelos y tiene como objetivo garantizar la fertilidad y la salud del suelo, así como la producción sostenible de cultivos.

a) Materia Orgánica Necesaria:

El resultado de nuestro análisis de suelo nos dio como resultado 0.28% de materia orgánica, eso quiere decir que es muy bajo, tenemos que llevarlo a un rango aceptable que en este caso sería 2.1% para que este en un rango medio. Entonces:

$$2.1\% - 0.28\% = 1.82\%$$

Sabemos que el peso de la capa de la tierra es: 4,500,000 Kg/ha

$$\begin{array}{r} 1.82 \text{ Kg} \text{-----} 100 \text{ Kg} \\ X \text{-----} 4,500,000 \text{ Kg/ha} \\ X = 81,900 \text{ Kg/ha} \end{array}$$

Si en una hectárea tengo 53,400 plantas de maíz cada una recibiría 1.53 Kg de M.O.

b) Nitrógeno disponible:

Vamos a partir del dato de M.O, el cual según nuestro análisis de suelo fue de 0.28%, entonces:

En 100 Kg de suelo podemos encontrar 0.28 Kg de M.O.

$$\begin{array}{r} 100 \text{ Kg} \text{-----} 0.28 \text{ Kg} \\ 4,500,000 \text{ Kg/ha} \text{-----} X \\ X = 12,600 \text{ Kg/ha de M.O} \end{array}$$

Un suelo rico en materia orgánica tiende a tener una fuente constante de nitrógeno disponible, lo que es beneficioso para el crecimiento de los cultivos. Además, la adición de materia orgánica, como compost o estiércol, puede aumentar la disponibilidad de nitrógeno mineral en el suelo y mejorar la fertilidad del mismo.

Ahora calculemos el nitrógeno orgánico, que sería aproximadamente el 5% de la M.O.

$$\begin{array}{r} 100 \text{ Kg} \text{-----} 5 \text{ Kg} \\ 12,600 \text{ Kg/ha de M.O} \text{-----} X \text{ Kg/ha N Orgánico} \\ X = 630 \text{ Kg/ha de N Orgánico.} \end{array}$$

Esta cantidad de nitrógeno es orgánico esto quiere decir que la planta no lo asimila de manera directa, tenemos que conseguir llegar al nitrógeno disponible puesto que este

se refiere a la porción del nitrógeno total que las plantas pueden tomar y utilizar para su crecimiento y desarrollo. Por lo general, se encuentra en forma de iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) disueltos en la solución del suelo. Este nitrógeno está disponible para las raíces de las plantas y puede ser absorbido y utilizado para la síntesis de proteínas, el crecimiento vegetativo y otros procesos metabólicos. El nitrógeno disponible es el que las plantas pueden tomar directamente del suelo.

En la siguiente tabla podemos observar la relación de coeficiente de mineralización de nitrógeno en relación a la Altitud y al Ph.

Tabla 59

Coefficiente de mineralización del Nitrógeno

Tabla de coeficiente de mineralización del Nitrógeno (%)			
Altitud	pH		
	3.5-4.5	4.5-5.5	5.5 >
0-100	3	4	5
100-200	2.8	3.8	4.8
200-300	2.6	3.6	4.6
300-400	2.4	3.4	4.4
400-500	2.2	3.2	4.2
500-600	2	3	4
600-700	1.8	2.8	3.8
700-800	1.6	2.6	3.6
800-900	1.4	2.4	3.4
900-1000	1.2	2.2	3.2

Nota: El proyecto de reforestación se encuentra a una altitud de 81 m.s.n.m

En base a la tabla anterior, nuestra altitud es de 81 m.s.n.m y nuestro pH es de 6.45

Entonces nuestro coeficiente de mineralización es del 5%

$$100 \text{ Kg} \text{-----} 5 \text{ Kg}$$

$$630 \text{ Kg/ha de N Orgánico} \text{-----} X \text{ Kg/ha de N Mineralizado}$$

$$X=31.5 \text{ Kg/ha de nitrógeno mineral.}$$

Sabiendo ya el nitrógeno mineral procederemos a calcular el nitrógeno disponible, para este caso consideramos que en 100 Kg de nitrógeno mineral encontraremos 40 Kg de nitrógeno disponible, se llegó a esta relación por la clase textural que tiene nuestro suelo que es Franco arenoso.

100 Kg----- 40 Kg

31.5 Kg/ha de N Mineral----- X Ton/ha de N Disponible

X=12.6 Kg/ha de nitrógeno disponible.

Entonces podemos decir que en 1 ha encontramos 12.6 Kg de nitrógeno disponible.

Sin embargo; el ciclo biológico del maíz en campo es de 4 a 6 meses. Entonces sólo hay 6.3 Kg de nitrógenos disponible para el maíz.

c) Cantidad de Fósforo disponible:

Nuestro análisis de suelo nos indica que tenemos 128 mg de fósforo disponible por cada kilogramo de suelo, transformaremos este valor a Kg por hectárea ya conociendo el valor del peso de nuestra hectárea de la siguiente manera:

128 mg de fósforo----- 1 Kg de suelo

X mg de fósforo----- 4,500,000 Kg de suelo/ha

X=576,000,000 mg de fósforo/ha

Pasémoslo este valor a Kg, recordemos que (1 Kg=1,000,000 mg) entonces:

X = 576 Kg de fósforo/ha

Esto significa que en 1 Ha tenemos 576 Kg de fósforo presente.

En la práctica, los fertilizantes de fósforo suelen expresarse en términos de óxido de fósforo (P₂O₅) en lugar de fósforo elemental (P). Esto se debe a la forma en que se comercializan y utilizan los fertilizantes.

Necesitamos saber los pesos atómicos del óxido de fósforo (P₂O₅) y hallamos la relación de peso que hay entre la molécula completa y el fósforo.

Recordar que, el peso molecular del fósforo es 31, el oxígeno tiene un peso molecular de 15.9 si lo redondeamos sería 16.

- P = 31 x 2 = 62.
- O = 16 x 5 = 80.

El peso molecular total sería de (62+80) = 142.

Entonces podemos decir que:

$$\begin{array}{l}
 142 \text{ Kg de P}_2\text{O}_5\text{-----} 62 \text{ Kg de fósforo} \\
 X \text{ Kg de P}_2\text{O}_5\text{-----} 576 \text{ Kg de fósforo} \\
 X=1,319.22 \text{ Kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha}
 \end{array}$$

d) Cantidad de Potasio disponible:

El análisis de nuestro suelo revela una disponibilidad de 1.27 meq/100gr de potasio. Vamos a convertir este valor a kilogramos por hectárea, utilizando el peso conocido de nuestra hectárea de la siguiente manera:

Partamos de:

$$1 \text{ Equivalente de K} = \frac{\text{Peso Atómico}}{\text{Valencia}}$$

Recordemos que: el peso atómico del potasio es 39 y su valencia es de 1.

$$1 \text{ Equivalente de K} = \frac{39}{1} = 39 \text{ gr}$$

$$1 \text{ Mili Equivalente de K (meq de K)} = \frac{39}{1000} = 0.039 \text{ gr}$$

Entonces:

$$\begin{array}{l}
 0.039 \text{ gr de Potasio-----} 0.1 \text{ Kg de Suelo} \\
 X \text{ gr de Potasio-----} 4,500,000 \text{ Kg de suelo/ha} \\
 X = 1,755,000 \text{ gr de Potasio/ha}
 \end{array}$$

Pasémoslo este valor a Kg, recordemos que (1 Kg=1,000 gr) entonces:

$$X = 1,755 \text{ Kg de Potasio/ha}$$

Tener en cuenta que el cálculo anteriormente presentado es para 1 meq/100 gr, pero nuestro valor para potasio es de 1.27 meq/100 gr entonces:

$$X = 1,755 \text{ Kg de Potasio/ha} \times 1.27$$

$$X = 2,288.85 \text{ Kg de Potasio/ha}$$

En los compuestos fertilizantes la molécula comercial donde encontramos al Potasio es K₂O, el uso de formas comerciales de fertilizantes para el nitrógeno, fósforo y potasio se justifica por razones de eficiencia, seguridad, practicidad y cumplimiento de regulaciones.

Recordar que, el peso molecular del potasio es 39, el oxígeno tiene un peso molecular de 15.9 si lo redondeamos sería 16.

- $K = 39 \times 2 = 78$.
- $O = 16 \times 1 = 16$.

El peso molecular total sería de $(78+16) = 94$.

Entonces podemos decir que:

$$\begin{array}{r} 94 \text{ Kg de K}_2\text{O} \text{-----} 78 \text{ Kg de fósforo} \\ X \text{ Kg de K}_2\text{O} \text{-----} 2,288.85 \text{ Kg de fósforo} \\ X=2,758.35 \text{ Kg de K}_2\text{O/ha} \end{array}$$

Requerimiento de fertilizantes para producir 4 Ton de grano seco.

Figura 71

Requerimientos nutricionales del proyecto de reforestación



Preparación del Terreno:

La preparación del terreno experimental dio inicio del 27 al 30 de agosto del 2022, con una retroexcavadora se procedió a retirar las malezas y a nivelar el terreno con un gradeo y planchado en seco.

Cuando el terreno quedo limpio y nivelado se procedió a arar en húmedo para posteriormente gradearse y plancharse.

Figura 72

Preparación de terreno experimental.





Cálculos Previos:

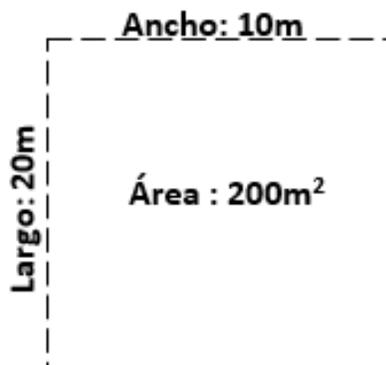
Dimensiones del terreno experimental:

- Largo: 20m.
- Ancho: 10m.

Área total: 200 m²

Figura 73

Dimensiones de terreno experimental



- Distancia entre surcos: **2.5 m**
- Distancia entre golpe: **0.30 m**

$$\# \text{ de Surcos: } \frac{10 \text{ m}}{2.5 \text{ m}} = 4 \text{ Surcos.}$$

$$\# \text{ de Plantas: } \frac{20 \text{ m}}{0.30} = 66 \text{ Plantas.}$$

Se sembrarán 4 semillas, 2 semillas para la parte lateral izquierda y dos semillas para la parte lateral derecha, la distancia entre cada golpe será de 30 Cm, entonces sería un total de $4 \times 66 = 264$ plantas.

Total: $4 \times 264 = 1056$ plantas / 200m^2

- Utilizaremos 68 semillas por cada 4.8 metros de surco
- El largo de mi surco es de 20 m.

64 semillas ----- 4.8m

X semillas ----- 20 m

X = 267 Semillas / Surco.

de Semillas = $267 \text{ Semillas/Surco} \times 4 \text{ Surcos} = 1068 \text{ Semillas} / 200\text{m}^2$

- Aproximadamente 1000 semillas pesan 530g

1000 semillas -----0.530 Kg

1068 semillas ----- X

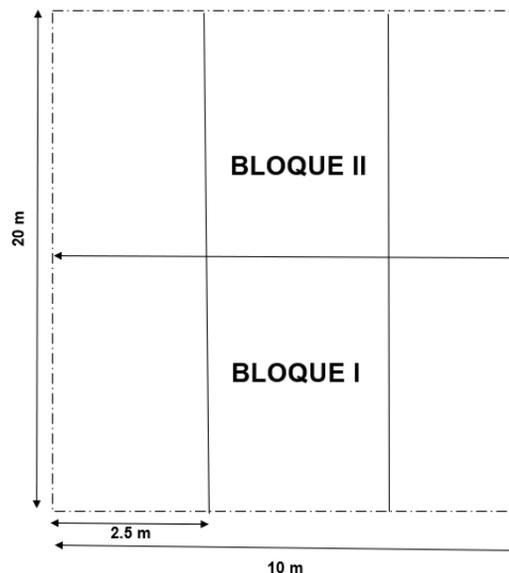
X= 0.566 Kg

La densidad de Siembra sería de 0.566 Kg.

Figura 74

Croquis del terreno experimental.

Croquis Experimental:



Determinación del terreno de la muestra:

Se realizó de acuerdo a los cálculos y medidas determinados en el croquis experimental, para realizar esta labor se utilizaron los siguientes materiales: Wincha, Cordel y yeso.

Figura 75

Trabajos de preparación de terreno-Creación de Surcos



Siembra:

Un día antes de la siembra se humectó el terreno.

Figura 76

Humectación de terreno experimental



Este trabajo se realizó el día 07/09/22 de forma manual a un distanciamiento de 2.5 m entre surco y 30 centímetros entre golpe, depositando 2 semillas, a una profundidad de 5 a 8 cm.

La semilla usada para esta siembra fue el **maíz híbrido dekalb 7508**, se adquirió 1 Kg.

(UZÁTEGUI ORCHARD, 2019) Es un híbrido triple de maíz amarillo duro convencional, con un alto potencial de rendimiento y estabilidad en los diferentes valles maiceros. Es un híbrido precoz, de planta de porte medio a alto, mazorca grande y grano semidentado de buena calidad de color amarillo naranja. Periodo vegetativo de 120 – 150 días, altura de planta 2.3 m – 2.4 m, altura a la mazorca de 1.2 m – 1.3 m.

Porcentaje de desgrane de hasta 85 %, de dieciséis a veinte hileras.

Posee alto potencial de rendimiento. Tolerante al complejo de la mancha de asfalto, pudrición del grano. Buena emergencia y establecimiento. Población recomendada de 75,000 plantas/Ha. distanciamiento de siembra, 0.80 m entre surcos, 0.33 m entre plantas, dos semillas por golpes y seis semillas por metro.

Figura 77

Maíz híbrido dekalb 7508



Fertilización:

Esta labor tuvo lugar 15 días después de la siembra, aplicando el fertilizante orgánico en estudio, el área muestral se dividió en 2 bloques, el BLOQUE I es donde se aplicará este fertilizante con distintos tratamientos por surco.

Figura 78

Fertilizante orgánico proveniente de lodo industrial



Se obtuvo un total de 35.74 Kg de fertilizante orgánico, el cual se distribuyó de la siguiente manera:

Tabla 60

Distribución en % de fertilizante orgánico

Tratamiento	%
T1	10
T2	20
T3	30
T4	40

Entonces la distribución de kilos por surco sería la siguiente:

Tabla 61

Distribución en Kg de fertilizante orgánico

Surco	kg
S1T1	3.57
S2T2	7.15
S3T3	10.72
S4T4	14.30

y el BLOQUE II donde no se aplicará ningún tipo de fertilizante (Testigo).

Esta fertilización se realizó a una profundidad de aproximadamente 10 Cm.

Figura 79

Surcos antes del tratamiento



Figura 80

Aplicación del fertilizante en los surcos elegidos.



Riego:

Teniendo en cuenta las características del suelo y el tipo de cultivo se aplicaron lo siguientes riegos:

Tabla 62

Viajes de riego al terreno experimental.

Nro. de Riegos	Fecha de Aplicación	Edad de cultivo	Clase de agua	Volumen de agua
01	6/09/22	Humectación	Tratada	5.7 m ³
02	13/09/22	7 días	Tratada	5.7 m ³
03	21/09/22	14 días	Tratada	5.7 m ³
04	27/09/22	20 días	Tratada	5.7 m ³
05	3/10/22	26 días	Tratada	5.7 m ³
06	10/10/22	33 días	Tratada	5.7 m ³
07	17/10/22	40 días	Tratada	5.7 m ³
08	25/10/22	48 días	Tratada	5.7 m ³
09	02/11/22	56 días	Tratada	5.7 m ³
10	8/11/22	62 días	Tratada	5.7 m ³
11	15/11/22	69 días	Tratada	5.7 m ³
12	22/11/22	76 días	Tratada	5.7 m ³
13	29/11/22	83 días	Tratada	5.7 m ³

14	7/12/22	91 días	Tratada	5.7 m ³
15	15/12/22	99 días	Tratada	5.7 m ³
16	23/12/22	107 días	Tratada	5.7 m ³
17	3/01/23	118 días	Tratada	5.7 m ³
18	11/01/23	126 días	Tratada	5.7 m ³

Nota: Los riegos que se han dado fueron ligeros y de forma frecuente con la finalidad de mantener la humedad en la capa superficial del suelo en donde se desarrollan las raíces, el terreno de la muestra recibió un total de 102.6 m³.

Levantamiento de información:

1. Altura de la planta (m):

Para la medición de la altura de las plantas de maíz se realizó tomando 10 plantas al azar de cada bloque en estudio, la medición fue tomada desde el pie de la planta hasta la parte superior de esta, para esta medición se utilizó una wincha, esta evaluación se hizo desde que el grano de maíz comenzó a emerger y luego a una frecuencia de 20 días.

1era medición: (Antes de colocar el fertilizante):

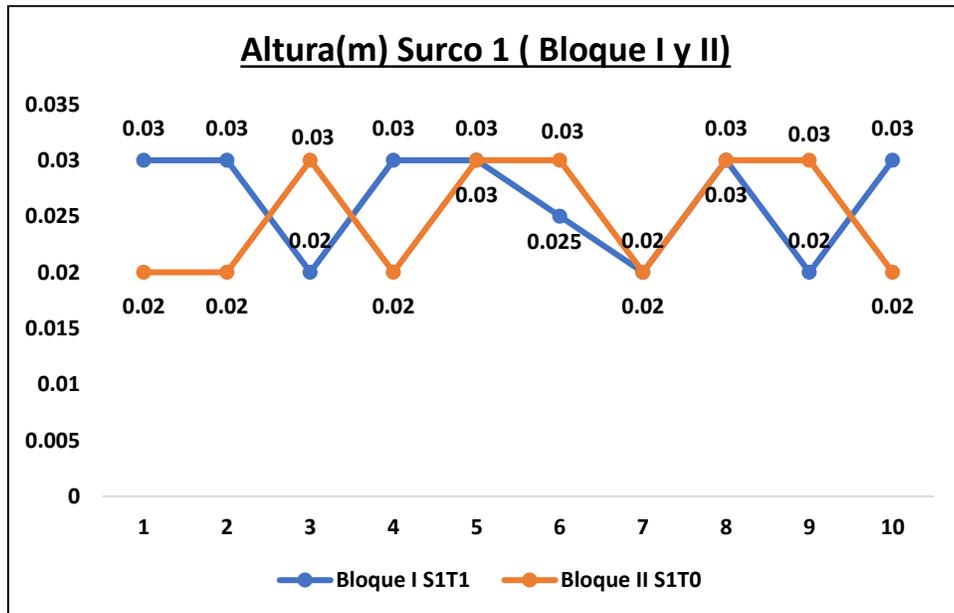
Tabla 63

Altura de Planta de Maíz del Surco 1 antes del fertilizante.

Altura (m) / Surco 1	
Bloque I	Bloque II
S1T1	S1T0
0.03	0.02
0.03	0.02
0.02	0.03
0.03	0.02
0.03	0.03
0.025	0.03
0.02	0.02
0.03	0.03
0.02	0.03
0.03	0.02

Figura 81

Gráfico de Planta de Maíz del Surco 1 Antes del fertilizante



Nota: Evidenciamos que la Altura de las plantas del S1T1 es mayor a la Altura del S1T0 en un **5.66%**. (Este resultado se obtuvo al obtener el promedio de los 10 plantas de ambos bloques).

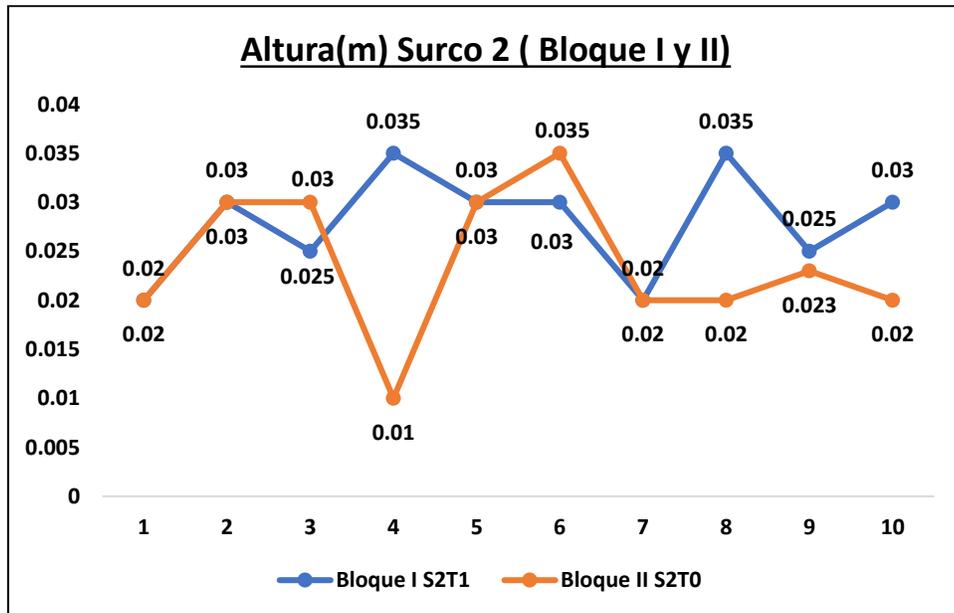
Tabla 64

Altura de Planta de Maíz del Surco 2 antes del fertilizante.

Altura (m) / Surco 2	
Bloque I	Bloque II
S2T1	S2T0
0.02	0.02
0.03	0.03
0.025	0.03
0.035	0.01
0.03	0.03
0.03	0.035
0.02	0.02
0.035	0.02
0.025	0.023
0.03	0.02

Figura 82

Gráfico de Planta de Maíz del Surco 2 Antes del fertilizante



Nota: Notamos que la Altura de las plantas del S2T1 es mayor a la Altura del S2T0 en un 15%.

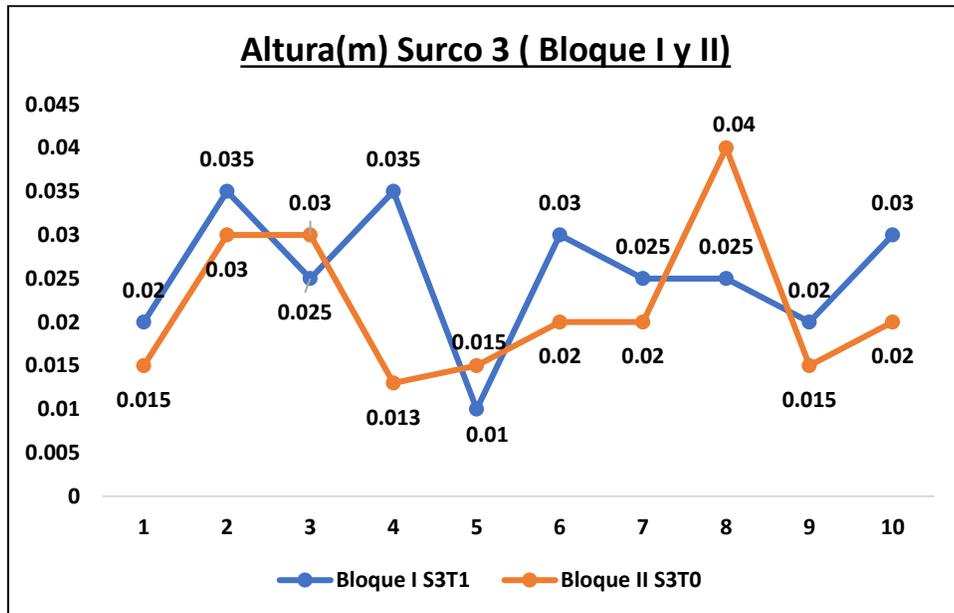
Tabla 65

Altura de Planta de Maíz del Surco 3 antes del fertilizante.

Altura (m) / Surco 3	
Bloque I	Bloque II
S3T1	S3T0
0.02	0.015
0.035	0.03
0.025	0.03
0.035	0.013
0.01	0.015
0.030	0.02
0.025	0.02
0.025	0.04
0.02	0.015
0.03	0.02

Figura 83

Gráfico de Planta de Maíz del Surco 3 Antes del fertilizante



Nota: Notamos que la Altura de las plantas del S3T1 es mayor a la Altura del S3T0 en un 14.5%.

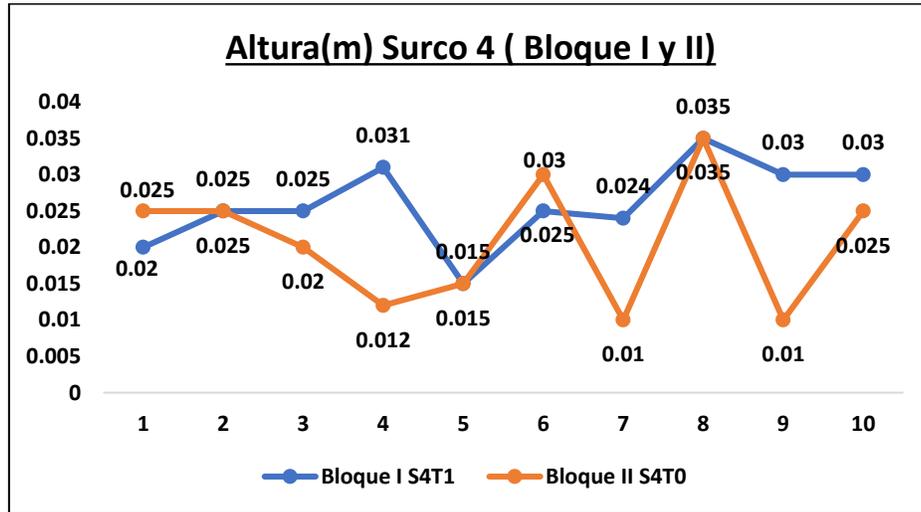
Tabla 66

Altura de Planta de Maíz del Surco 4 antes del fertilizante.

Altura (m) /Surco 4	
Bloque I	Bloque II
S4T1	S4T0
0.02	0.025
0.025	0.025
0.025	0.02
0.031	0.012
0.015	0.015
0.025	0.03
0.024	0.01
0.035	0.035
0.03	0.01
0.03	0.025

Figura 84

Gráfico de Planta de Maíz del Surco 4 Antes del fertilizante



Nota: Notamos que la Altura de las plantas del S4T1 es mayor a la Altura del S4T0 en un 20.4%.

2da medición: (10 días después de colocar el Fertilizante)

Figura 85

Medición de altura 10 días después de la Fertilización.



Nota: Observamos el paulatino crecimiento de las plantas 10 días después que aplicáramos el fertilizante, tomando las medidas correspondientes a las 10 plantas de cada surco y bloque que anteriormente hemos medido.

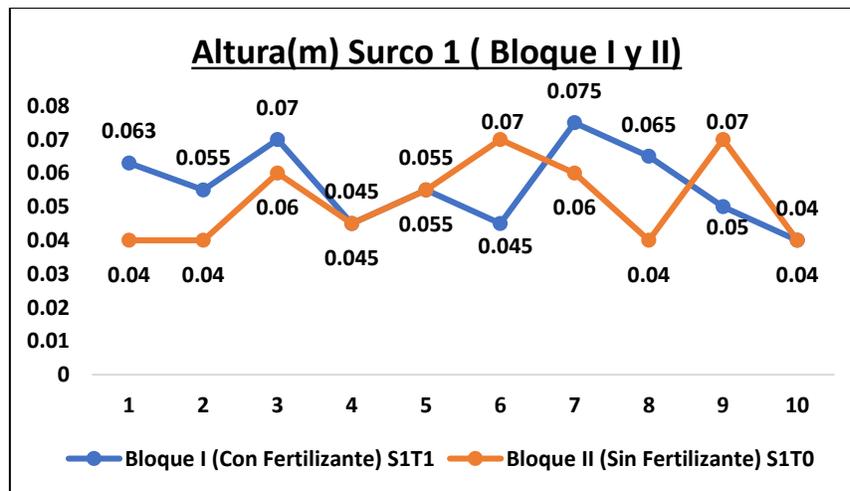
Tabla 67

Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 10 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1	S1T0
0.063	0.04
0.055	0.04
0.07	0.06
0.045	0.045
0.055	0.055
0.045	0.07
0.075	0.06
0.065	0.04
0.05	0.07
0.04	0.04

Figura 86

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 10 días después de la fertilización.



Nota: El seguimiento de la altura de las plantas de maíz 10 días después del fertilizante en el surco 1 podemos determinar que el S1T1 es mayor que el S1T0 en un 7.64%.

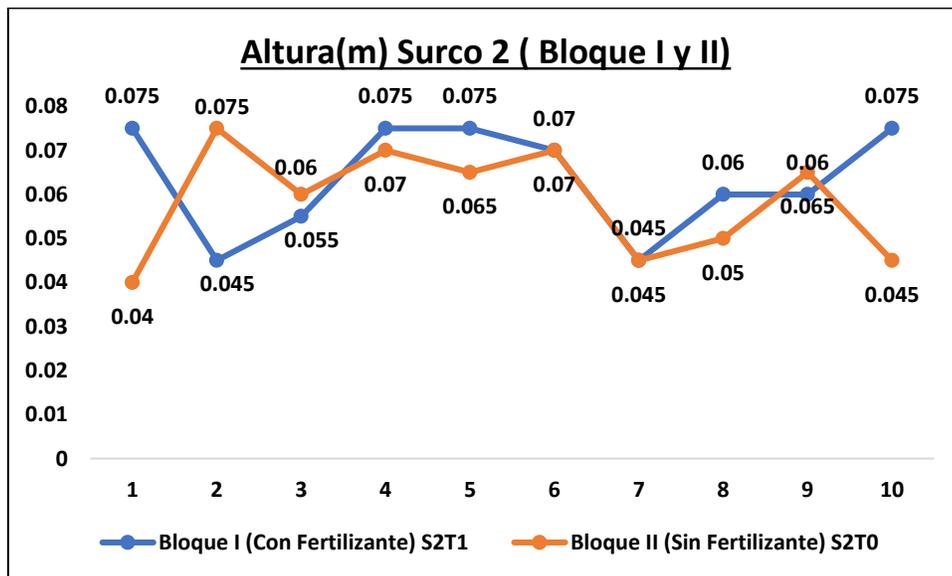
Tabla 68

Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 10 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
0.075	0.04
0.045	0.075
0.055	0.06
0.075	0.07
0.075	0.065
0.07	0.07
0.045	0.045
0.06	0.05
0.06	0.065
0.075	0.045

Figura 87

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 10 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el S2T1 es mayor que el S1T0 en un 7.87%.

Tabla 69

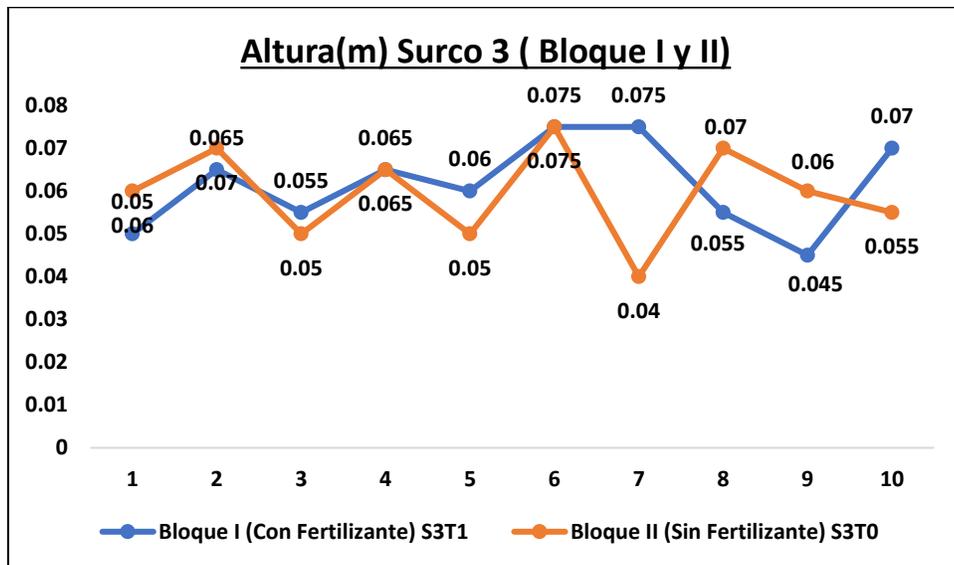
Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 10 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1	S3T0

0.05	0.06
0.065	0.07
0.055	0.05
0.065	0.065
0.06	0.05
0.075	0.075
0.075	0.04
0.055	0.07
0.045	0.06
0.07	0.055

Figura 88

Gráfico de altura de Planta de Maíz del surco 3; 10 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el S3T1 es mayor que el S3T0 en un 3.25%.

Tabla 70

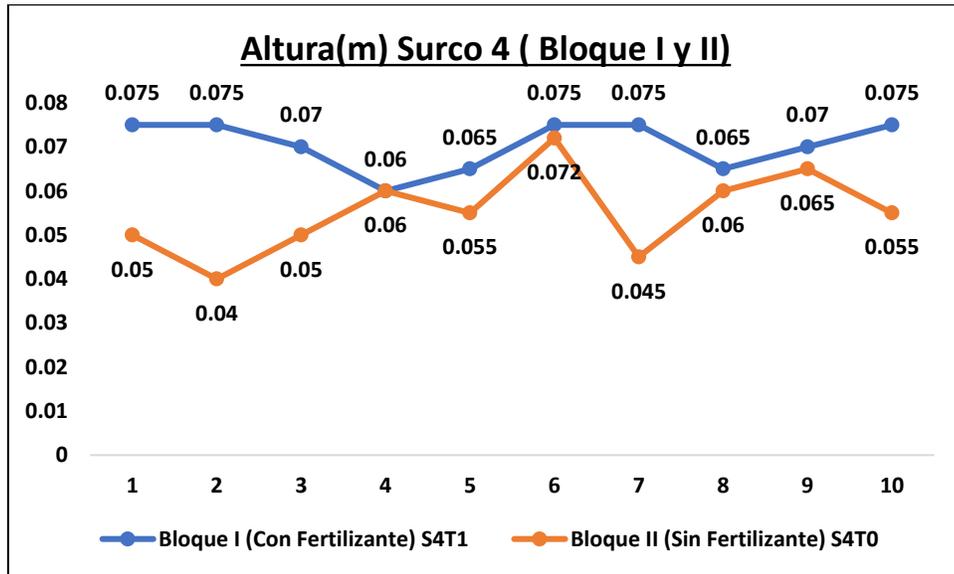
Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 10 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
0.075	0.05
0.075	0.04
0.07	0.05
0.06	0.060
0.065	0.055
0.075	0.072
0.075	0.045

0.065	0.06
0.07	0.065
0.075	0.055

Figura 89

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 4, 10 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el S4T1 es mayor que el S4T0 en un 21.7%, a comparación de los otros surcos, el surco 4 está teniendo resultados muchos más eficientes, esperemos que se siga dando la misma tendencia en los siguientes días.

3ra medición: (30 días después de la fertilización)

Figura 90

Medición de altura 30 días después de la fertilización



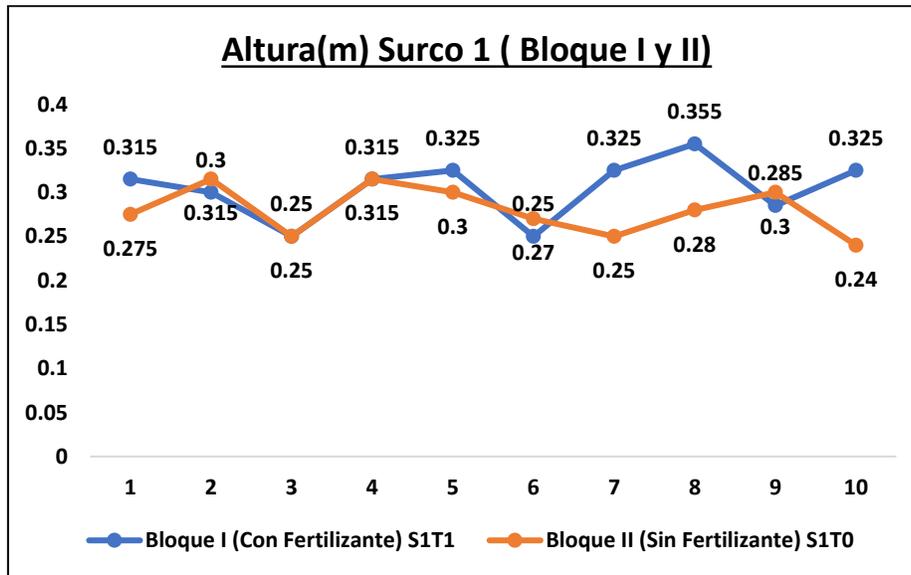
Tabla 71

Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 30 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1	S1T0
0.315	0.275
0.30	0.315
0.25	0.25
0.315	0.315
0.325	0.30
0.25	0.27
0.325	0.25
0.355	0.28
0.285	0.30
0.325	0.24

Figura 91

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 30 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que el S1T1 es mayor que el S1T0 en un 8.21%.

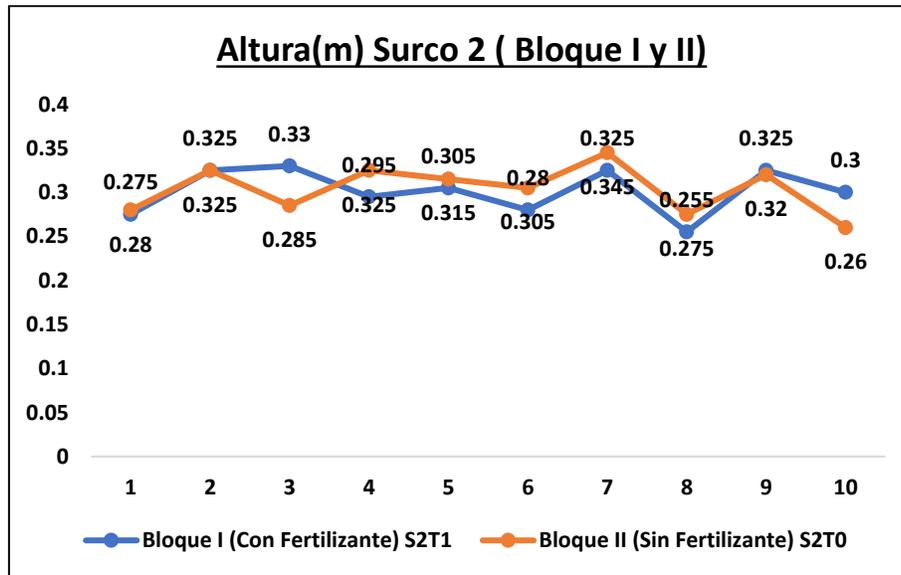
Tabla 72

Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 30 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
0.275	0.28
0.325	0.325
0.33	0.285
0.295	0.325
0.305	0.315
0.28	0.305
0.325	0.345
0.255	0.275
0.325	0.32
0.30	0.26

Figura 92

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 30 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el S2T1 es mayor que el S2T0 en un 0.66%.

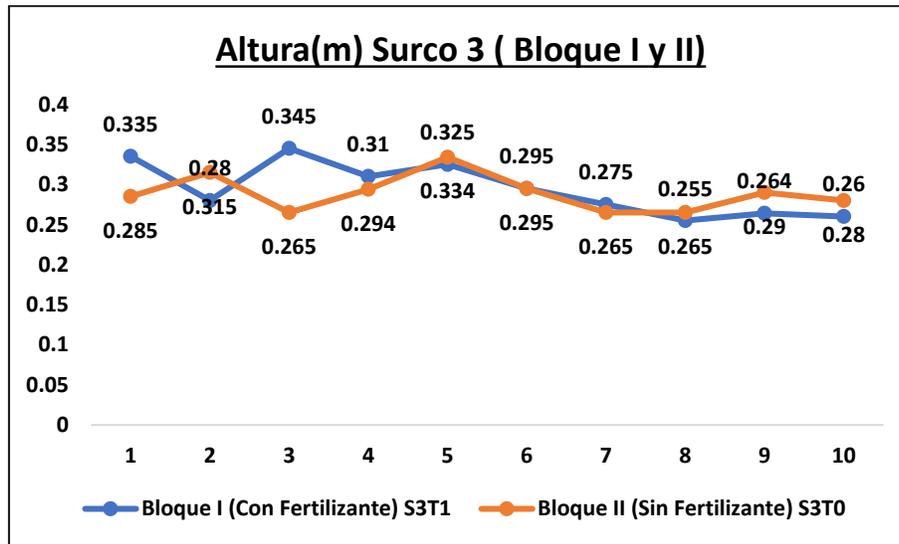
Tabla 73

Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 30 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1	S3T0
0.335	0.285
0.28	0.315
0.345	0.265
0.31	0.294
0.325	0.334
0.295	0.295
0.275	0.265
0.255	0.265
0.264	0.29
0.26	0.28

Figura 93

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 30 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el S3T1 es mayor que el S1T0 en un 1.90%.

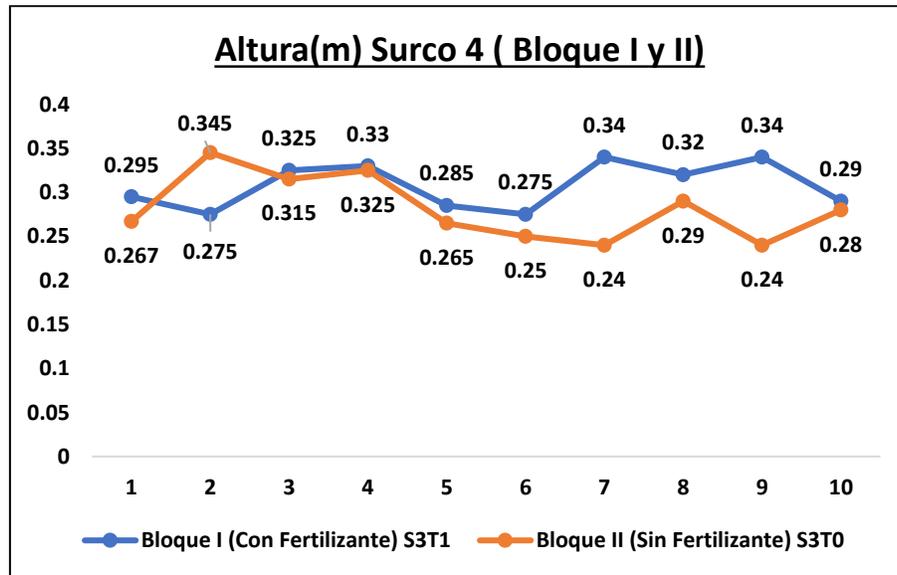
Tabla 74

Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 30 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante) S3T1	Bloque II (Sin Fertilizante) S3T0
S3T1	S3T0
0.295	0.267
0.275	0.345
0.325	0.315
0.33	0.325
0.285	0.265
0.275	0.25
0.34	0.24
0.32	0.29
0.34	0.24
0.29	0.28

Figura 94

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 4, 30 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el S4T1 es mayor que el S4T0 en un 8.39%, seguimos observando una clara tendencia del surco 4 con fertilizante obteniendo mayores resultados que sus semejantes.

4ta medición: (50 días después de la fertilización)

Figura 95

Medición de altura 50 días después de la fertilización.



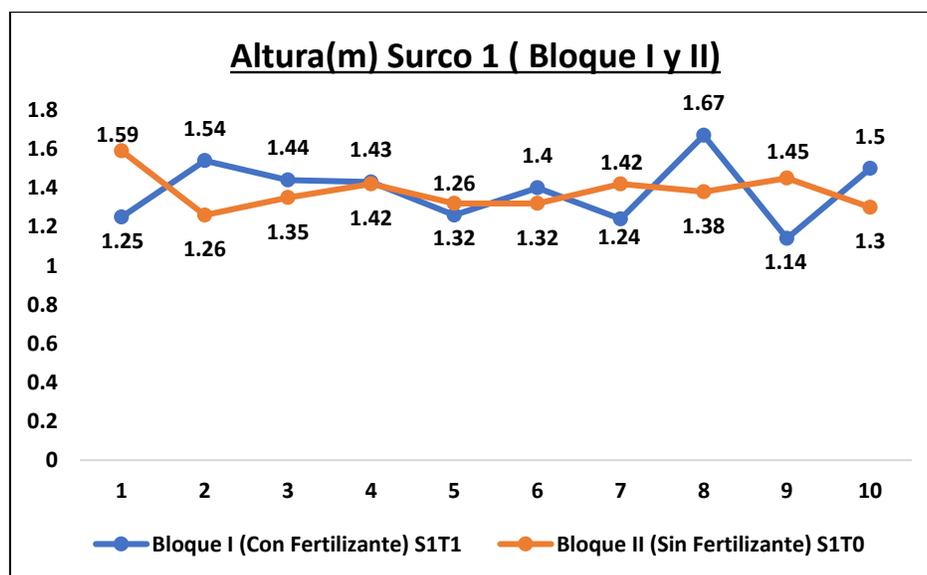
Tabla 75

Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 50 días después de la fertilización.

Altura (m)		
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)	
S1T1	S1T0	
1.25	1.59	
1.54	1.26	
1.44	1.35	
1.43	1.42	
1.26	1.32	
1.40	1.32	
1.24	1.42	
1.67	1.38	
1.14	1.45	
1.5	1.30	

Figura 96

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 50 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que el S1T1 es ligeramente mayor que el S1T0 en un 0.43%.

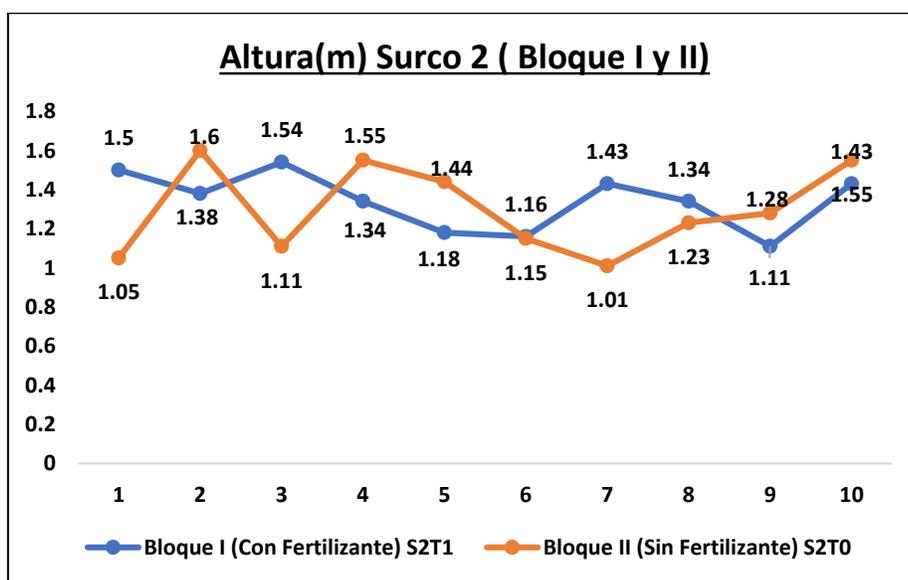
Tabla 76

Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 50 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
1.5	1.05
1.38	1.6
1.54	1.11
1.34	1.55
1.18	1.44
1.16	1.15
1.43	1.01
1.34	1.23
1.11	1.28
1.43	1.55

Figura 97

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 50 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el S2T1 es mayor que el S2T0 en un 3.28%.

Tabla 77

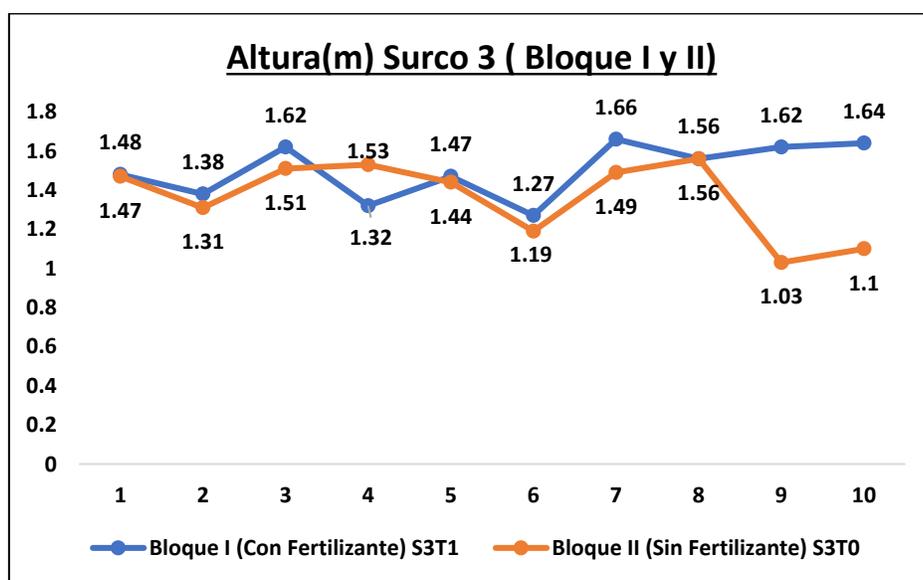
Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1	S3T0
1.48	1.47

1.38	1.31
1.62	1.51
1.32	1.53
1.47	1.44
1.27	1.19
1.66	1.49
1.56	1.56
1.62	1.03
1.64	1.10

Figura 98

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el S3T1 es mayor que el S3T0 en un 9.25%.

Tabla 78

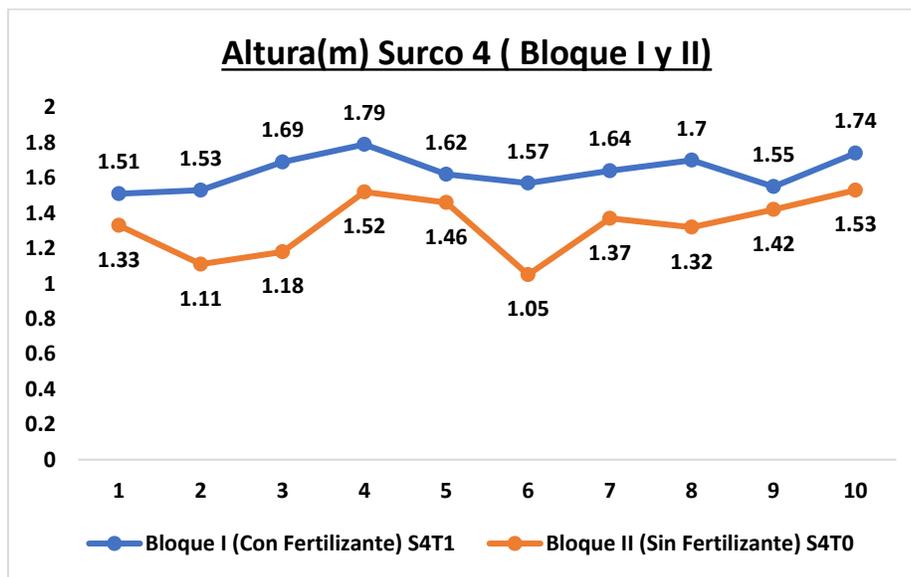
Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 50 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
1.51	1.33
1.53	1.11
1.69	1.18
1.79	1.52
1.62	1.46
1.57	1.05
1.64	1.37
1.70	1.32

1.55	1.42
1.74	1.53

Figura 99

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 3, 50 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el S4T1 es mayor que el S4T0 en un 18.67%, seguimos obteniendo resultados favorables del fertilizante orgánico en el surco 4.

5ta medición: (70 días después de la fertilización)

Figura 100

Medición de altura 70 días después de la fertilización



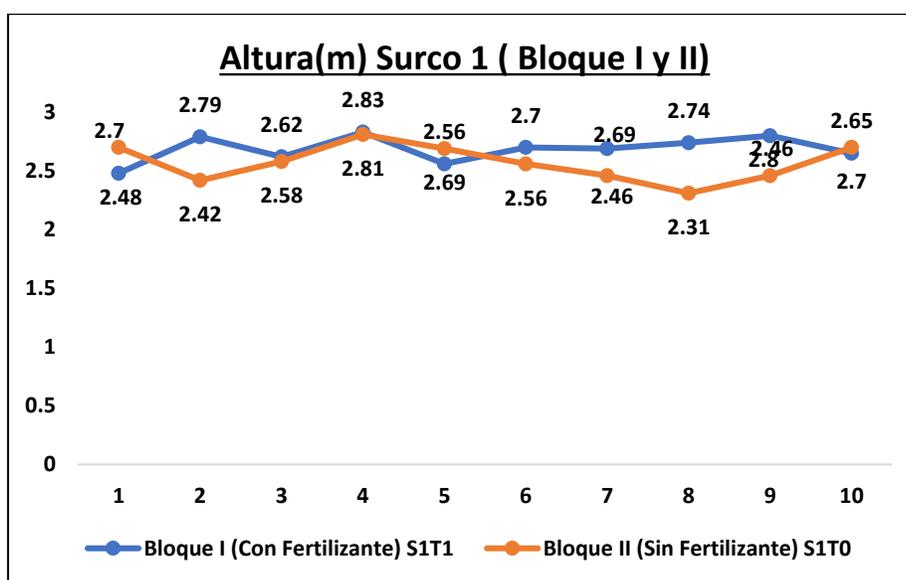
Tabla 79

Altura de Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1	S1T0
2.48	2.7
2.79	2.42
2.62	2.58
2.83	2.81
2.56	2.69
2.70	2.56
2.69	2.46
2.74	2.31
2.8	2.46
2.65	2.70

Figura 101

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que el S1T1 es mayor que el S3T0 en un 4.36%.

Tabla 80

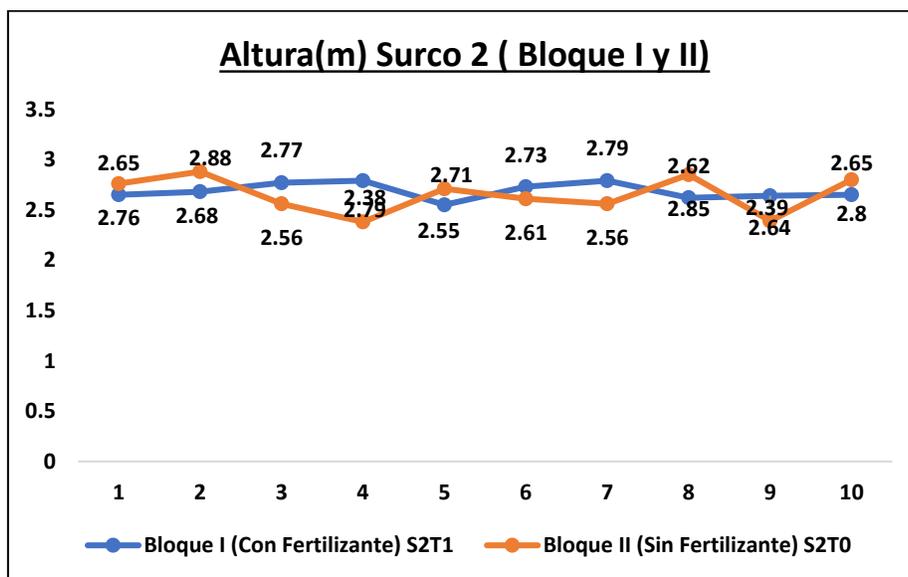
Altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
2.65	2.76

2.68	2.88
2.77	2.56
2.79	2.38
2.55	2.71
2.73	2.61
2.79	2.56
2.62	2.85
2.64	2.39
2.65	2.8

Figura 102

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el S2T1 es mayor que el S2T0 en un 1.38%.

Tabla 81

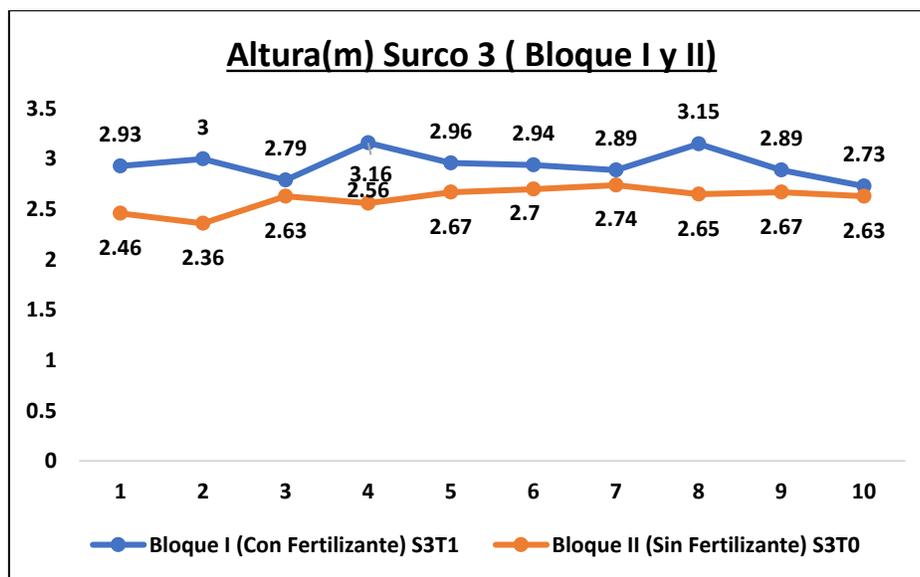
Altura de Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1	S3T0
2.93	2.46
3.0	2.36
2.79	2.63
3.16	2.56
2.96	2.67
2.94	2.70
2.89	2.74

3.15	2.65
2.89	2.67
2.73	2.63

Figura 103

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el S3T1 es mayor que el S3T0 en un 11.45%.

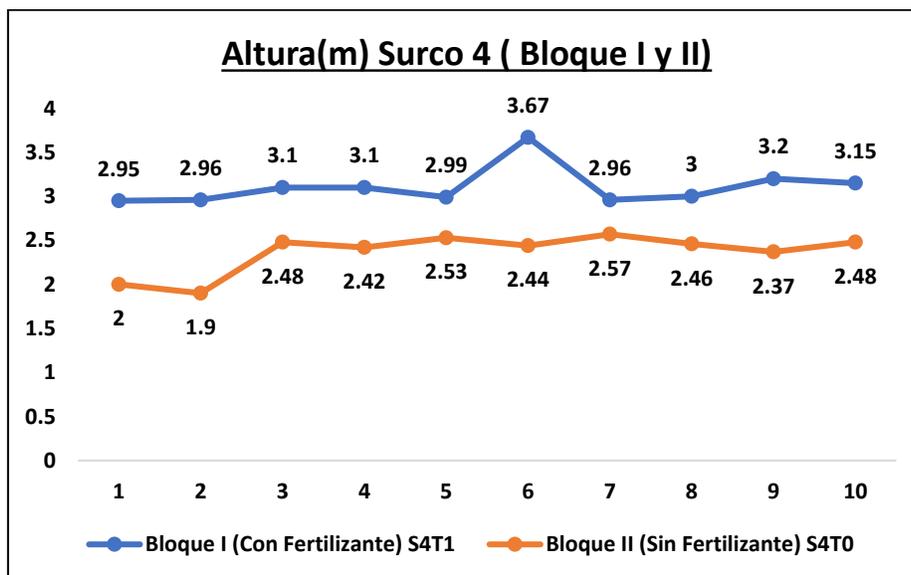
Tabla 82

Altura de Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.

Altura (m)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
2.95	2
2.96	1.90
3.10	2.48
3.10	2.42
2.99	2.53
3.67	2.44
2.96	2.57
3.00	2.46
3.2	2.37
3.15	2.48

Figura 104

Gráfico de la altura de Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el S4T1 es mayor que el S4T0 en un 23.91%.

La tendencia durante estos días de medición nos indica que el surco 4 ha obtenido mejores resultados debido a la proporción de fertilizante empleado en el que fue del 40 % un total de 17.87 Kg.

Determinación de la tasa de crecimiento de la planta de maíz:

Tabla 83

Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 1, Con Fertilizante

Altura (m) Surco 1 (Con Fertilizante)				
0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I
S1T1	S1T1	S1T1	S1T1	S1T1
0.03	0.063	0.315	1.25	2.48
0.03	0.055	0.3	1.54	2.79
0.02	0.07	0.25	1.44	2.62
0.03	0.045	0.315	1.43	2.83
0.03	0.055	0.325	1.26	2.56
0.025	0.045	0.25	1.4	2.7
0.02	0.075	0.325	1.24	2.69
0.03	0.065	0.355	1.67	2.74
0.02	0.05	0.285	1.14	2.8

	0.03	0.04	0.325	1.5	2.65
Promedio:	0.0265	0.0563	0.3045	1.387	2.686
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.30%	1.24%	5.41%	6.50%

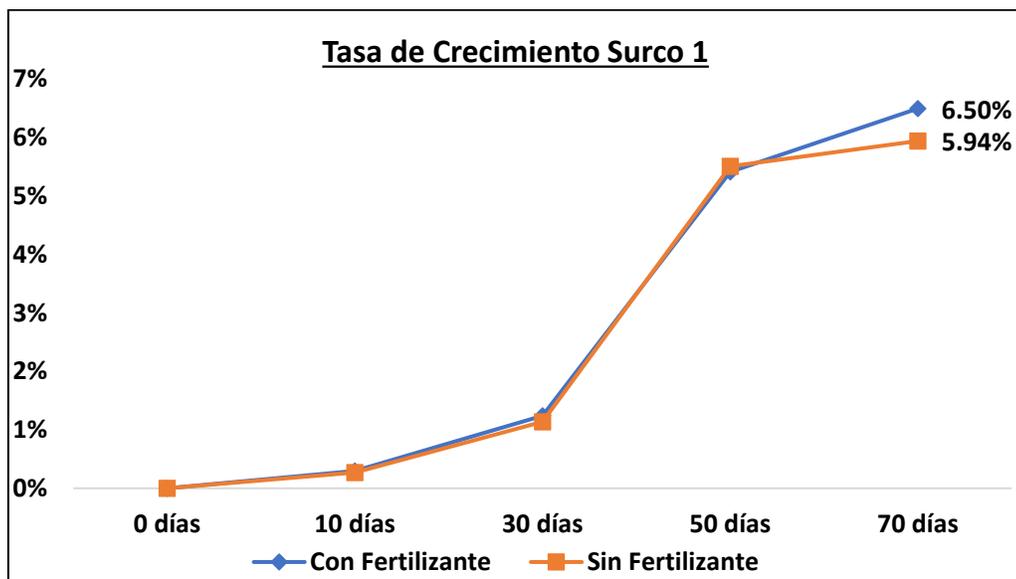
Tabla 84

Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 1, Sin Fertilizante

Altura (m) Surco 1 (Sin Fertilizante)					
	0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
	Bloque	Bloque	Bloque	Bloque	Bloque
	II	II	II	II	II
	S1T0	S1T0	S1T0	S1T0	S1T0
	0.02	0.04	0.275	1.59	2.7
	0.02	0.04	0.315	1.26	2.42
	0.03	0.06	0.25	1.35	2.58
	0.02	0.045	0.315	1.42	2.81
	0.03	0.055	0.3	1.32	2.69
	0.03	0.07	0.27	1.32	2.56
	0.02	0.06	0.25	1.42	2.46
	0.03	0.04	0.28	1.38	2.31
	0.03	0.07	0.3	1.45	2.46
	0.02	0.04	0.24	1.3	2.7
Promedio:	0.025	0.052	0.2795	1.381	2.569
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.27%	1.14%	5.51%	5.94%

Figura 105

Resumen tasa de crecimiento Surco 1, 70 días después de la fertilización.



Nota: Observamos una tasa de crecimiento muy similar entre el surco con fertilizante y el otro sin fertilizante habiendo un cambio ya a los 70 días.

Tabla 85

Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 2, Con Fertilizante

	Altura (m) Surco 2 (Con Fertilizante)				
	0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I
S2T1	S2T1	S2T1	S2T1	S2T1	S2T1
0.02	0.075	0.275	1.5	2.65	
0.03	0.045	0.325	1.38	2.68	
0.025	0.055	0.33	1.54	2.77	
0.035	0.075	0.295	1.34	2.79	
0.03	0.075	0.305	1.18	2.55	
0.03	0.07	0.28	1.16	2.73	
0.02	0.045	0.325	1.43	2.79	
0.035	0.06	0.255	1.34	2.62	
0.025	0.06	0.325	1.11	2.64	
0.03	0.075	0.3	1.43	2.65	
Promedio:	0.028	0.0635	0.3015	1.341	2.687
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.36%	1.19%	5.20%	6.73%

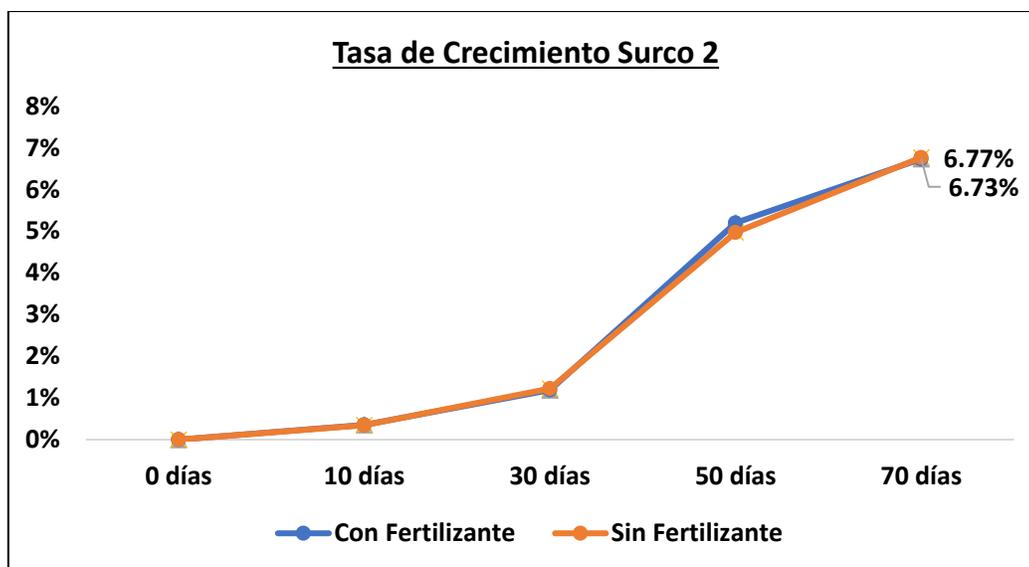
Tabla 86

Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 2, Sin Fertilizante

Altura (m) Surco 2 (Sin Fertilizante)				
0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque II	Bloque II	Bloque II	Bloque II	Bloque II
S2T0	S2T0	S2T0	S2T0	S2T0
0.02	0.04	0.28	1.05	2.76
0.03	0.075	0.325	1.6	2.88
0.03	0.06	0.285	1.11	2.56
0.01	0.07	0.325	1.55	2.38
0.03	0.065	0.315	1.44	2.71
0.035	0.07	0.305	1.15	2.61
0.02	0.045	0.345	1.01	2.56
0.02	0.05	0.275	1.23	2.85
0.023	0.065	0.32	1.28	2.39
0.02	0.045	0.26	1.55	2.8
Promedio:	0.0238	0.0585	0.3035	1.297
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.35%	1.23%	4.97%

Figura 106

Resumen tasa de crecimiento Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: Observamos una tasa de crecimiento muy similar entre el surco con fertilizante y el otro sin fertilizante esta tasa no varía mucho a lo largo del periodo de experimentación.

Tabla 87

Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 3, Con Fertilizante

Altura (m) Surco 3 (Con Fertilizante)				
0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I
S3T1	S3T1	S3T1	S3T1	S3T1
0.02	0.05	0.335	1.48	2.93
0.035	0.065	0.28	1.38	3
0.025	0.055	0.345	1.62	2.79
0.035	0.065	0.31	1.32	3.16
0.01	0.06	0.325	1.47	2.96
0.03	0.075	0.295	1.27	2.94
0.025	0.075	0.275	1.66	2.89
0.025	0.055	0.255	1.56	3.15
0.02	0.045	0.264	1.62	2.89
0.03	0.07	0.26	1.64	2.73
Promedio:	0.0255	0.0615	0.2944	1.502
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.36%	1.16%	6.04%

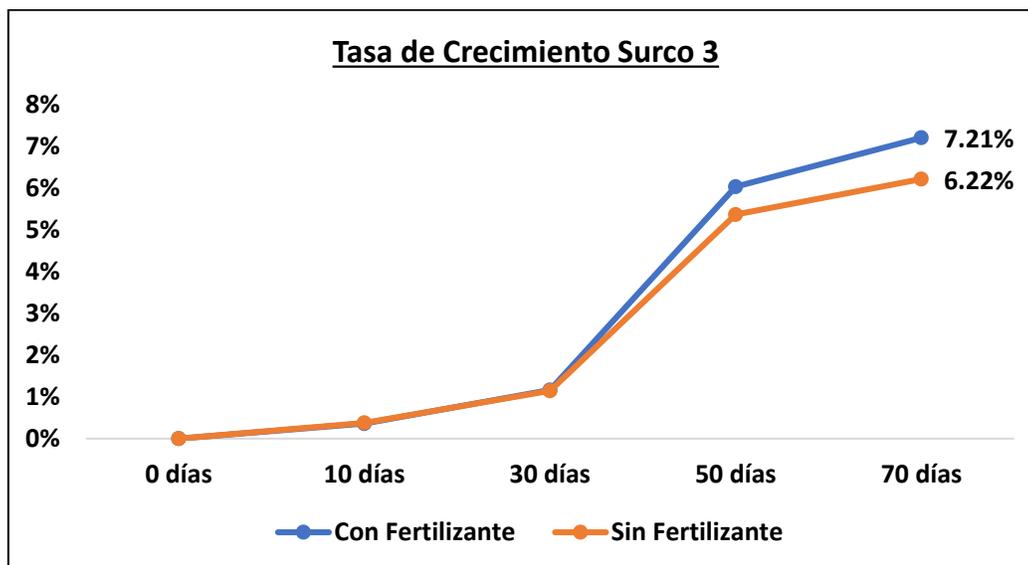
Tabla 88

Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 3, Sin Fertilizante

Altura (m) Surco 3 (Sin Fertilizante)				
0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque II	Bloque II	Bloque II	Bloque II	Bloque II
S3T0	S3T0	S3T0	S3T0	S3T0
0.015	0.06	0.285	1.47	2.46
0.03	0.07	0.315	1.31	2.36
0.03	0.05	0.265	1.51	2.63
0.013	0.065	0.294	1.53	2.56
0.015	0.05	0.334	1.44	2.67
0.02	0.075	0.295	1.19	2.7
0.02	0.04	0.265	1.49	2.74
0.04	0.07	0.265	1.56	2.65
0.015	0.06	0.29	1.03	2.67
0.02	0.055	0.28	1.1	2.63
Promedio:	0.0218	0.0595	0.2888	1.363
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.38%	1.15%	5.37%

Figura 107

Resumen tasa de crecimiento Surco 3, 70 días después de la fertilización



Nota: A partir del día 30 podemos observar una brecha en positivo para la tasa de crecimiento del surco con fertilizante, observamos que tiene una tendencia en aumento a comparación del surco sin fertilizante que está también en aumento, pero en menor medida que del del fertilizante.

Tabla 89

Tasa de crecimiento del bloque I, Surco 4, Con Fertilizante

Altura (m) Surco 4 (Con Fertilizante)				
0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Bloque I
S4T1	S4T1	S3T1	S4T1	S4T1
0.02	0.075	0.295	1.51	2.95
0.025	0.075	0.275	1.53	2.96
0.025	0.07	0.325	1.69	3.1
0.031	0.06	0.33	1.79	3.1
0.015	0.065	0.285	1.62	2.99
0.025	0.075	0.275	1.57	3.67
0.024	0.075	0.34	1.64	2.96
0.035	0.065	0.32	1.7	3
0.03	0.07	0.34	1.55	3.2
0.03	0.075	0.29	1.74	3.15
Promedio:	0.026	0.0705	0.3075	1.634

Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.45%	1.19%	6.63%	7.37%
-----------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

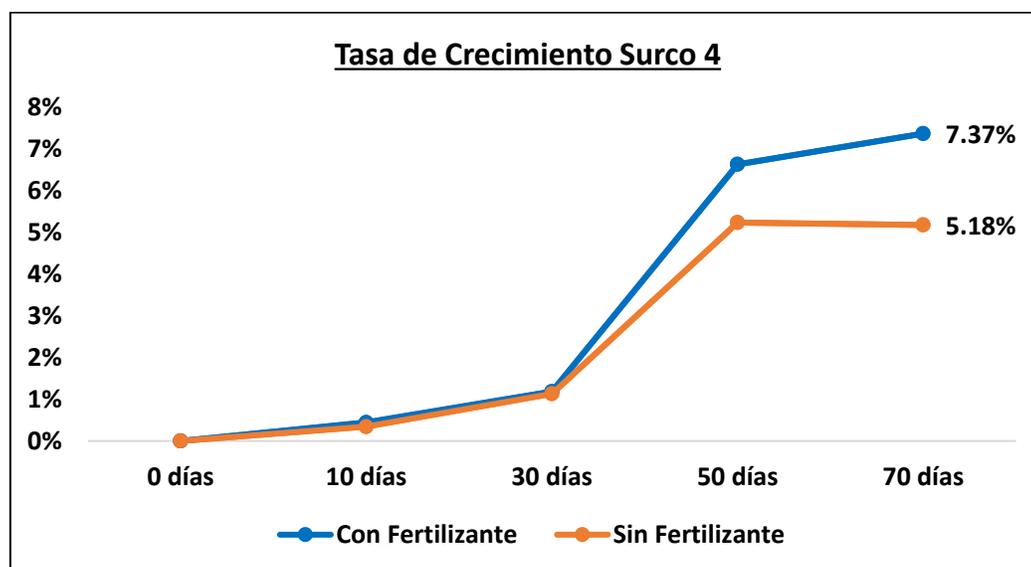
Tabla 90

Tasa de crecimiento del bloque II, Surco 4, Sin Fertilizante

Altura (m) Surco 4 (Sin Fertilizante)					
	0 días	10 días	30 días	50 días	70 días
	Bloque	Bloque	Bloque	Bloque	Bloque
	II	II	II	II	II
	S4T0	S4T0	S3T0	S4T0	S4T0
	0.025	0.05	0.267	1.33	2
	0.025	0.04	0.345	1.11	1.9
	0.02	0.05	0.315	1.18	2.48
	0.012	0.06	0.325	1.52	2.42
	0.015	0.055	0.265	1.46	2.53
	0.03	0.072	0.25	1.05	2.44
	0.01	0.045	0.24	1.37	2.57
	0.035	0.06	0.29	1.32	2.46
	0.01	0.065	0.24	1.42	2.37
	0.025	0.055	0.28	1.53	2.48
Promedio:	0.0207	0.0552	0.2817	1.329	2.365
Tasa de Crecimiento:	0.00%	0.35%	1.13%	5.24%	5.18%

Figura 108

Resumen tasa de crecimiento Surco 4, 70 días después de la fertilización



Nota: A partir del día 30, se nota claramente una tendencia en la tasa de crecimiento del surco 4 con fertilizante, haciéndose mucho más notoria en el día 70. Con esto llegamos a una conclusión preliminar que con el fertilizante orgánico estamos teniendo mejores resultados en función a la altura.

2. Diámetro del tallo (m):

En las mismas 10 plantas en estudio se realizó el levantamiento de la información de esta característica, mediante un vernier calibrado en cm.

Figura 109

Medición de diámetro del tallo, 70 días después de la fertilización.



Tabla 91

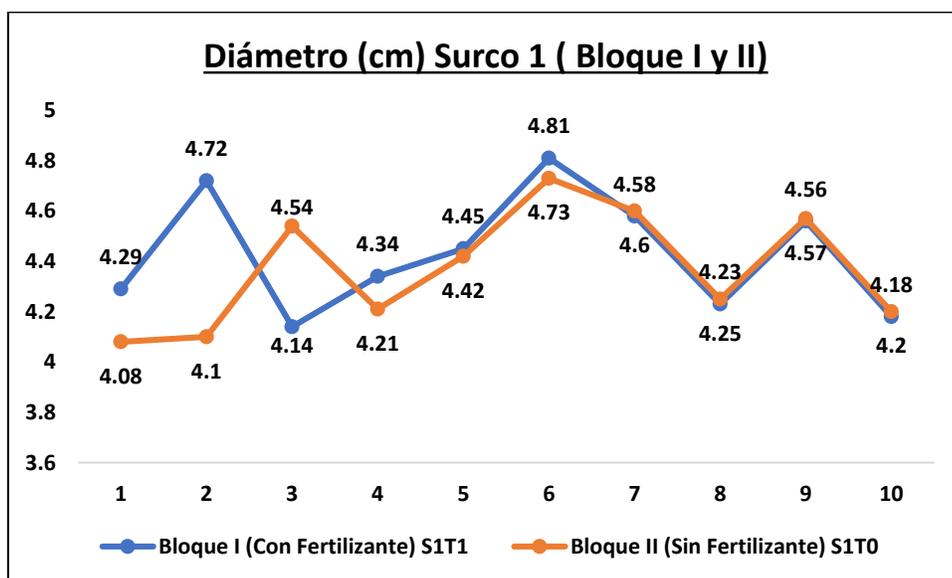
Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de Tallo (cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1	S1T0
4.29	4.08
4.72	4.10
4.14	4.54
4.34	4.21
4.45	4.42
4.81	4.73
4.58	4.60
4.23	4.25

4.56	4.57
4.18	4.20

Figura 110

Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que el diámetro de la planta de maíz del S1T1 es mayor que el S1T0 en un 1.35%.

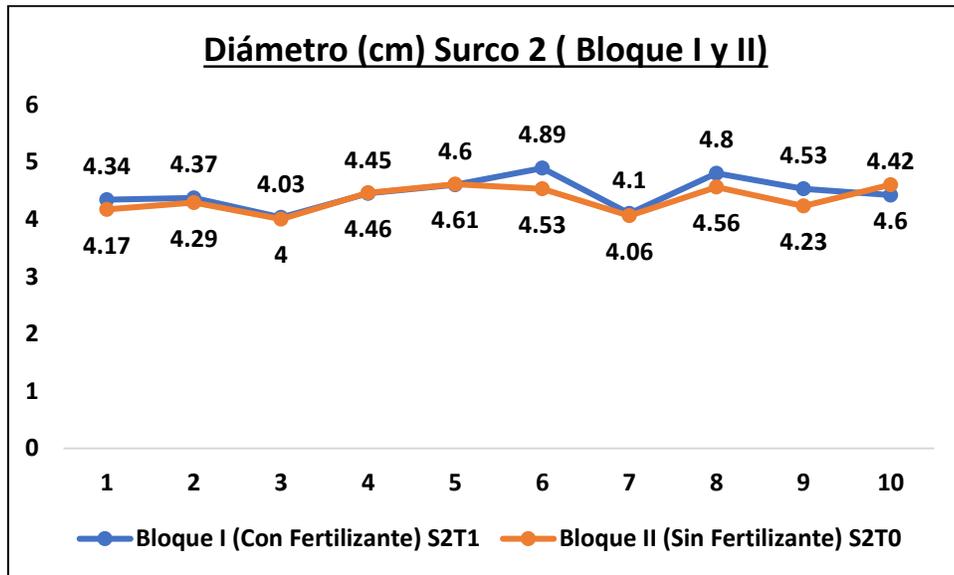
Tabla 92

Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de Tallo (cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
4.34	4.17
4.37	4.29
4.03	4
4.45	4.46
4.6	4.61
4.89	4.53
4.1	4.06
4.80	4.56
4.53	4.23
4.42	4.6

Figura 111

Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el diámetro de la planta de maíz del S2T1 es mayor que el S2T0 en un 2.29%.

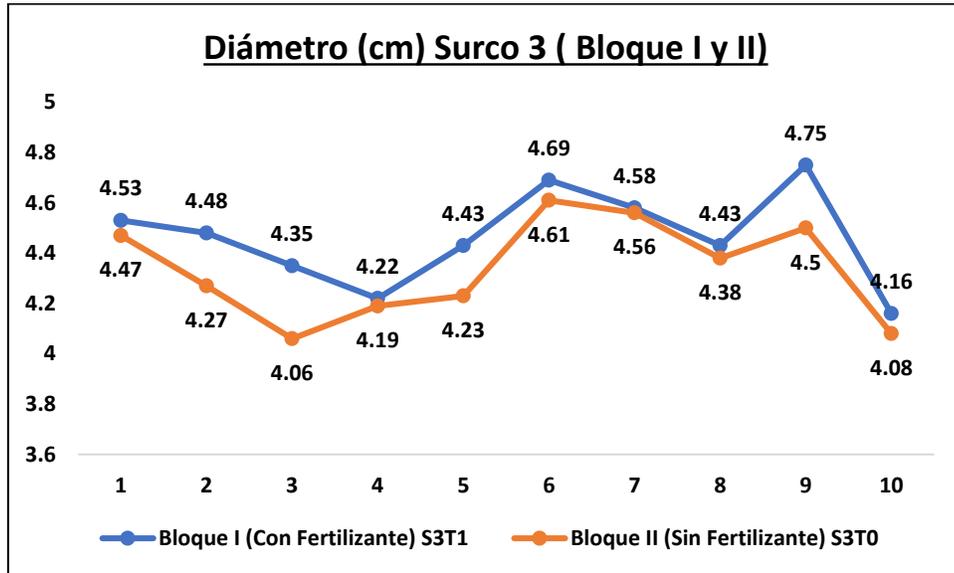
Tabla 93

Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de Tallo (cm)	
Bloque I (Con Fertilizante) S3T1	Bloque II (Sin Fertilizante) S3T0
4.53	4.47
4.48	4.27
4.35	4.06
4.22	4.19
4.43	4.23
4.69	4.61
4.58	4.56
4.43	4.38
4.75	4.50
4.16	4.08

Figura 112

Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el diámetro de la planta de maíz del S3T1 es mayor que el S3T0 en un 2.85%.

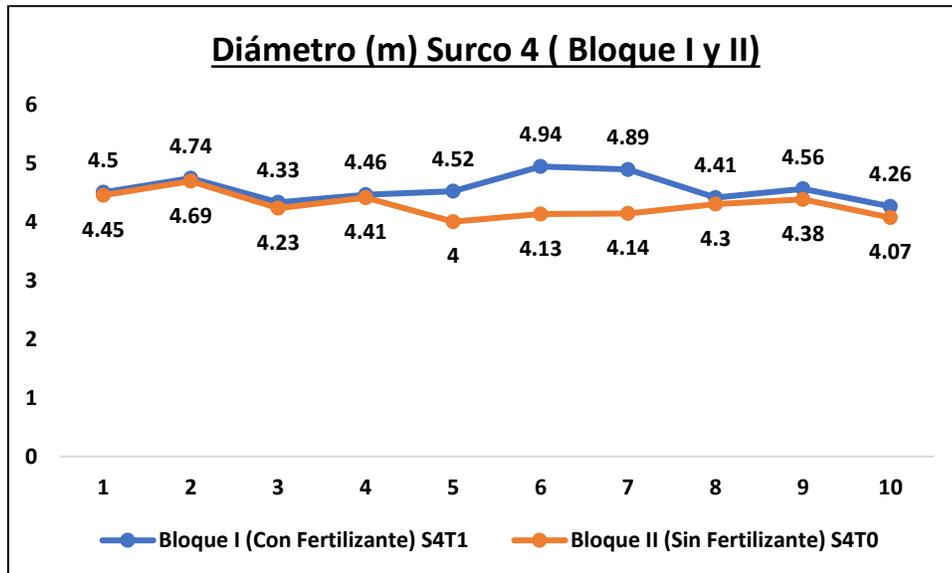
Tabla 94

Diámetro del Tallo de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de Tallo (cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
4.5	4.45
4.74	4.69
4.33	4.23
4.46	4.41
4.52	4
4.94	4.13
4.89	4.14
4.41	4.3
4.56	4.38
4.26	4.07

Figura 113

Gráfico del diámetro de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el diámetro de la planta de maíz del S4T1 es mayor que el S4T0 en un 6.16%. Podemos concluir que el diámetro del tallo de los surcos con fertilizante aumenta a medida que se aumenta la proporción de fertilizante siendo el surco 4 el que tiene los mejores resultados.

3.Longitud de la mazorca (cm):

En las misma 10 plantas del estudio se procedió a medir la característica de la longitud de cada mazorca, midiendo la longitud con una wincha, desde la base hasta el ápice de cada mazorca.

Figura 114

Medición de la longitud de la mazorca, 70 días después de la fertilización.



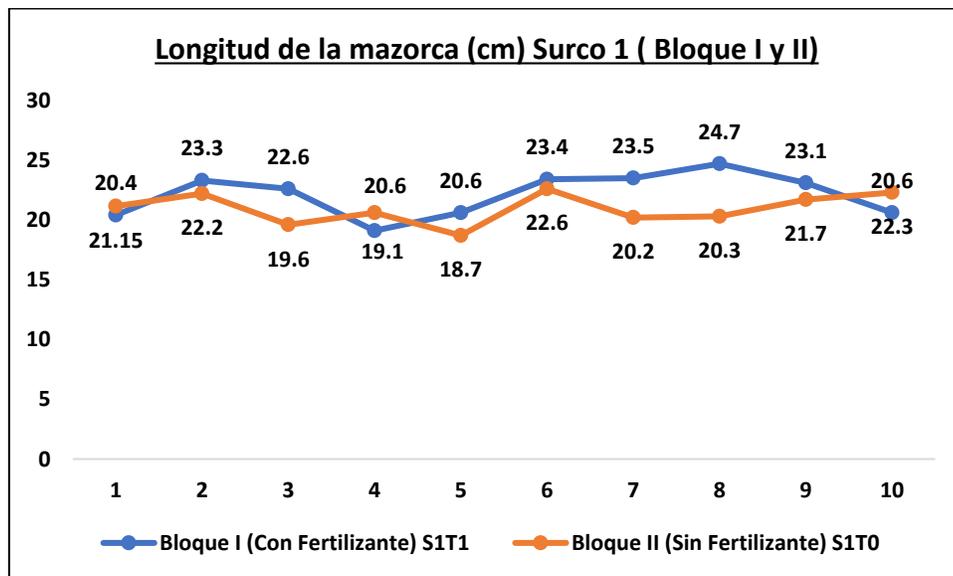
Tabla 95

Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.

Longitud de la mazorca (Cm)		
Bloque I (Con Fertilizante)		Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1		S1T0
20.4		21.15
23.3		22.2
22.6		19.6
19.1		20.6
20.6		18.7
23.4		22.6
23.5		20.2
24.7		20.3
23.1		21.7
20.6		22.3

Figura 115

Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que la longitud de la mazorca de maíz del S1T1 es mayor que el S1T0 en un 5.40%.

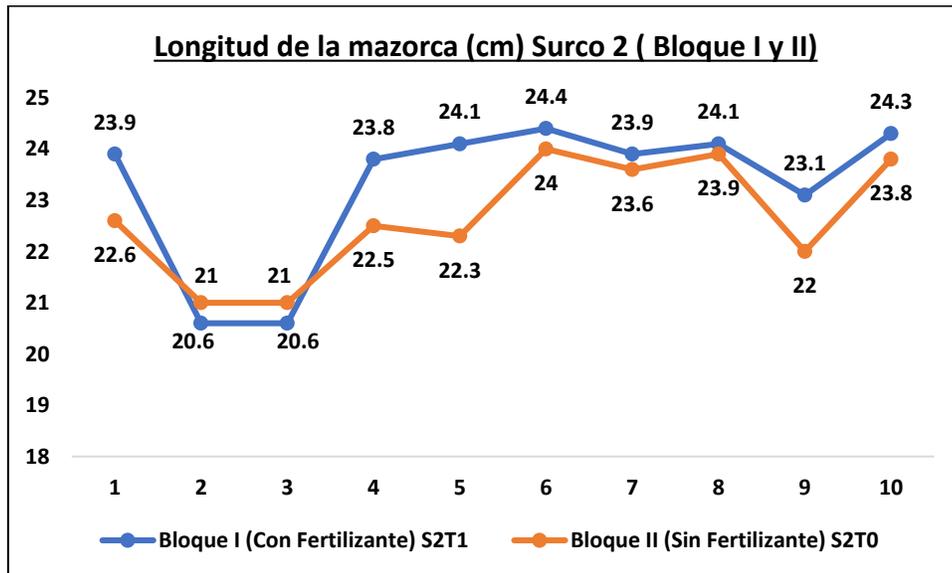
Tabla 96

Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.

Longitud de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
23.9	22.6
20.6	21
20.6	21
23.8	22.5
24.1	22.3
24.4	24.0
23.9	23.6
24.1	23.9
23.1	22
24.3	23.8

Figura 116

Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que la longitud de la mazorca de maíz del S2T1 es mayor que el S2T0 en un 2.62%.

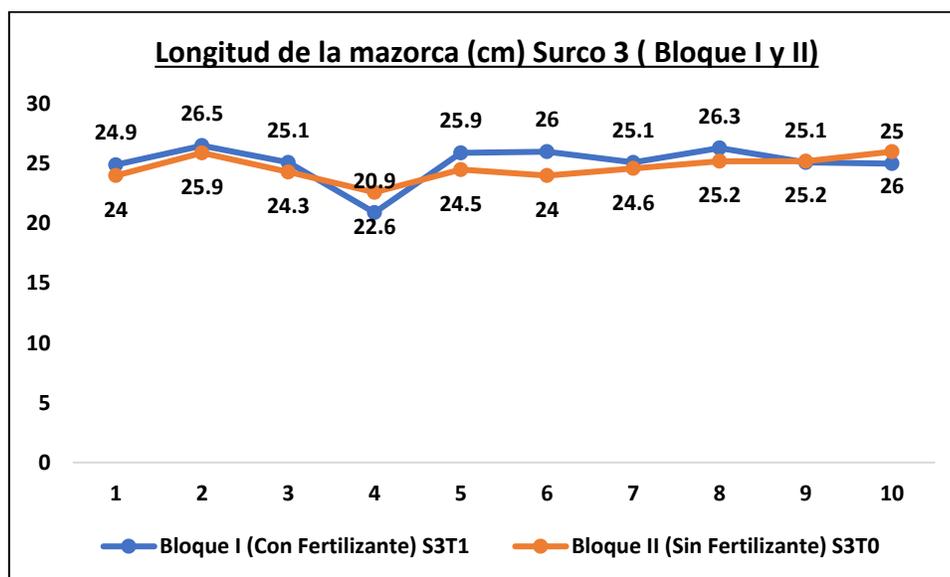
Tabla 97

Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.

Longitud de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1	S3T0
24.9	24
26.5	25.9
25.1	24.3
20.9	22.6
25.9	24.5
26	24
25.1	24.6
26.3	25.2
25.1	25.2
25	26

Figura 117

Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que la longitud de la mazorca de maíz del S3T1 es mayor que el S3T0 en un 1.79%.

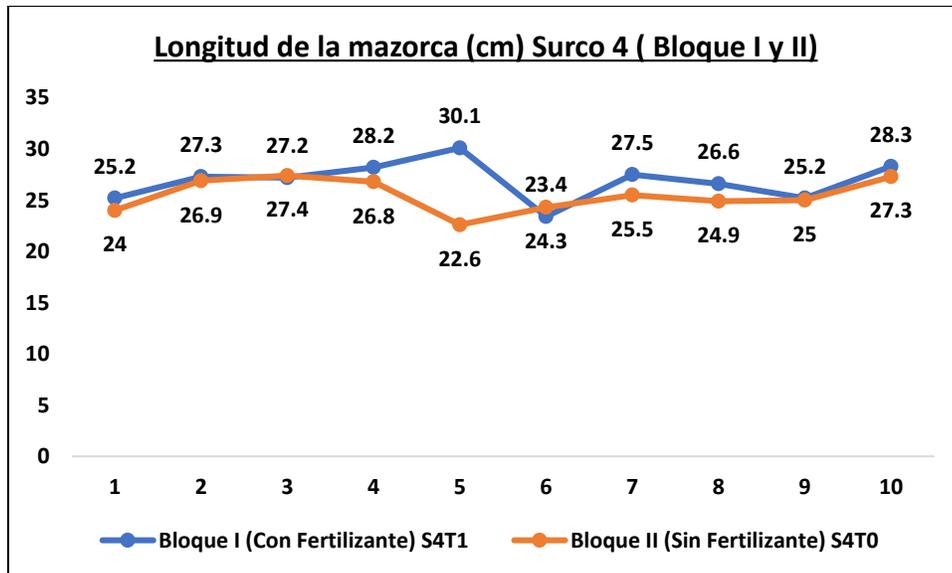
Tabla 98

Longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización

Longitud de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
25.2	24
27.3	26.9
27.2	27.4
28.2	26.8
30.1	22.6
23.4	24.3
27.5	25.5
26.6	24.9
25.2	25
28.3	27.3

Figura 118

Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que la longitud de la mazorca de maíz del S4T1 es mayor que el S4T0 en un 5.32%. En promedio en cada planta de maíz podemos encontrar de 2 a 3 mazorcas.

4. Diámetro de la mazorca (cm):

Para esta característica utilizaremos las mismas mazorcas de la medición anterior y con la ayuda de un vernier se medirá el diámetro de las mazorcas en su parte media, obteniendo de esta manera su diámetro respectivo.

Figura 119

Medición del diámetro de la mazorca, 70 días después de la fertilización.



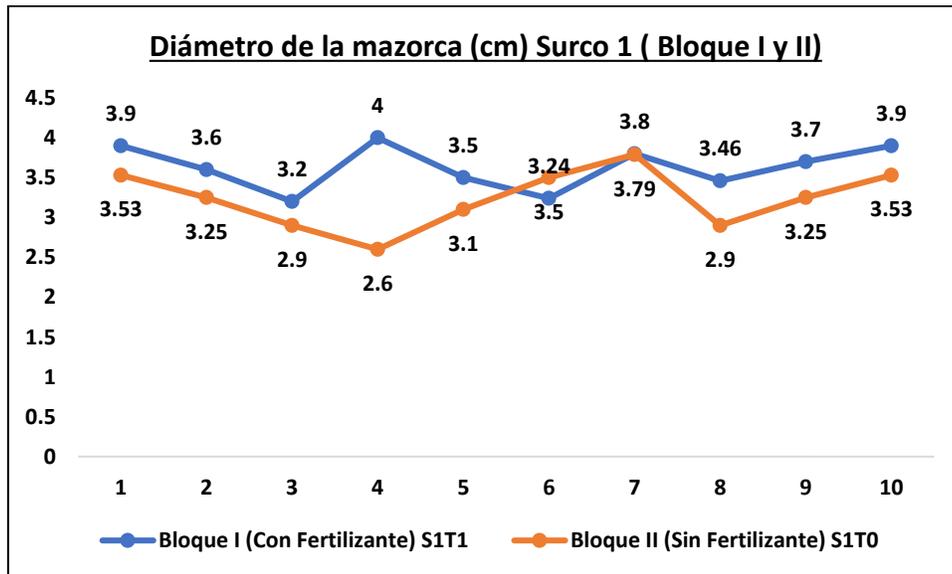
Tabla 99

Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S1T1	S1T0
3.90	3.53
3.60	3.25
3.20	2.9
4.00	2.60
3.5	3.10
3.24	3.5
3.8	3.79
3.46	2.90
3.70	3.25
3.90	3.53

Figura 120

Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 1, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 1 podemos determinar que el diámetro de la mazorca de maíz del S1T1 es mayor que el S1T0 en un 10.88%.

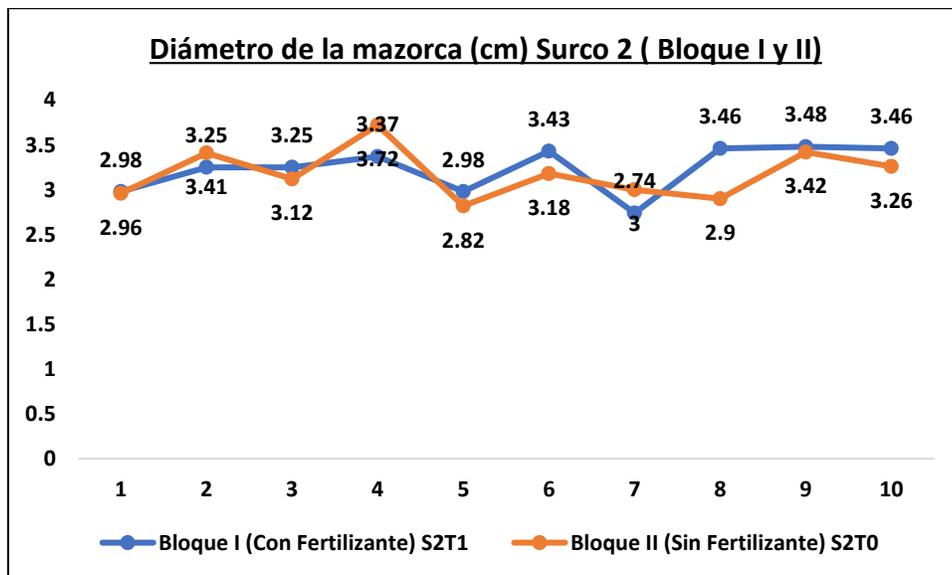
Tabla 100

Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S2T1	S2T0
2.98	2.96
3.25	3.41
3.25	3.12
3.37	3.72
2.98	2.82
3.43	3.18
2.74	3.00
3.46	2.90
3.48	3.42
3.46	3.26

Figura 121

Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 2, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 2 podemos determinar que el diámetro de la mazorca de maíz del S2T1 es mayor que el S2T0 en un 1.88%.

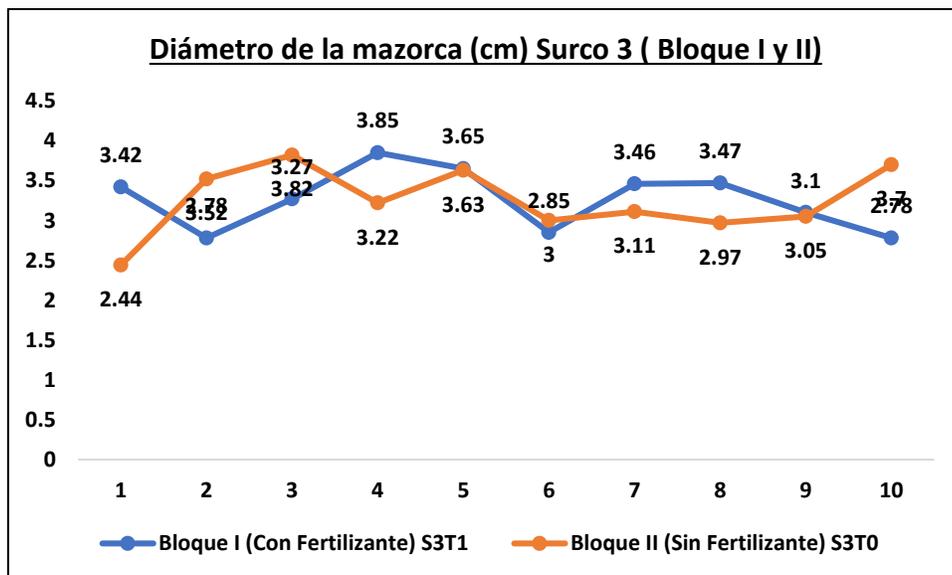
Tabla 101

Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de la mazorca (Cm)		
Bloque I (Con Fertilizante)		Bloque II (Sin Fertilizante)
S3T1		S3T0
3.42		2.44
2.78		3.52
3.27		3.82
3.85		3.22
3.65		3.63
2.85		3.00
3.46		3.11
3.47		2.97
3.10		3.05
2.78		3.70

Figura 122

Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 3 podemos determinar que el diámetro de la mazorca de maíz del S3T1 es mayor que el S3T0 en un 0.52%.

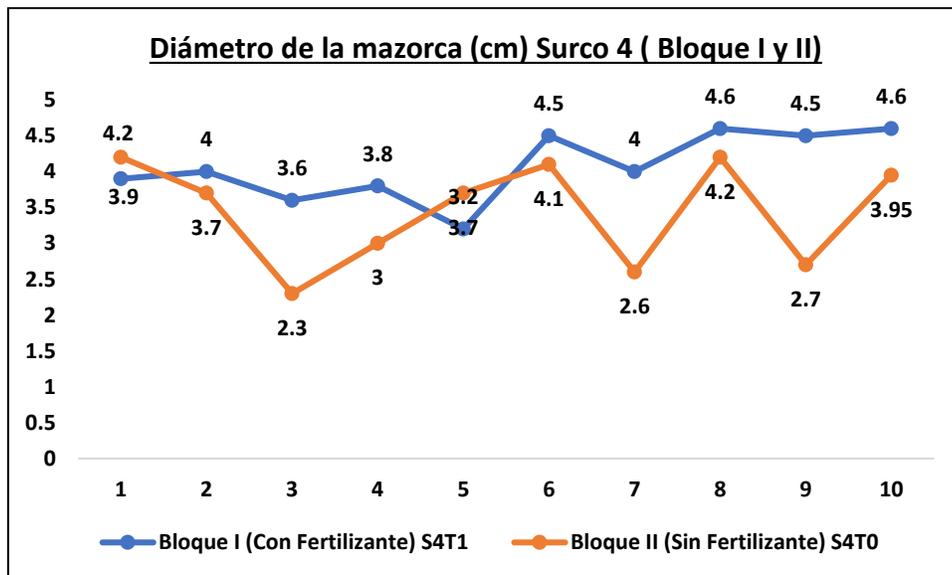
Tabla 102

Diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 4, 70 días después de la fertilización.

Diámetro de la mazorca (Cm)	
Bloque I (Con Fertilizante)	Bloque II (Sin Fertilizante)
S4T1	S4T0
3.90	4.20
4.00	3.70
3.60	2.30
3.80	3.00
3.20	3.70
4.50	4.10
4.00	2.60
4.60	4.20
4.50	2.70
4.60	3.95

Figura 123

Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz del Surco 3, 70 días después de la fertilización.



Nota: En el surco 4 podemos determinar que el diámetro de la mazorca de maíz del S4T1 es mayor que el S4T0 en un 15.36%.

Cosecha: (128 días)

Esta etapa consiste en separar la mazorca de la planta madre de forma manual o con la ayuda de instrumentos que faciliten esta acción.

Para esta experimentación se realizó de forma manual.

Figura 124

Antes de la cosecha 1, 127 días después de la fertilización



Figura 125

Antes de la cosecha 2, 127 días después de la fertilización



Figura 126

Cosechando las plantas de Maíz, 128 días después de la fertilización



Luego de la cosecha se procedió a tomar las medidas de Longitud, diámetro, peso de la mazorca y número de Hileras.

Para la toma de estas medidas durante la cosecha se procedió a separar las mazorcas **con fertilizante** y las mazorcas **sin fertilizante**, colocándolas en un saco diferente para poder distinguirlos.

Saco marrón mazorcas con Fertilizante, saco color blanco mazorcas sin fertilizante.

Figura 127

Mazorcas con fertilizante y sin fertilizante, 128 días después de la fertilización



Para realizar las mediciones se tomaron 10 mazorcas al azar con fertilizante y 10 sin fertilizante con el fin de observar la variación de cada una de ellas y determinar el impacto que tiene el fertilizante orgánico.

Toma de datos después de la cosecha:

Mazorcas sin Fertilizante: (10 mazorcas)

Figura 128

Mazorcas sin fertilizante, después de la cosecha.



Figura 129

Mazorcas con fertilizante, después de la cosecha.



Longitud de la mazorca:

Con la ayuda de un vernier se procedió a la realización de la toma de datos para determinar la altura de las mazorcas con y sin fertilizante:

Figura 130

Longitud de la mazorca, después de la cosecha.



Los resultados fueron los siguientes:

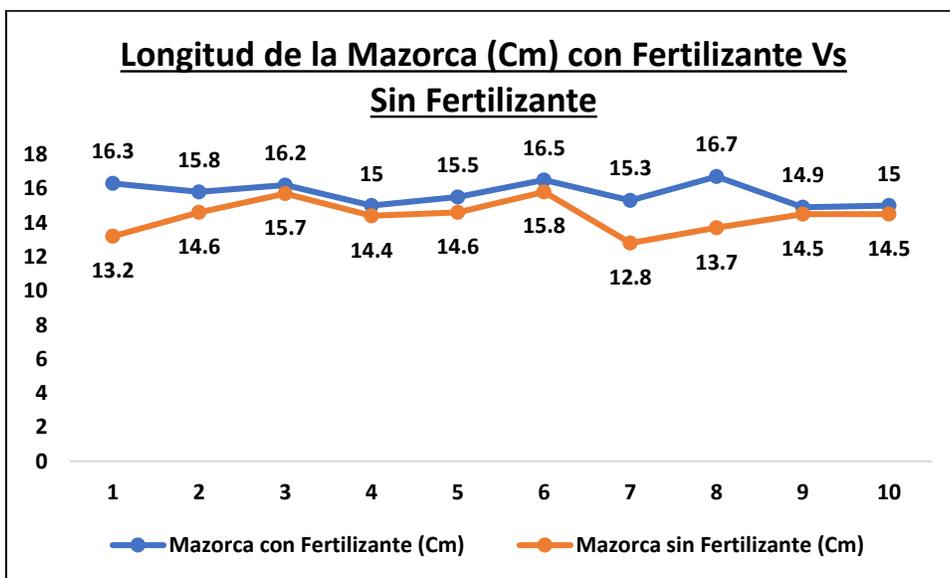
Tabla 103

Resultados de longitud de la mazorca, después de la cosecha.

Mazorca con Fertilizante (Cm)	Mazorca sin Fertilizante (Cm)
16.3	13.2
15.8	14.6
16.2	15.7
15	14.4
15.5	14.6
16.5	15.8
15.3	12.8
16.7	13.7
14.9	14.5
15	14.5

Figura 131

Gráfico de la longitud de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.



Nota: En base a los datos obtenidos de la investigación nos dio como resultado que el tratamiento con fertilizante tuvo un impacto mayor que en el tratamiento sin fertilizante obteniendo como media 15.72 cm superando por 1.34 cm a la media sin tratamiento (Ver cuadro Resumen).

Diámetro de la mazorca:

Con el mismo vernier se procedió a la realización de la toma de datos para el diámetro de las mazorcas con y sin Fertilizante.

Figura 132

Diámetro de la mazorca, después de la cosecha.



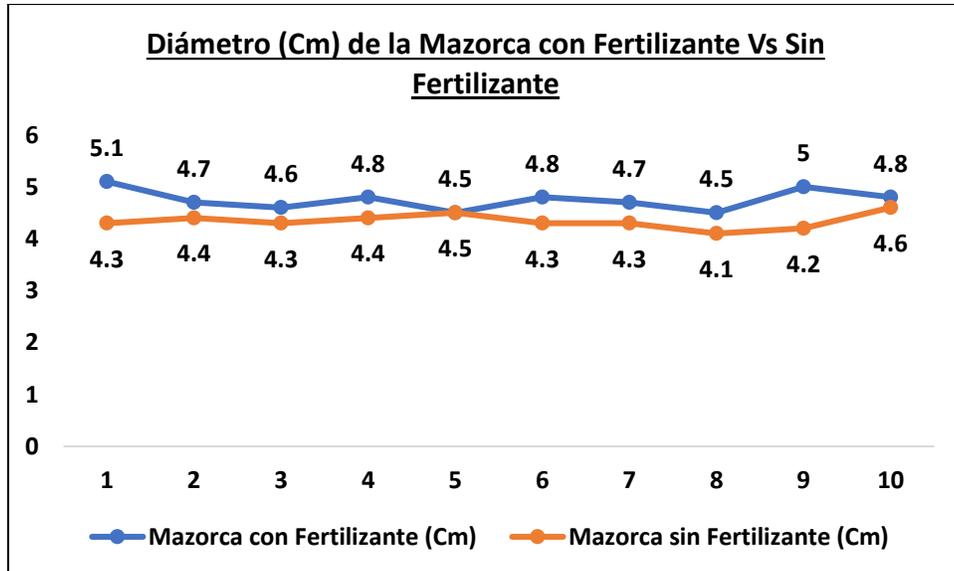
Tabla 104

Resultados de longitud de la mazorca, después de la cosecha.

Mazorca con Fertilizante (Cm)	Mazorca sin Fertilizante (Cm)
5.1	4.3
4.7	4.4
4.6	4.3
4.8	4.4
4.5	4.5
4.8	4.3
4.7	4.3
4.5	4.1
5.0	4.2
4.8	4.6

Figura 133

Gráfico del diámetro de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.



Nota: Podemos evidencia que el diámetro del tratamiento con fertilizante es mucho mayor que el tratamiento sin fertilizante logrando este una media de 4.74 cm superando por 0.4 cm a la media sin tratamiento (Ver cuadro Resumen).

Peso de la mazorca:

Para determinar el peso de la mazorca se utilizó una balanza gramera previamente calibrada.

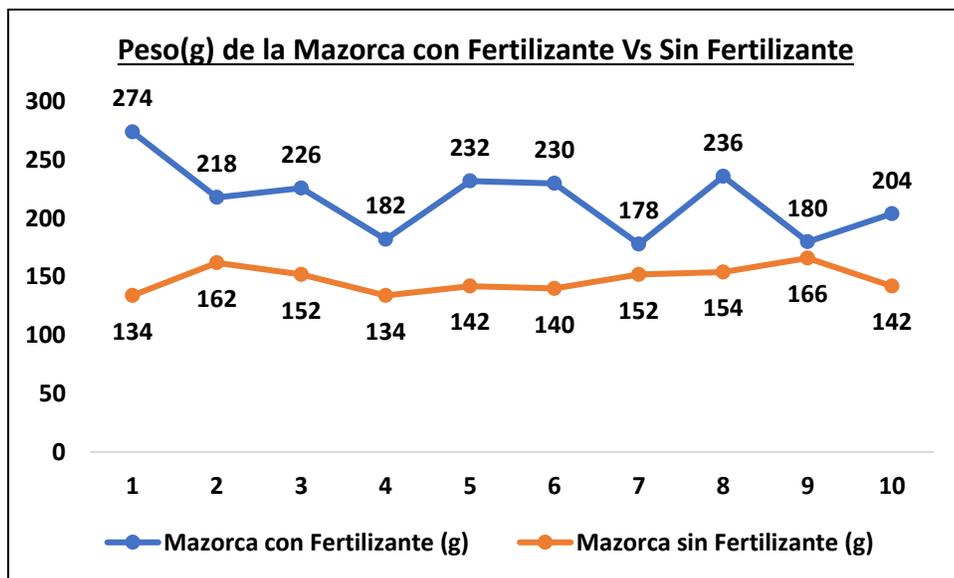
Tabla 105

Resultados del Peso de la mazorca, después de la cosecha.

Mazorca con Fertilizante (g)	Mazorca sin Fertilizante (g)
274	134
218	162
226	152
182	134
232	142
230	140
178	152
236	154
180	166
204	142

Figura 136

Gráfico del Peso de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.



Nota: Observamos que como en los anteriores parámetros el peso del tratamiento con fertilizante es mucho mayor al del sin fertilizante superando a este por 68.2 gr como media (Ver cuadro Resumen).

Número de hileras:

Determinaremos el número de hileras (filas) que tiene las mazorcas con y sin fertilizante.

Figura 137

Número de Hileras de la mazorca, después de la cosecha.



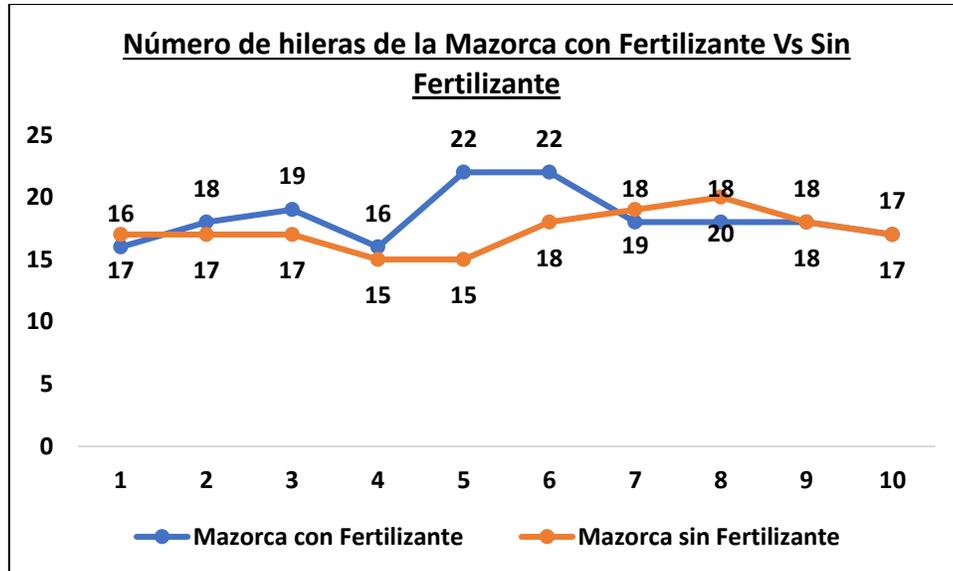
Tabla 106

Resultados del número de hileras de la mazorca, después de la cosecha.

Mazorca con Fertilizante	Mazorca sin Fertilizante
16	17
18	17
19	17
16	15
22	15
22	18
18	19
18	20
18	18
17	17

Figura 138

Gráfico del Peso de la mazorca de la Planta de Maíz con fertilizante y sin fertilizante, después de la cosecha.



Nota: El conteo del número de hileras de las mazorcas con tratamiento fue superior al tratamiento sin fertilizante obteniendo una diferencia de 1 hileras, considerando también que el número de granos por hilera en el tratamiento con fertilizante fue mayor por 2 granos que en el tratamiento sin fertilizante, por ende, obtuvimos un rendimiento por hectárea mucho mayor (el rendimiento por hectárea se explicará a continuación).

Adicionalmente y con el fin de determinar el rendimiento del cultivo por hectárea se hizo el conteo del número de granos por mazorca, no se contabilizaron los granos de la punta de las mazorcas ni aquellos abortados. En promedio se obtuvo que para nuestra muestra con fertilizante es de **34** granos por hilera y para nuestra muestra sin fertilizante fue de **32** granos por hilera.

Del cálculo de la densidad de siembra sabemos que el # de semillas utilizados para un área de 200 m² fue de 1068 semillas.

Entonces para una hectárea necesitaríamos:

$$\frac{1068 \text{ semillas}}{200 \text{ m}^2} \times \frac{10,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} = \mathbf{106,800 \text{ Semillas.}}$$

El promedio de mazorcas que tenemos por planta es de 2 a 3, para nuestro cálculo utilizaremos 3.

$$\frac{106,800 \text{ semillas}}{1 \text{ ha}} \times \frac{3 \text{ mazorcas}}{\text{planta}} = \mathbf{320,400 \text{ mazorcas.}}$$

Con estos datos vamos a determinar cuántos kilos de maíz hay por hectárea, recordemos que 534 semillas fueron utilizadas para el bloque I (Con fertilizante) y 534 para el bloque II (Sin fertilizante), haciendo un total de 1068 semillas, dada esta razón haremos el siguiente cálculo:

$$\frac{320,400 \text{ mazorcas}}{1 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{2 \text{ Tratamientos}} = \mathbf{160,200 \frac{\text{mazorcas}}{\text{tratamiento}}}$$

Esto quiere decir que obtendremos en 1 hectárea 160,200 mazorcas para cada tipo de tratamiento con fertilizante y sin fertilizante.

El número de granos por hileras para ambos tratamientos serían:

Tabla 107

Obtención del número de granos para cada tratamiento.

# de granos con fertilizante	# de granos sin fertilizante
544	544
612	544
646	544
544	480
748	480
748	576
612	608
612	640
612	576
578	544

- El promedio de granos con fertilizante fue de: 625.6.
- El promedio de granos sin fertilizante fue de: 553.6.

Para establecer el número final de granos por hectárea tendremos que multiplicar el número de mazorcas por hectárea por el número de granos por mazorca:

$$\frac{160,200 \text{ mazorcas}}{1 \text{ ha}} \times \frac{625.6 \text{ granos}}{\text{Mazorcas}} = \mathbf{100,221,120 \frac{\text{Granos}}{\text{ha}}}$$
 , con fertilizante.

$$\frac{160,200 \text{ mazorcas}}{1 \text{ ha}} \times \frac{553.6 \text{ granos}}{\text{Mazorcas}} = \mathbf{88,686,720 \frac{\text{Granos}}{\text{ha}}}$$
 , sin fertilizante.

Ahora para determinar el rendimiento final, debemos de hacer el cálculo de los kilos por hectárea, para esto vamos a proceder a dividir el número de granos por hectárea por el peso de mil gramos según sean las expectativas que nosotros tengamos, vamos a utilizar la menor cifra del rango para unas condiciones buenas la cual es 317 gr por cada 1000 granos, entonces procederemos a calcularlo de la siguiente manera:

$$100,221,120 \frac{\text{Granos}}{\text{ha}} \times \frac{317}{1000000} = 31,770.10 \frac{\text{Kg}}{\text{ha}}, \text{ con fertilizante.}$$

$$88,686,720 \frac{\text{Granos}}{\text{ha}} \times \frac{317}{1000000} = 28,113.69 \frac{\text{Kg}}{\text{ha}}, \text{ son fertilizante.}$$

En conclusión, podemos determinar que el rendimiento del cultivo con fertilizante es superior al rendimiento del cultivo sin fertilizante en un 13% más.

Cuadro Resumen:

Tabla 108

Resumen de resultados, después de la cosecha.

Muestras	Con Fertilizante				Sin Fertilizante			
	Longitud	Diámetro	Peso	# de hileras	Longitud	Diámetro	Peso	# de hileras
1	16.3	5.1	274	16	13.2	4.3	134	17
2	15.8	4.7	218	18	14.6	4.4	162	17
3	16.2	4.6	226	19	15.7	4.3	152	17
4	15	4.8	182	16	14.4	4.4	134	15
5	15.5	4.5	232	22	14.6	4.5	142	15
6	16.5	4.8	230	22	15.8	4.3	140	18
7	15.3	4.7	178	18	12.8	4.3	152	19
8	16.7	4.5	236	18	13.7	4.1	154	20
9	14.9	5	180	18	14.5	4.2	166	18
10	15	4.8	204	17	14.5	4.6	142	17
Promedio:	15.72	4.75	216	18.4	14.38	4.34	147.8	17.3

Nota: El lodo residual posee en su composición nutrientes y elementos que aportan beneficios para el desarrollo de las plantas y que en su mayoría están en forma orgánica; de esta forma, esos elementos son liberados lentamente en el suelo, disminuyendo el riesgo de contaminación ambiental.

Además del beneficio nutricional, el lodo aumenta el contenido de materia orgánica y la CIC (capacidad de intercambio catiónico) del suelo. En función de su concentración de materia orgánica, carbono y nutrientes, el lodo se ha considerado útil para uso

agrícola, debido principalmente a su bajo costo de obtención. De esta manera, el material puede ser recomendado para fertilización en áreas reforestadas como mejorador del suelo o fertilizante. Debido a su alto contenido de materia orgánica, el lodo residual aumenta la retención de agua y la resistencia a la erosión en el suelo mejora las condiciones químicas y biológicas del suelo, aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

El lodo residual que hemos evaluado posee altos niveles de fósforo y calcio, siendo pobre en nitrógeno y potasio.

Los resultados como fertilizante orgánico son bastante alentadores puesto que el lodo de la PTARI obtuvo mejores valores que la muestra testigo, siendo mayor en longitud de planta, diámetro de planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de mazorca y mayor número de hileras, con esto obtuvimos un rendimiento por hectárea de un 13% más.

4.3.1.3. Tecnologías mecánicas para la deshidratación de lodos:

Una vez que hemos determinado el potencial agronómico del lodo residual industrial como fertilizante orgánico y este lo hemos deshidratado de forma natural siendo este método el menos rentable y menos eficiente debido al tiempo que demora en deshidratarse, es por ello que surge la necesidad de analizar cuál sería la mejor forma de deshidratar el lodo de una manera rápida, rentable y que tenga menor impacto con el medio ambiente. En la actualidad existen tecnologías para deshidratar lodos, en este apartado vamos describir las más conocidas y elegir la mejor para nuestro proceso.

Partamos de la idea de que un proceso de deshidratación es una operación física que puede ocurrir de manera natural como producirse de manera mecánica y esta es empleada con el objetivo de reducir para nuestro estudio el contenido de humedad del lodo y por ende su volumen.

Este tipo de proceso se realiza con el fin de lograr un aumento en el contenido de materia seca del lodo entre un 3 a 50%, gracias a este aumento de materia seca logramos minimizar los costos por transporte y disposición final en un relleno de seguridad, evitamos la proliferación de malos olores que pueden atraer vectores que

podiesen afectar a la salud y poder analizar alternativas para lograr un reaprovechamiento de estos como es el caso de usarlo como fertilizante.

Figura 139

Tecnologías para la deshidratación y secado de lodos.



En base a lo ya detallado anteriormente se recopilará información Técnica, ventajas y desventajas del uso de cada tecnología, el impacto que tendría sobre el ambiente y la inversión que tendríamos que hacer si la adquiriéramos, y se elaborará una matriz de decisión, hacemos esto con el fin de seleccionar el equipo más eficiente para deshidratar los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa PRODUMAR S.A.

Tabla 109

Matriz de decisión deshidratadores de lodos

Tecnología	Descripción técnica	Ventajas y desventajas de su funcionamiento	Impacto sobre el medio ambiente	Inversión inicial y proveedores nacionales e internaciones
1. Centrífuga	<p>La separación se consigue mediante una fuerza que oscila entre 1000 y 20000 veces superior a la fuerza de la gravedad.</p> <p>Las partículas que ingresan al campo centrífugo tienden a desplazarse hacia el exterior debido a su mayor densidad.</p> <p>Tipo de Operación: Continua</p> <p>Vida útil: 10 años</p> <p>Niveles de eficiencia que varían entre el 20% y el 50%</p>	<p>Gracias a su diseño compacto y su versatilidad de adaptación, puede operar con facilidad en lugares de difícil acceso.</p> <p>Su enfoque en la seguridad ayuda a minimizar los riesgos de incidentes ambientales durante el transporte de residuos. Asimismo, se logra una reducción de costos al transportar únicamente el residuo seco, lo cual beneficia económicamente al cliente.</p> <p><u>Sin embargo, hay ciertos inconvenientes en su uso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de una cantidad considerable de polímeros. • Consumo energético elevado o emisión de ruido significativa. • Requiere mantenimiento especializado 	<p>Mediante la centrifugación de lodos, se logra la extracción del agua, lo que posibilita su reutilización en etapas posteriores.</p> <p>Recuperación de agua: Mediante la centrifugación de lodos, es posible extraer el agua, que luego puede ser reutilizada en fases posteriores.</p>	<p><u>Costo:</u> Entre 15.200 y 90.000 dólares estadounidenses.</p> <p><u>Proveedores Internacionales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Yixing Pioniere • Environmental Protection Equipment Co., Ltd. Provincia: Jiangsu, China

<p>2. Tornillo Deshidratador</p>	<p>Elimina más del 75 % de humedad.</p> <p>Sencillo de operar y mantener: Gracias a su operación a bajas revoluciones, el desgaste es mínimo, lo que permite su funcionamiento ininterrumpido durante las 24 horas. Los anillos móviles eliminan el lodo de los orificios, previenen obstrucciones y reducen constantemente la necesidad de agua para aclarar.</p> <p>Una duración extendida de 15 a 20 años.</p> <p>El diseño del tanque se configura como un sistema sellado capaz de soportar presiones de hasta 0,5 bar.</p> <p>Las velocidades oscilan entre 0,1 y 1,0 revoluciones por minuto (rpm).</p> <p>Nivel de ruido inferior a 65 dB (A).</p>	<p>Operación y mantenimiento sencillos.</p> <p>Diseño compacto y hermético.</p> <p>Capacidad para unidades móviles.</p> <p>Requiere un mantenimiento mínimo.</p> <p>Funciona de manera continua, segura y completamente automatizada, minimizando el estrés operativo.</p> <p>Capacidad para procesar efluentes de recirculación que contienen niveles muy bajos de sólidos.</p> <p>Logra una deshidratación sustancial del lodo, lo que resulta en una disminución de los costos asociados con la eliminación o manejo de residuos.</p> <p>Dispositivo de dimensiones reducidas.</p> <p><u>Desventajas en la utilización:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial costosa. 	<p>Tecnología sostenible.</p> <p>Presenta un consumo energético notablemente reducido, aproximadamente una décima parte del requerido por una centrífuga convencional.</p> <p>Utilización eficiente de agua: Requiere una cantidad mínima de agua para el lavado, limitándose al contra lavado necesario.</p> <p>Nivel de ruido por debajo de los 70 decibelios.</p> <p>No hay presencia de vibraciones ni emisiones de gases.</p>	<p>Costo: Entre 8.970 y 41.969 dólares estadounidenses.</p> <p><u>Proveedores Internacionales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Shanghai Ecopro Environmental. • Engineering Co., Ltda. Provincia de Shanghai, china. • Aqseptence Group Srl, Lugo, Italia. • SHANGHAI DAZHAN Fengxian, Shanghai, China.
----------------------------------	--	--	--	--

3. Filtro Prensa	<p>Elimina un 65% de la humedad.</p> <p>La producción que puede lograr un filtro de prensa oscila entre 1.5 y 10 kilogramos de sólidos por metro cuadrado de área de filtración.</p> <p>El tamaño de la cámara y la extensión de la superficie de filtración están determinados por la cantidad de placas presentes en el filtro.</p> <p>Vida útil : 20 años</p> <p>Tipo de Operación: Batch</p> <p>La gama de filtros de prensa abarca desde placas de tamaño 500x500 mm con movimiento de placas realizado manualmente, hasta placas de tamaño</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere personal capacitado para el mantenimiento del sistema. • Necesidad de invertir en productos químicos. • Largos intervalos de funcionamiento continuo. <p>Logra una alta tasa de separación, capturando sólidos de manera muy efectiva.</p> <p>La torta resultante tiene un contenido de sólidos considerable.</p> <p>Ofrece excelentes posibilidades para eliminar compuestos solubles.</p> <p>Su operación es simple y confiable, y el equipo tiene una vida útil prolongada. Este filtro es especialmente adecuado para lodos que exhiben las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lodo orgánico de naturaleza hidrófila. 	<p>La posibilidad de reciclar el 95% del agua reduce significativamente los gastos relacionados con la obtención de agua fresca para la instalación de procesamiento en condiciones húmedas.</p>	<p>Costo: Entre 4.400 y 40.000 dólares estadounidenses.</p> <p>Proveedores Internacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Shenzhen Hongfa Environmental Protection Equipment Co., Ltd. Provincia: Guangdong, China. • Aqseptence Group Srl, Lugo, Italia • SHANGHAI DAZHAN Fengxian, Shanghai, China.
------------------	--	---	--	---

1200x1200 mm con
movimiento automático.

- Lodo inorgánico de naturaleza hidrófila.
- Lodo inorgánico de naturaleza hidrófoba.
 - Lodo con contenido aceitoso.

**Desventajas en la
utilización:**

- Rara vez se emplean en la deshidratación de lodos provenientes de depuradoras urbanas debido a que estos lodos, al ser pegajosos, no se desprenden bien de las tortas resultantes.
 - Funcionamiento por ciclos, lo que implica que es discontinuo.
 - La velocidad de alimentación decrece de forma gradual durante el ciclo.
 - Requiere una inversión considerable.
-

4. Filtro de Banda	<p>Tolerante a concentraciones de sólidos que varían entre 1 y 5%.</p> <p>Logra reducir la humedad hasta un 70%</p> <p>Las capacidades de alimentación abarcan desde 2 hasta 190 m³/h de lodo.</p> <p>La superficie de filtración abarca desde 3 hasta 1000 m².</p> <p>La presión de filtración opera en el rango de 0 a 1.6 MPa.</p> <p>Su modo de operación es continuo.</p> <p>Los cojinetes de alta resistencia, hechos de acero inoxidable, se utilizan en lugar de los cojinetes convencionales de acero al carbono.</p> <p>a mejora en la resistencia a la corrosión sustancialmente prolonga la vida útil del equipo, que puede alcanzar hasta una década.</p>	<p>Compatibilidad: El diseño completamente cerrado asegura condiciones higiénicas y de seguridad.</p> <p>La velocidad de las bandas es ajustable.</p> <p>El lavado, la tracción y el centrado de las bandas son realizados de manera completamente automatizada.</p> <p>Ofrece una operación estable y una vida útil prolongada.</p> <p>Funcionamiento ininterrumpido durante 24 horas, lo que garantiza una operación continua.</p>	<p>Costos energéticos reducidos: En condiciones equivalentes, el filtro de banda logra la misma eficacia de tratamiento que otras prensas de filtro, pero con un consumo de agua y energía que es únicamente una tercera parte en comparación con otros equipos.</p>	<p>Costo: Entre 4.800 y 20.000 dólares estadounidenses.</p> <p>Proveedores Internacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aqseptence Group Srl, Lugo, Italia • SHANGHAI DAZHAN Fengxian, Shanghai, China. • Hangzhou Flying Technology Co., Ltd. Provincia: Zhejiang, China. • Jiangsu BOE Environmental Protection Technology Co., Ltd. Provincia: Jiangsu, China.
		<p><u>Desventajas en la utilización:</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles incomodidades causadas por vibraciones. • Consumo significativo de productos químicos, como floculantes. • Dependencia de la integridad de la tela. Si se produce algún agujero, la 	

eficiencia
disminuye.

- Costos asociados a la reposición insumos.

Nota: Esta matriz de decisión para la selección de la mejor alternativa para la deshidratación del lodo de la planta de tratamiento de agua residual industrial fue tomado de Core.ac.uk, 2021. [En línea]. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/289985503.pdf>. [Consultado: 11 de Julio del 2023].

Después de considerar la matriz de análisis presentada previamente en la Tabla 71, donde se evaluaron factores económicos, ambientales y operativos, se procede a tomar una decisión. Con el objetivo principal de lograr el mayor porcentaje de eliminación de humedad para reducir los costos operativos, se emplea una matriz Pugh para facilitar la toma de decisiones. La matriz Pugh es una herramienta de decisión cuantitativa que permite comparar múltiples alternativas en función de diferentes criterios para su evaluación, siendo estos criterios principalmente las necesidades del cliente. Por lo general, se presentan como filas en la matriz. A continuación, se definen los posibles conceptos de diseño que buscan cumplir con los criterios definidos, que se listan en las columnas de la matriz.

Siguiendo lo expuesto, el proceso de la siguiente matriz se basa en asignar un valor a cada uno de los criterios de la siguiente manera: se toma la primera opción de diseño y se evalúa uno a uno con cada criterio para determinar si su cumplimiento es superior, inferior o igual. Si es superior, se coloca un signo "+", si es inferior, un signo "-", y si es igual, un "0". Por comodidad, a menudo se usan los números +1, -1 y 0.

Se consideraron criterios específicos y determinantes como:

- **Eliminación de humedad superior al 65%:** Este criterio se refiere a la capacidad de la máquina deshidratadora de lodos para reducir más del 65% de la humedad. Cuanto mayor sea la eficiencia de deshidratación, mejor será el rendimiento del equipo para eliminar la humedad.
- **Sostenibilidad:** Se refiere a la consideración de factores ambientales, sociales y económicos en el funcionamiento del deshidratador. Los deshidratadores sostenibles minimizan los impactos negativos en el medio ambiente, optimizan el uso de recursos y tienen en cuenta el bienestar de las comunidades locales.
- **Ventajas operativas:** Este criterio evalúa la facilidad de uso y mantenimiento del deshidratador. Un equipo que sea fácil de usar, ajustar y mantener mejorará la eficiencia y reducirá el tiempo de inactividad.
- **Viabilidad económica:** Se trata de la evaluación de los costos asociados con la adquisición, instalación y operación del equipo de deshidratación. Una

alternativa económicamente viable necesitaría equilibrar los beneficios que aporta con los costos involucrados durante su vida útil.

- **Tiempo de funcionamiento:** Este criterio mide la capacidad del deshidratador para funcionar de forma continua y sin interrupciones significativas. Se preferirán equipos confiables con un tiempo de funcionamiento prolongado para garantizar una producción estable.
- **Tipo de operación:** Evalúe si el deshidratador funciona de forma automática o requiere un monitoreo y operación más intensivos. Los deshidratadores con automatización avanzada pueden mejorar la eficiencia y reducir la intervención humana.
- **Innovación:** Se refiere a la incorporación de nuevas características, tecnologías o enfoques en el diseño y operación del equipo de deshidratación. La innovación puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia, el rendimiento y la sostenibilidad.
- **Aspectos técnicos:** Este criterio incluye consideraciones técnicas relacionadas con el diseño, capacidad, dimensiones y especificaciones del deshidratador. Los equipos que cumplen con las especificaciones requeridas para una aplicación particular son más adecuados.

Después de esto, se procedió a calificar de acuerdo con los aspectos mencionados anteriormente para cada uno de los cuatro equipos, con el objetivo de seleccionar aquel con la mayor puntuación.

Establecemos la siguiente configuración para resumir la matriz:

1. Centrífuga / **Propuesta 1.**
2. Tornillo Deshidratador / **Propuesta 2.**
3. Filtro Prensa / **Propuesta 3.**
4. Filtro de Banda / **Propuesta 4.**

Tabla 110*Matriz de Pugh-Deshidratador de lodo*

Criterios	Alternativas a evaluar			
	Propuesta	Propuesta	Propuesta	Propuesta
	1	2	3	4
Eliminación de humedad superior al 65%	-1	+1	0	-1
Sostenibilidad	+1	+1	+1	+1
Ventajas en la operación	-1	+1	-1	0
Viabilidad económica	+1	-1	0	+1
Tiempo de funcionamiento	0	-1	0	0
Tipo de operación	+1	+1	-1	-1
Innovación	0	+1	0	0
Aspectos técnicos	+1	+1	+1	+1
Suma +	4	6	2	3
Suma -	-2	-1	-2	-2
Suma Total	2	5	0	1

Nota: Esta matriz se desarrolló con la ayuda del jefe de mantenimiento de la empresa Produmar S.A.C, gerente industrial y jefe de Gestión Ambiental donde cada uno otorgó su punto de vista en relación a los criterios y al tipo de tecnología para deshidratar los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.

Una vez completada la matriz Pugh, es viable examinar y resumir cómo influyen los criterios de selección del equipo en el proceso de deshidratación y secado de lodos, considerando factores como la eliminación de humedad superior al 65%, beneficios operativos, sostenibilidad, consideraciones técnicas y financieras. Esto permitirá llegar a una conclusión sobre cuál alternativa es la más idónea para implementarla en PRODUMAR S.A.C.

Dado que el tornillo deshidratador (**Propuesta N°2**) obtuvo una puntuación superior en comparación con las demás tecnologías de deshidratación y satisface los requisitos establecidos por la empresa, incluyendo el porcentaje de eliminación de humedad y la

innovación, se ha optado por su implementación en la instalación de PRODUMAR S.A.C. Esto tiene como objetivo reducir los costos actuales generados por la empresa y prescindir de la utilización de un servicio externo para su disposición final.

4.3.1.4. Caracterización del equipo para la deshidratación mecánica del lodo residual industrial

Para elegir el tornillo deshidratador, además de considerar sus beneficios, los aspectos medioambientales y económicos, es esencial tener en cuenta ciertos parámetros técnicos. Estos incluyen el nivel de humedad al que el lodo debe ingresar al equipo para su deshidratación y secado, el caudal que se manejará y la potencia necesaria de acuerdo al caudal seleccionado. Esto se debe a que a medida que aumenta el caudal, también aumenta la potencia requerida.

Adicionalmente, es importante considerar que la capacidad de procesamiento del equipo está influenciada por las concentraciones de sólidos presentes en el lodo. A medida que estas concentraciones aumentan, la capacidad de manejar caudales disminuirá.

Tornillo prensa de deshidratación para lodos:

El tornillo deshidratador no solo se destaca como un eficaz sistema para el tratamiento de aguas residuales, sino que también es capaz de abordar diversos tipos de lodos en una única unidad de operación. Su estructura interna se compone de placas de anillos separadores cilíndricos que pueden ser tanto fijos como móviles. La rotación del tornillo genera un proceso continuo de deshidratación y su diseño está diseñado para evitar posibles bloqueos u obstrucciones.

Figura 140

Tornillo deshidratador de lodos.



Esta metodología se fundamenta en el principio de compresión. En este proceso, el lodo entra en un tamiz cilíndrico desde un extremo y progresa hacia el otro gracias a la operación de un tornillo helicoidal. Durante este trayecto, el agua que se separa de las partículas se desplaza hacia la parte inferior del tamiz, mientras que, dentro del mismo, el lodo avanza y se somete a un proceso gradual de deshidratación.

Este sistema es totalmente automatizado y puede iniciar, ejecutar y concluir la operación sin necesidad de intervención humana. Su diseño lo hace particularmente adecuado para el proceso de deshidratación de lodos industriales que contienen elevados niveles de aceites y grasas. Esto lo convierte en una solución valiosa en sectores como la industria pesquera, química, textil, alimentaria, camales, etc.

Dentro de este equipo se llevan a cabo las etapas de espesamiento, deshidratación y secado del lodo, lo que resulta en la obtención de una torta de lodo completamente seca como producto final. Este proceso conlleva una reducción tanto en el peso como en el volumen original del lodo.

El objetivo principal del equipo es reducir la humedad de los lodos de entrada desde un 99% hasta aproximadamente un 70%, lo que resulta en una consistencia más manejable del lodo. Este proceso conlleva a una disminución en los costos asociados a su disposición final.

Características:

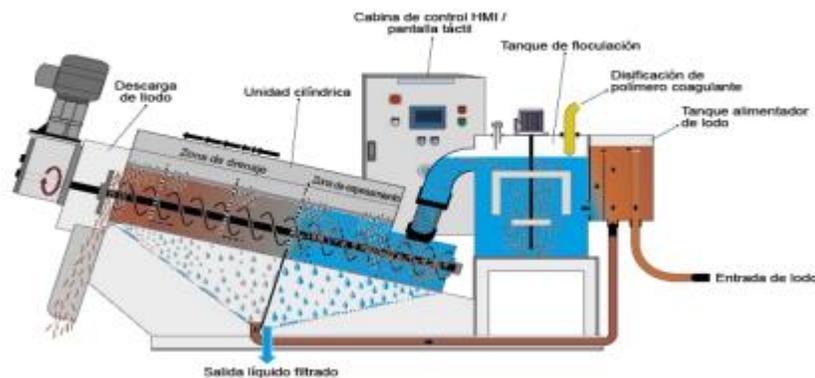
- Las unidades son móviles, lo que facilita la ejecución de acciones de mantenimiento preventivo y la limpieza de estas partes de manera más ágil y eficiente.
- Es respetuoso con el medio ambiente, dado que posibilita un significativo ahorro de energía y presenta un diseño que produce niveles reducidos de ruido.
- Tiene un consumo de energía reducido.
- Los gastos de operación son económicos.

Descripción técnica del tornillo deshidratador:

A través de la ilustración adjunta, se puede visualizar un tornillo deshidratador con sus elementos principales. En primer plano se muestra el tamiz que rodea al tornillo, que se posiciona entre las dos carcasas de rodamientos en cada extremo del marco principal.

Figura 141

Funcionamiento del Tornillo deshidratador de lodos.



El lodo ingresa por el extremo derecho, posicionado entre el tornillo y el tamiz cilíndrico. A medida que avanza, el diámetro del tornillo se ensancha en la dirección hacia el extremo de descarga del lodo. Posteriormente, el agua filtrada se separa de la sustancia sólida dentro del tamiz y se libera a través del filtro incorporado, acumulándose en un tanque específico. Por otro lado, el lodo deshidratado es

expulsado desde el extremo opuesto al punto de entrada. En esta sección, se encuentra un anillo de forma cónica que opera a través de cilindros neumáticos, los cuales aplican una contrapresión constante al lodo.

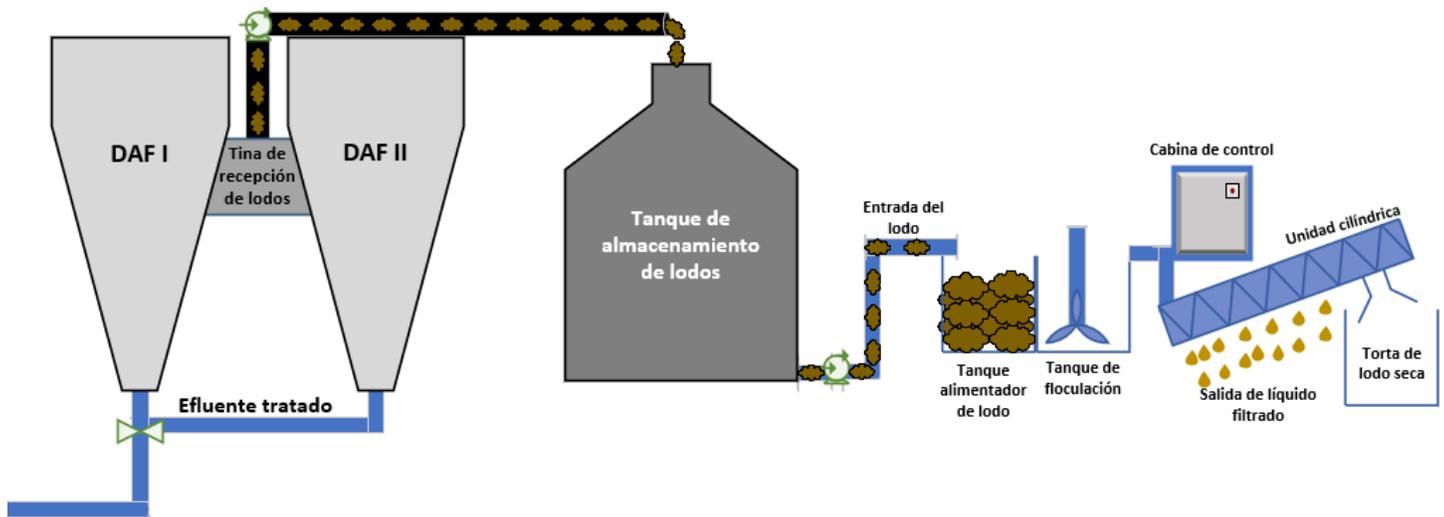
El movimiento del tornillo es impulsado por un motorreductor, el cual controla la velocidad del motor eléctrico para que opere a una determinada cadencia. Es relevante señalar que todo el equipo está protegido a lo largo de su longitud con el propósito de prevenir salpicaduras de agua filtrada o de agua utilizada en el lavado. Igualmente, se busca reducir al mínimo la emisión de olores desagradable.

En última instancia, el sistema de lavado, equipado con múltiples boquillas, realiza el lavado del tamiz filtrante en ciclos. Durante este procedimiento, la deshidratación se lleva a cabo de manera continua, sin interrupciones. Para este propósito, solo es necesario emplear agua limpia.

Dado que se ha seleccionado el tornillo deshidratador como equipo, aquí se presenta su ubicación potencial en la planta, considerando la disposición actual de los equipos en la planta PRODUMAR S.A.C. El equipo ha sido situado de manera que los lodos puedan ser extraído del tanque de almacenamiento donde actualmente son depositados y puedan ser introducidos directamente en el tornillo deshidratador. Esto permitirá que el proceso se lleve a cabo adecuadamente, obteniendo como resultado una torta seca.

Figura 142

Ubicación en planta del tornillo deshidratador



Nota: En la imagen anterior se muestra la posible colocación del tornillo deshidratador de lodos, integrado en el diseño actual de la planta.

La Figura 142 muestra la disposición fundamental de la planta con la posición del nuevo equipo (Tornillo deshidratador). Una vez que el lodo ha sido deshidratado y secado, será almacenado en una tolva para su posterior proceso.

4.3.1.5. Cálculos para determinar las dimensiones del equipo deshidratador de lodos y propuesta técnica.

En el segundo objetivo, en relación al tamaño de la planta, llevamos a cabo una determinación del porcentaje de sólidos presentes en el lodo. El resultado inicial fue de 6.515%. Para obtener una estimación más precisa del porcentaje de sólidos, procedimos a obtener muestras de estos lodos y enviarlos analizar a los laboratorios de la empresa SGS del Perú. Los resultados del análisis indican que el lodo contiene 96,933 mg/kg de sólidos. Esto se puede interpretar como un contenido de sólidos del 9.6933% en la composición del lodo. Esta cifra se utilizará para calcular la disminución aproximada en el volumen, que se espera conseguir al incorporar el tornillo deshidratador en nuestro proceso.

Datos a considerar:

- Lodo máx. generado por mes: 65 m³.

- S% de sólidos en lodo: 9.6933
- Días/mes: 30.
- % de sólidos en deshidratador: 50.
- Densidad lodo: 970 Kg/m³.

Cálculos:

$$\text{Volumen Sólido Seco} = 65 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times 9.6933\% = 6.3 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Volumen de torta deshidratada} = \frac{6.3 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{50\%} = 12.6 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Masa de torta deshidratada} = 12.6 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{970 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 407.4 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Reducción del Volumen} = \frac{\left(65 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} - 12.6 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}\right)}{65 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}} \times 100 = 80.62\%$$

Resumen de cálculos:

- Lodo generado por mes(m³/mes): 65
- % de sólidos (Dato SGS): 9.6933
- Volumen de sólido seco (m³/mes): 6.3
- Volumen de torta deshidratada (m³/mes): 12.6
- Masa de torta deshidratada (Kg/ día): 407.4
- Reducción del Volumen (%): 80.62.

Tabla 111

Datos preliminares para selección de deshidratador de lodos

Concentración (% de Sólidos):	9.6933	9.6933
Sólidos en Efluentes (Kg/Día):	407.4	407.4
Horas de operación diarias del equipo:	10	18
Ratio de deshidratación (Kg/hr):	40.74	22.63

Propuesta de equipos:

En base a los resultados obtenidos se propusieron 2 equipos tornillo deshidratadores, pero de diferente modelo, los cuales son los siguientes:

Tabla 112

Características del equipo deshidratador Opción 1

Características del equipo deshidratador Opción 1	
Modelo:	STD L 200-2
Marca:	SIWA TECHNOLOGY LTD
Material de Fabricación:	ACERO INOXIDABLE
Ratio de Deshidratación (Kg/hr):	80 kg /hr Sólidos Secos

Tabla 113

Características del equipo deshidratador Opción 2

Características del equipo deshidratador Opción 2	
Modelo:	STD L 130-2
Marca:	SIWA TECHNOLOGY LTD
Material de Fabricación:	ACERO INOXIDABLE
Ratio de Deshidratación (Kg/hr):	30 kg/hr Sólidos Secos

Si el equipo opera durante 18 hr/día, su ratio de deshidratación sería de 22.63 Kg/hr, por ende, nos convendría la opción 2 debido a que su ratio de deshidratación es de 30 Kg/hr, si el equipo opera 10 hr/día nos convendría mejor la opción 2.

Considerando esta base de cálculo el modelo recomendado sería el STD L 200-2.

Descripción técnica del equipo:

Tabla 114

Descripción técnica del equipo deshidratador seleccionado

Item	DESCRIPCION
1	<p>TORNILLO DESHIDRATADOR A VOLUTA – EQUIPO INDUSTRIAL DE DISEÑO ROBUSTO TIPO TORNILO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE ALTA EFICIENCIA Y TRABAJO CONTINUO. EMPLEADO PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE AGUA MEDIANTE LA DESHIDRATACION. IDEAL PARA APLICACIONES EN DIFERENTES PROCESOS.</p> <p>CARACTERISTICAS</p> <p>MARCA: SIWA TECHONOLOGY, ESPECIALISTA EN SOLUCIONES DE FILTRACION</p> <p>MODELO: STDL 200-2</p> <p>ROTOR: TIPO TORNILLO</p> <p>CANTIDAD: 02 TORNILLO -DE FACIL EXTRACCION</p> <p>DIAMETRIO DEL TORNILLO: 200 mm</p> <p>MATERIALES DE FABRICACION:</p> <p>CARCAZA: ACERO INOXIDABLE 304</p> <p>TORNILLOS: ACERO INOXIDABLE 304</p> <p>ANILLOS FIJO/ MOVIL: ACERO INOXIDABLE 304</p> <p>CONDICIONES DE OPERACIÓN:</p> <p>FLUIDO: LODO FISICOQUIMICO</p> <p>CAPACIDAD (DS Kg/hr): 80 Kg/hr</p> <p>TEMPERATURA: AMBIENTE</p> <p>TANQUE FLOCULADOR</p>
2	<p>CON SISTEMA DE AGITACION, MOTORREDUCTOR 0.3 KW, DE UNA CAPACIDAD DE 0.4 m3</p>

TABLERO DE CONTROL

- 3 MONTADO SOBRE LA UNIDAD: CONTROL DE MOTORES DE TORNILLOS, CONTROL DE AGITADOR, CONTROL DE VALVULA PARA LIMPIEZA CON BOQUILLAS.

ACCIONAMIENTO ELECTRICO Y ACCESORIOS

- 4 MOTORREDUCTOR ELECTRICO 0.73 KW / 220V/ 60HZ/ 3PH GRUPO MOTORREDUCTOR MARCA NORD O SEW EURODRIVE
-

Nota: Se exponen las particularidades del equipo, los parámetros de funcionamiento y el cálculo de dimensiones. Estos datos fueron proporcionados mediante la cotización del equipo, esta cotización la podemos encontrar en el apartado de anexos de este trabajo.

4.3.1.6. Tecnologías mecánicas para el secado de lodos luego de una deshidratación:

Luego que el lodo salga del tornillo deshidratador, este lodo tendrá una humedad del 50% menos del cual ingresó, este valor no es lo suficientemente bajo para lograr nuestro objetivo el cual es la obtención de un fertilizante orgánico, necesitamos de una tecnología que sea capaz de seguir reduciendo el % de humedad hasta un 10% u 12%, en este contexto, los secadores mecánicos juegan un papel fundamental al ofrecer una solución eficiente y sostenible para disminuir el contenido de humedad en los lodos.

Los secadores mecánicos son equipos que están diseñados para aplicar calor de forma directa o indirecta y otros métodos de secados de lodos, logrando así la eliminación excesiva de manera controlada de la humedad. La mayor importancia de los secadores mecánicos radica en su capacidad de transformar los lodos con alto contenido de agua en productos secos y manejables, los lodos secos tienen menos probabilidades de generar olores desagradables y son menos propensos a la proliferación de patógenos y microorganismos que puedan afectar a nuestra salud. Esto es especialmente importante en aplicaciones agrícolas y de tierras de cultivo.

Cabe recalcar que, al reducir la humedad en los lodos, se puede cumplir más fácilmente las regularizaciones y normativas sobre emisiones y disposición de residuos, lo que ayuda a evitar posibles sanciones y mantener un rendimiento ambiental favorable.

Los secadores mecánicos desempeñan un papel esencial en la gestión efectiva de los lodos residuales permitiendo la eliminación controlada de la humedad, logrando así un lodo con un % de humedad óptimo para obtener como producto un fertilizante orgánico que logre un impacto positivo significativo en la agricultura del país.

Análogamente como se analizó la tecnología más eficiente para deshidratar lodos se recopilará información Técnica de secadores mecánicos, veremos sus ventajas y desventajas del uso de cada secador, el impacto que tendría sobre el ambiente y la inversión que tendríamos que hacer si la adquiriéramos, y se elaborará una matriz de decisión, hacemos esto con el fin de seleccionar el equipo más eficiente para secar los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa PRODUMAR S.A.C.

Tabla 115

Matriz de decisión Secador Mecánico

Tecnología	Descripción técnica	Ventajas y desventajas de su funcionamiento	Impacto sobre el medio ambiente	Inversión inicial y proveedores nacionales e internaciones
1. Secador de banda	<p>Secador de banda transportadora de flujo cruzado de aire caliente en un proceso continuo. Puede manejar cargas que oscilan entre 0.5 y 60 toneladas por hora y opera en un rango de temperatura de 60 a 200°C.</p>	<p><u>Ventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de procesamiento elevada. • Operación con costos reducidos. • Consumo energético bajo. <p><u>Desventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones y peso considerable. • Necesita un área amplia para instalarse. • Desafío para lograr un secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Liberación de gases perjudiciales para el ambiente. • Requerimiento de electricidad. • Producción de desechos sólidos. • Uso de agua para la limpieza del equipo. 	<p><u>Costo:</u> Entre 50,000 y 200.000 dólares estadounidenses.</p> <p><u>Proveedores:</u> Andritz, FLSmidth, Metso Outotec.</p>

2. Secador de tambor o rotativo

Secador de tambor giratorio con flujo de aire caliente en dirección concurrente o contracorriente. Puede manejar cargas que oscilan entre 0.1 y 100 toneladas por hora y opera en un rango de temperatura de 50 a 700°C.

uniforme en lodos con alta densidad de sólidos.

Ventajas:

- Eficiencia destacada en el proceso de secado.
- Adaptabilidad para tratar diversas composiciones de lodos.
- Mantenimiento y limpieza sencillos.
 - Mejor distribución del calor, un secado mucho

- Liberación de gases contaminantes al medio ambiente.
- Uso de electricidad como fuente de energía.
- Producción de desechos sólidos.
- Necesidad de agua para la limpieza del equipo.

Costo: Entre 30,000 y 150.000 dólares estadounidenses.

Proveedores:

Andritz, FLSmidth, Metso Outotec.

		<p>más homogéneo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de cargar y descargar el producto. <p><u>Desventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento elevado de energía. • Espacio amplio necesario para la instalación. • Producción de polvo durante su funcionamiento. 	
3.Secador de tornillo	Secador de tornillo de eje doble con flujo contracorriente de aire caliente.	<p><u>Ventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Liberación de gases perjudiciales al 	<p><u>Costo:</u> Entre 20,000 y 100.000 dólares estadounidenses.</p>

Capacidad de 0.5 a
10 ton/hora.
Temperatura de
operación de 50 a
150°C.

- Consumo de energía reducido.
- Mantenimiento y limpieza simples.
- Funcionamiento sin generar ruido notable.

Desventajas:

- Capacidad de procesamiento limitada.
- Requiere un tiempo de secado mayor en comparación con secadores alternativos.
- No es idóneo para lodos con

medio ambiente.

- Utilización de electricidad como fuente energética.
- Producción de desechos sólidos.
- Necesidad de agua para la limpieza del equipo.

Proveedores:

Andritz, FLSmidth,
Metso Outotec.

alta densidad
de sólidos.

Nota: Esta matriz de decisión para la selección de la mejor alternativa para el secado del lodo de la planta de tratamiento de agua residual industrial fue tomado de Core.ac.uk, 2021. [En línea]. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/289985503.pdf>.

[Consultado: 12 de Julio del 2023].

Después de analizar la matriz de tecnologías de secado mecánico que se presentó anteriormente en la Tabla 115, donde se evaluaron aspectos relacionados con la economía, el medio ambiente y la operatividad, en base a los resultados obtenidos se procederá a la toma de una decisión. El objetivo principal es lograr el máximo porcentaje de eliminación de humedad para reducir los costos operativos. Para facilitar este proceso de toma de decisiones, se utiliza una matriz Pugh, también conocida como matriz multicriterio, es una herramienta que es utilizada en procesos de diseño y toma de decisiones, es empleada para comparar y evaluar distintas alternativas, permite visualizar de manera estructurada como se desempeñan las diferentes alternativas en función a criterios preestablecidos.

Siguiendo lo expuesto, el proceso de la siguiente matriz se basa en asignar un valor a cada uno de los criterios de la siguiente manera: se toma la primera opción de diseño y se evalúa uno a uno con cada criterio para determinar si su cumplimiento es superior, inferior o igual. Si es superior, se coloca un signo "+", si es inferior, un signo "-", y si es igual, un "0". Por comodidad, a menudo se usan los números +1, -1 y 0.

Se consideraron criterios específicos y determinantes como:

- **Eficiencia de secado:** Valoración de la capacidad de cada secador para reducir de manera efectiva la humedad presente en los lodos residuales, tener un secado homogéneo.
- **Consumo de Energía:** Comparación de la energía necesaria en cada secador para llevar a cabo una deshidratación que cumpla con los estándares requeridos.
- **Inversión Económica Inicial:** Análisis de los costos iniciales involucrados en la adquisición e instalación de cada alternativa de secador.
- **Gastos Operativos:** Evaluación de los gastos continuos que resultan del funcionamiento cotidiano de cada secador, incluyendo el consumo eléctrico, el mantenimiento y otros costos operacionales.
- **Facilidad de Mantenimiento:** Análisis de la complejidad y frecuencia requerida para llevar a cabo las labores de mantenimiento en cada secador.

- **Espacio Necesario:** Comparación de los requerimientos de espacio físico esencial para la instalación de cada modelo de secador.
- **Adaptabilidad en Operación:** Evaluación de la capacidad de cada secador para gestionar diversos tipos de lodos y ajustarse a las variaciones en las condiciones de operación.
- **Velocidad de Procesamiento:** Valoración de la rapidez en que cada secador puede deshidratar una cantidad determinada de lodos en un intervalo de tiempo específico.
- **Requerimientos de Personal:** Comparativa de la mano de obra necesaria para operar y mantener adecuadamente cada secador.
- **Impacto Ambiental:** Evaluación de cómo afecta cada secador al entorno en términos de emisiones, generación de residuos y utilización de recursos naturales.

Después de esto, se procedió a calificar de acuerdo con los aspectos mencionados anteriormente para cada uno de los cuatro equipos, con el objetivo de seleccionar aquel con la mayor puntuación.

Establecemos la siguiente configuración para resumir la matriz:

1. Secador de Banda / **Propuesta 1.**
2. Secador Rotativo / **Propuesta 2.**
3. Secador de Tornillo/ **Propuesta 3.**

Tabla 116*Matriz de Pugh Secador mecánico de lodos*

Criterios	Alternativas a evaluar		
	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Eficiencia de secado	-1	+1	+1
Consumo de energía	-1	+1	-1
Inversión Inicial	-1	+1	-1
Gastos Operativos	+1	+1	+1
Facilidad de MMTO	+1	-1	-1
Espacio necesario	-1	-1	+1
Adaptabilidad en operación	0	+1	+1
Velocidad de procesamiento	0	+1	+1
Requerimiento de personal	+1	+1	+1
Impacto Ambiental	+1	+1	0
Suma +	4	8	6
Suma -	-4	-2	-3
Suma Total	0	+6	3

Nota: Esta matriz se desarrolló con la ayuda del jefe de mantenimiento de la empresa Produmar S.A.C, gerente industrial y jefe de Gestión Ambiental donde cada uno otorgó su punto de vista en relación a los criterios y al tipo de tecnología para secar los lodos provenientes del tornillo deshidratador de lodos.

Una vez otorgada la puntuación en la matriz Pugh, es factible analizar y sintetizar la manera en que los criterios para la selección del equipo impactan en el proceso de secado de lodos. Esto implica considerar aspectos como la eficiencia de secado, el consumo que se generaría de energía, la inversión inicial, espacio necesario para su ubicación, la adaptabilidad de la operación y las implicaciones ambientales. Este análisis permitirá llegar a una conclusión respecto a cuál de las alternativas es la más apropiada para su implementación en PRODUMAR S.A.C.

En base a lo puntuado anteriormente podemos destacar que la propuesta Nro. 2 , el cuál es el secador rotativo es aquella tecnología que satisface la mayor parte de los criterios.

Esta tecnología sería la idónea para la línea de secado de lodos.

4.3.1.7. Caracterización del equipo para el secado mecánico del lodo residual industrial

El secador rotativo es un dispositivo de tratamiento térmico diseñado con el propósito de reducir la humedad presente en el lodo residual a través del uso del calor y la evaporación. Se compone de un cilindro giratorio que facilita el contacto constante entre el lodo y el aire caliente, lo que impulsa la eficacia del proceso de secado.

Existen dos formas en que el calor se transfiere al material que se está secado, directamente o indirectamente.

Secador rotativo directo:

En el caso de un secador rotativo directo, el material que se encuentra en proceso de secado tiene un contacto inmediato con la fuente de calor. El aire caliente o el gas de combustión circulan a lo largo del tambor en rotación y establecen un contacto directo con el material que contiene humedad. Conforme el tambor gira, el calor se transfiere al material, lo que resulta en la evaporación de la humedad presente en él. Este tipo de secador es altamente eficiente en términos de consumo energético debido a que la transferencia de calor es directa y rápida. A pesar de esto, puede haber ciertas complicaciones en lo que respecta a la calidad del producto final, ya que la exposición directa al calor puede influir en ciertas características del material.

Secador rotativo indirecto:

En un secador rotativo de tipo indirecto, no hay un contacto directo entre el material que está siendo secado y la fuente de calor. En su lugar, el calor se transfiere al material a través de la superficie del tambor. El tambor exterior es calentado y, a su vez, calienta la superficie interna del tambor, que está en contacto con el material. El aire caliente fluye alrededor del exterior del tambor y transfiere calor a través de la superficie al material en el interior. Este enfoque se muestra ventajoso cuando se

trabaja con materiales que son sensibles al calor o cuando se desea evitar la posible contaminación del producto mediante los gases de combustión. No obstante, este proceso podría ser menos eficiente desde la perspectiva energética debido a la naturaleza indirecta de la transferencia de calor, estos secadores indirectos también son llamados secadores por conducción o de contacto.

Con el objetivo de producir un fertilizante orgánico utilizando lodos residuales de una planta pesquera, la decisión entre optar por un secador rotativo directo o uno indirecto estará influenciada por diversas consideraciones. A continuación, se examinarán ambas alternativas desde el punto de vista de la elaboración de fertilizantes orgánicos:

Tabla 117

Comparativa y selección de secador rotativo

Secador rotativo directo	Secador rotativo indirecto
Ventajas:	Ventajas:
<p>El secador rotativo directo tiene una tendencia a ser más eficiente energéticamente puesto que la transferencia de calor es directa y rápida. Esto es beneficioso para mantener bajos los gastos operativos.</p> <p>Generalmente estos tipos de secadores son menos espaciosos.</p> <p>Al tener un contacto directo entre el material y la fuente que genera el calor, es menos probable que los gases de la combustión entren en contacto con el material, lo que vendría hacer importante para la calidad del fertilizante orgánico.</p>	<p>Preservación de los nutrientes, al no haber contacto directo entre el material (lodo) y la fuente de calor, los nutrientes y compuestos orgánicos del lodo pueden conservarse de la mejor manera, lo que resultaría en un fertilizante de mayor calidad.</p>

Desventajas:	Desventajas:
<p>Posible degradación, la constante exposición directa al calor podría afectar la calidad del producto final. Los nutrientes y compuestos que tiene el lodo pueden degradarse debido al intenso calor y combinarse con cenizas, esto nos produciría un producto no conforme.</p>	<p>La transferencia de calor de forma indirecta puede ser menos eficiente energéticamente, lo que incurre en costos operativos altos. Mayor área, estos tipos de secadores rotativos indirectos suelen ser más grandes debido a los intercambiadores de calor adicionales, lo que nos hace tomar más espacio en la planta.</p>

Teniendo en cuenta que lo que estamos buscando es obtener un fertilizante orgánico de alta calidad a partir de lodos residuales, la opción del secador rotativo indirecto podría ser la más adecuada. Esta conclusión está en función a la preservación de los nutrientes y los compuestos orgánicos del lodo, lo cual es crucial para lograr obtener un fertilizante de calidad. A pesar de que la eficiencia energética podría presentar un obstáculo, la superioridad en la calidad del resultado final y la preservación de los nutrientes podrían prevalecer sobre esta restricción.

Características de los secadores rotativos indirectos:

La más característica importante es que el material que se seca no entra en contacto directo con la fuente generadora de calor. El calor se transfiere a través de la pared del tambor rotativo, protegiendo el material de posibles daños por exposición directa al calor.

El secador consta de un tambor cilíndrico giratorio que aloja el material a secar. El tambor está inclinado ligeramente para permitir el movimiento del material a lo largo del proceso.

En lugar de contar con mecanismos elevadores como los tienen el secador directo, este secador está equipado con tubos que albergan vapor o agua caliente. En secadores de menor tamaño, se emplea una sola hilera de tubos, mientras que en los de mayor capacidad se utilizan múltiples hileras, donde la hilera interior consta de

tubos de diámetro menor que los ubicados en la hilera exterior. La disposición y el diámetro de los tubos influyen en la eficiencia de transferencia de calor y la uniformidad del secado.

Figura 143

Secador rota tubo indirecto



La transferencia de calor de forma indirecta otorga un mayor control de la temperatura del proceso. Esto es relevante cuando se trabaja con materiales que requieren condiciones específicas de secado.

El diseño del secador tambor giratorio y la configuración de los tubos garantizan una distribución equitativa del calor a lo largo del material, lo que resulta en un secado uniforme.

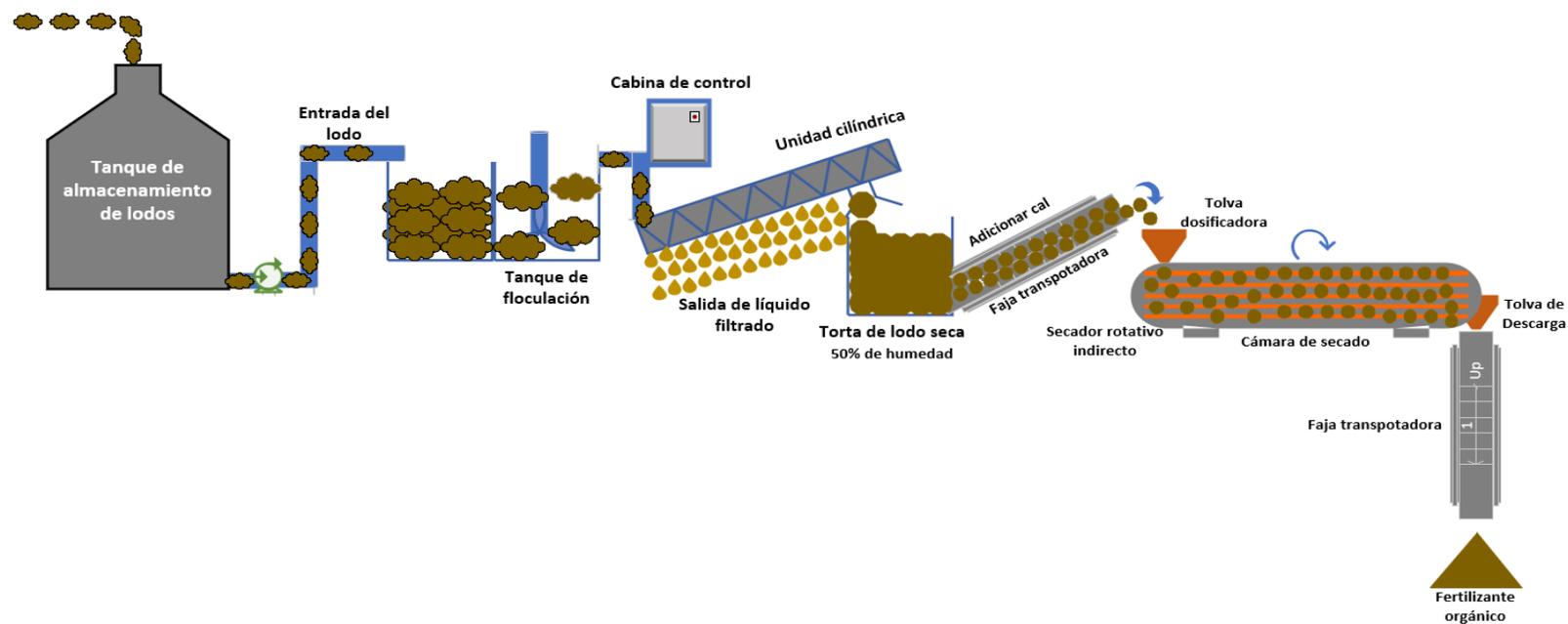
Descripción del proceso:

- Alimentación y distribución: el lodo ingresa en el secador a través de un sistema de alimentación, esta podría ser una faja transportadora. El material cae en una tolva y esta da ingreso al lodo que se distribuye uniformemente en el tambor.
- Transferencia de calor: La máquina rotativa comienza a girar, los tubos se llenan internamente de vapor caliente sin contacto alguno de cenizas ni de mala combustión y transfieren este calor a la masa de lodo y esta se va secando lentamente

- Evaporación de la humedad: cuando los tubos son calentados están en contacto con el lodo en el tambor, el agua de la masa de lodo se evapora. El calor indirecto ralentiza el proceso, preservando nutrientes y compuestos valiosos.
- Salida del lodo seco: Una vez completado el proceso de secado, el material seco se retira del secador mediante un sistema de descarga.
- Tamizado y acondicionamiento: El lodo seco se puede colocar en un proceso de tamizado para lograr partículas más uniformes. Luego se puede acondicionar según las necesidades del fertilizante final.
- Almacenamiento y Empaque: El fertilizante resultante, rico en nutrientes y compuestos beneficiosos, está listo para ser almacenado y empacado en condiciones adecuadas para su distribución y uso agrícola.

Figura 144

Ubicación en planta del secador rota tubo



Nota: En la imagen se muestra la posible ubicación del tornillo deshidratador de lodos y del secador rotatubo con el cual se completa nuestro proceso de secado de lodos para obtener el fertilizante orgánico.

4.3.1.8. Cálculos para determinar las dimensiones del equipo secador de lodos y propuesta técnica.

Determinación del porcentaje de humedad inicial del lodo:

Para lograr determinar el nivel de humedad existes varios métodos de medición cada uno con su respectivo nivel de error y con diferentes aplicaciones. Alguno de estos métodos obtiene el valor del contenido de humedad de manera absoluta y otros lograr una aproximación con el uso de tablas o curvas de calibración generadas por comparaciones contra métodos primarios de laboratorio, se calcula de la siguiente manera:

$$H_o = \frac{(L_h - L_s) \times 100}{L_h}$$

Dónde:

L_h= Peso del lodo húmedo (Kg)

L_s= Peso del lodo seco (Kg)

Con anterioridad se hizo una experimentación donde determinamos el % de sólidos presentes en el lodo donde se tomaron 10 muestras de este, se secaron en una balanza de humedad y se obtuvo que el % de sólidos presentes fue de 6.515%, pero para ser mucho más exactos con el dimensionamiento de las máquinas se enviaron analizar muestras de lodo para determinar el % de sólidos presentes en un laboratorio certificado, la empresa fue SGS del Perú, la cual nos otorgó un % de sólidos de **9.6933%**. Si todo es un 100% el % de humedad del lodo es **90.3067%**

El tornillo deshidratador va a entregar al secador rotativo una torta de lodo con un porcentaje de humedad del 50% menos, eso quiere decir que para el secador ingresará la torta con un % de humedad del **45.1534%**.

Queremos que nuestro fertilizante tenga un % de humedad entre el 7% y 11%, para este cálculo vamos a tomar el valor 10%, entonces la disminución requerida de humedad que tendría que otorgarnos el secador sería de:

$$\Delta H = \frac{(H_o - H_f)}{100 - H_f} \times 100$$

Dónde:

Hf = Humedad final de la torta (%)

Ho = 45.1534%

Hf = 10%

$$\Delta H = \frac{(45.1534 - 10)}{100 - 10} \times 100$$

$$\Delta H = 39.0593\%$$

Por lo tanto, la masa de agua que se evaporará es :

$$mH_2O = mh \times \frac{\left(\frac{H_o}{100} - \frac{H_f}{100}\right)}{1 - \frac{H_f}{100}}$$

Dónde:

mH₂O = Masa de agua a evaporar (Kg)

mh = Masa de materia humedad a ingresar (Kg)

Recordar que mh nos lo otorga el tornillo deshidratador que en cálculos anteriores nos dio como resultado que al día generaría 407.4 Kg.

Reemplazando:

$$mH_2O = 407.4 \times \frac{\left(\frac{45.1534}{100} - \frac{10}{100}\right)}{1 - \frac{10}{100}}$$

$$mH_2O = 407.4 \times \frac{\left(\frac{45.1534}{100} - \frac{10}{100}\right)}{1 - \frac{10}{100}}$$

$$mH_2O = 159.1277 \text{ Kg}$$

Entonces el lodo seco que resulta del secador es:

$$ms = mh - mH_2O$$

$$ms = 407.4 - 159.1277$$

$$ms = 248.27 \text{ Kg}$$

Humedad en base seca y en base humedad:

Si nosotros tenemos 100 Kg de torta de lodo húmeda a un porcentaje promedio de 45.1534%, entonces nosotros tenemos:

45.1534 Kg de agua y 54.8466 Kg de lodo deshidratado.

La humedad en base humedad es H_{bs} se obtiene de la siguiente ecuación:

$$H_{bs} = \frac{m_h}{m_s}$$

Un enfoque similar para evaluar el resultado con un contenido de humedad inicial del 10% implica:

$$H_{bh} = \frac{m_h *}{m_s *}$$

Entonces tenemos:

- $m_h = 45.1534$ Kg
- $m_s = 54.8466$ Kg
- $m_{h*} = 10$ Kg
- $m_{s*} = 90$ Kg

$$H_{bs} = \frac{m_h}{m_s}$$

$$H_{bs} = \frac{45.1534}{54.8466}$$

$$H_{bs} = 0.8232$$

$$H_{bh} = \frac{m_h *}{m_s *}$$

$$H_{bh} = \frac{10}{90}$$

$$H_{bh} = 0.1111$$

4.4. Resultados del objetivo específico Nro.4

4.4.1 Evaluar los diferentes análisis de las especificaciones del lodo:

La caracterización de los lodos residuales es un procedimiento detallado y sistemático pues tiene como objetivo comprender y cuantificar las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos residuos. Mediante la caracterización, se logra obtener información esencial para evaluar la viabilidad y seguridad de convertir los lodos residuales industriales en un producto beneficioso, como fertilizante orgánico, para su uso en la agricultura.

4.4.1.1. Implicaciones de una caracterización:

La caracterización de lodo involucra una serie de análisis técnicos que nos otorgan una información valiosa sobre los siguientes aspectos.

Propiedades químicas: Nos permite conocer la concentración de nutrientes esenciales tales como el nitrógeno, fósforo y potasio, así como elementos potencialmente perjudiciales como son los metales pesados.

Propiedades físicas: Estas propiedades evalúan como el contenido de materia seca, humedad y textura, influyen en la manejabilidad y procesamiento de los lodos.

Contenido microbiológico: Se determinan aquí la presencia de microorganismos patógenos o indicadores de contaminación, lo que afecta directamente la seguridad sanitaria de los productos finales.

4.4.1.2 Finalidad de una caracterización:

La caracterización de lodos residuales industriales tiene varios objetivos fundamentales:

1. **Selección de procesos:** Facilita la elección de enfoques idóneos para tratar y convertir los lodos en fertilizantes orgánicos, asegurando la integridad y excelencia del resultado final.

2. **Cumplimiento con la normativa:** Colabora en garantizar que los lodos y los productos derivados se alineen con los códigos y normas estipulados para salvaguardar tanto la salud humana como el entorno ambiental.

3. **Eficiencia en la Utilización de Recursos:** Facilita la utilización eficiente de los recursos disponibles al adaptar el proceso de obtención de fertilizantes según las características específicas de los lodos residuales.

4. **Manejo Sustentable:** Aporta a la administración responsable de los subproductos industriales, transformando una potencial fuente de problemas en un recurso preciado y ecológicamente viable para la agricultura.

En conclusión, la caracterización de lodos residuales industriales es el fundamento sobre el cual se basa la toma de decisiones para transformar estos residuos en fertilizantes orgánicos beneficiosos. Proporciona una visión integral de la composición y calidad de los lodos, permitiendo desarrollar estrategias adecuadas de manejo y aprovechamiento en armonía con la salud humana y la sostenibilidad ambiental.

4.1.1.3 Caracterización de lodo residual industrial de la Planta de tratamiento de agua residual industrial-Produmar S.A.C

En el Perú no existe una normativa que regule la aplicabilidad de lodo residual industrial como fertilizante orgánico en la agricultura, existe una normativa sí, pero para lodos residuales domésticos donde nos establecen límites máximos permitidos (LMP) de patógenos y metales pesados para que nuestro lodo doméstico sea considerado apropiado para la agricultura, clasificación A. Internacionalmente tanto en Europa, Asia, como en América no existe regularización para lodos residuales industriales.

Es por ello que para realizar una comparativa en esta investigación y no centrarnos en una sola normativa, vamos a utilizar normativa nacional como internacional que son usadas para la aplicabilidad del lodo residual doméstico en la agricultura, veremos la realidad de cada país y constataremos si nuestro lodo residual industrial esta por debajo de los LMP de cada una de las normativas y si es así es muy probable que los lodos residuales sean seguros para su uso en la agricultura.

Para regular la gestión de estos residuos, se han establecido regulaciones y directrices con el fin de asegurar su disposición final segura y su uso adecuado. Inicialmente, la **Comunidad Europea** presentó las primeras pautas y disposiciones para el tratamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en 1986, a través de la “Directiva del Consejo relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura (86/CEE)”. **La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA)** también contribuyó a esta regulación con la publicación del 40 CFR Part 503, que establece estándares para el uso o disposición de lodos de alcantarillado en 1993.

En el ámbito latinoamericano, tomando como punto de partida los lineamientos descritos líneas atrás, se empezó a crear una legislación encaminada a la disposición de lodos en rellenos sanitarios o su aplicabilidad en el suelo, ya sea este como un mejorador o un sustrato para cultivos agrícolas, ornamentales o forestales.

Los países que cuentan con una norma o reglamento específicos para el uso de lodos son **Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, México, Panamá y Perú.**

Se puede notar que estas regulaciones internacionales comparten tres requisitos fundamentales, los cuales son:

- a) Concentración de Patógenos.
- b) Concentración de contaminantes.

Concentración de Patógenos:

El propósito del parámetro de densidad de patógenos es establecer un límite para la presencia de microorganismos patógenos, como los **coliformes fecales y Salmonella.**

Según la regulación de la EPA de los Estados Unidos, se establece que tanto los lodos de clase A como los de clase B deben cumplir con los requisitos especificados en la siguiente tabla.

Tabla 118*Estándares patógenos según EPA-40 CFR Part 503*

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 4g ST)
A	< 1000	< 1
B	0	0

En el contexto de la normativa de la Unión Europea, no se detallan límites específicos de densidad de patógenos. Sin embargo, se exige que se sometan a tratamiento previo los biosólidos (lodos) antes de su aplicación en el suelo, con el objetivo de minimizar la presencia de patógenos. Entre los métodos de tratamiento previo utilizados se incluyen la digestión aeróbica, compostaje y estabilización con cal, entre otros.

Tabla 119*Estándares patógenos según Resolución 410 de 2018-Argentina*

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 4g ST)
A	< 1000	< 3
B	<2000	-

Tabla 120*Estándares patógenos según Resolución 375 CONAMA de 2006-Brasil*

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
A	< 1000	< 1
B	<10 ⁶	-

Tabla 121*Estándares patógenos según Decreto 1287 de 2014-Colombia*

Clase Lodo	Coliformes Fecales	Salmonella sp.
------------	--------------------	----------------

	(NMP/g ST)	(NMPN/ 10g ST)
A	< 1000	Ausencia
B	<2000	<1

Tabla 122

Estándares patógenos según Decreto 4 de 2009-Chile

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
A	< 1000	<3
B	<2000	-

Tabla 123

Estándares patógenos según Decreto Ejecutivo Nº 39316-S-Costa Rica

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
A	<2000	-
B	<2 x 10 ⁶	-

Tabla 124

Estándares patógenos según NOM-004-SEMARNAT-2002-México

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
A	<1000	<3
B	<2 x 10 ⁶	<300

Tabla 125

Estándares patógenos según Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000-Panamá

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
------------	----------------------------------	----------------------------------

A	<2000	-
B	-	-

Tabla 126

Estándares patógenos según Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA-Perú

Clase Lodo	Coliformes Fecales (NMP/g ST)	Salmonella sp. (NMPN/ 10g ST)
A	<1000	<1
B	<2000	-

Resultados de la concentración de patógenos:

Coliformes Fecales:

Tabla 127

Límites máximos permisibles de Coliformes Fecales por país presentes en el lodo

País	LMP (NMP/g) A	LMP (NMP/g) B	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	<1000	-	933.4	Cumple
CE	-	-	933.4	Cumple
ARGENTINA	<1000	<2000	933.4	Cumple
BRASIL	<1000	<10 ⁶	933.4	Cumple
COLOMBIA	<1000	<2000	933.4	Cumple
CHILE	<1000	<2000	933.4	Cumple
COSTA RICA	<2000	<2x10 ⁶	933.4	Cumple
MÉXICO	<1000	<2x10 ⁶	933.4	Cumple
PANAMÁ	<2000	-	933.4	Cumple
PERÚ	<1000	<2000	933.4	Cumple

En la tabla 127 La PTARI cumple con los niveles máximos de concentración que fueron definidos por las regulaciones vigentes de **EEUU, CE, ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, CHILE, COSTA RICA, MEXICO, PANAMA y PERU**. Es importante destacar que, de acuerdo con la normativa chilena, los lodos residuales clasificados

como tipo A pueden ser utilizados en el suelo sin limitaciones, mientras que, según las directrices brasileñas, los lodos de tipo A están autorizados para su aplicación directa en el suelo.

Salmonella:

Tabla 128

Límites máximos permisibles de Salmonella por país presentes en el lodo

País	Salmonella	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	<1	<1	Cumple
CE	-	<1	Cumple
ARGENTINA	<3	<1	Cumple
BRASIL	<1	<1	Cumple
COLOMBIA	-	<1	Cumple
CHILE	<3	<1	Cumple
COSTA RICA		<1	Cumple
MÉXICO	<3	<1	Cumple
PANAMÁ	-	<1	Cumple
PERÚ	<1	<1	Cumple

La tabla 128, nos confirma la clasificación del lodo residual, no cuenta con un gran porcentaje de patógenos (Coliformes fecales y Salmonella), es clasificado como A. Está apto para ser aplicado en el suelo con fines agrícolas, más adelante analizaremos su concentración de contaminantes (metales pesados) con el fin de tener la certeza que nuestro lodo no genere un impacto negativo en el medio ambiente.

Concentración de contaminantes:

Este parámetro tiene como propósito regular la cantidad de metales contaminantes presentes en el lodo, con el fin de garantizar que no tengan un impacto adverso en las propiedades del suelo.

Tabla 129*Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-EEUU*

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	41
Cadmio (Cd)	39
Zinc (Zn)	2800
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	-
Mercurio (Hg)	17
Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	300

Tabla 130*Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-CE*

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	-
Cadmio (Cd)	20
Zinc (Zn)	2500
Cobre (Cu)	1000
Cromo (Cr)	-
Mercurio (Hg)	16
Níquel (Ni)	300
Plomo (Pb)	750

Tabla 131

Las regulaciones y marcos normativos relacionados con la disposición y el uso de lodos y biosólidos en los países latinoamericanos.

País	Instrumento Normativo
Argentina	Resolución 410 de 2018, Norma Técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales-industriales.
Brasil	Resolución 375 CONAMA de 2006, define los criterios y procedimientos para uso agrícola de lodos de plantas de tratamiento.
Colombia	Decreto 1287 de 2014, que establece los criterios para el uso de los biosólidos generados en PTARM.
Chile	Decreto 4 de 2009, Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.
Costa Rica	Decreto Ejecutivo N° 39316-S. 2015, Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos.
México	NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos, Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Panamá	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000, AGUA: Usos y disposición final de lodos
Perú	Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA, Reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Nota: En esta tabla se encuentran los instrumentos normativos enfocados en el lodo, su reutilización y aprovechamiento en el suelo de los países latinoamericanos.

A continuación, presentaremos los valores máximos y mínimos de cada una de las normas internacionales del uso del lodo en la agricultura.

a) **Argentina: Resolución 410 de 2018, Norma Técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales-industriales.**

Tabla 132

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Argentina.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	20
Cadmio (Cd)	3
Zinc (Zn)	600
Cobre (Cu)	150
Cromo (Cr)	750
Mercurio (Hg)	0.8
Níquel (Ni)	150
Plomo (Pb)	375

b) Brasil: Resolución 375 CONAMA de 2006, define los criterios y procedimientos para uso agrícola de lodos de plantas de tratamiento.

Tabla 133

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Brasil.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	41
Cadmio (Cd)	39
Zinc (Zn)	280
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	1000
Mercurio (Hg)	17
Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	300

c) Colombia: Decreto 1287 de 2014, que establece los criterios para el uso de los biosólidos generados en PTARM.

Tabla 134

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Colombia.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	40
Cadmio (Cd)	40
Zinc (Zn)	2800
Cobre (Cu)	1750
Cromo (Cr)	1500
Mercurio (Hg)	20
Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	400

d) Chile: Decreto 4 de 2009, Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas

Tabla 135

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Chile.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	40
Cadmio (Cd)	40
Zinc (Zn)	2800
Cobre (Cu)	1200
Cromo (Cr)	-
Mercurio (Hg)	20
Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	400

e) Costa Rica: Decreto Ejecutivo N° 39316-S. 2015, Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos.

Es la única normativa que no regula ningún parámetro al respecto.

f) México: NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos, Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Tabla 136

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-México.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	41
Cadmio (Cd)	39
Zinc (Zn)	2800
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	1200
Mercurio (Hg)	17

Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	300

g) Panamá: **Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000, AGUA: Usos y disposición final de lodos.**

Tabla 137

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Panamá.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	40
Cadmio (Cd)	40
Zinc (Zn)	3000
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	1500
Mercurio (Hg)	25
Níquel (Ni)	420
Plomo (Pb)	300

h) Perú: **Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA, Reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Tabla 138

Límites máximos permitidos de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos-Perú.

Parámetro	Valor de referencia (mg/kg materia seca)
Arsénico (As)	40
Cadmio (Cd)	40
Zinc (Zn)	2400
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	1200
Mercurio (Hg)	17

Níquel (Ni)	400
Plomo (Pb)	400

Resultado de los metales en el lodo residual:

Se identificó la existencia de metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn).

Arsénico:

Tabla 139

Resultado de Valor Arsénico comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	41	6.547	Cumple
CE	-	6.547	Cumple
ARGENTINA	20	6.547	Cumple
BRASIL	41	6.547	Cumple
COLOMBIA	40	6.547	Cumple
CHILE	40	6.547	Cumple
MÉXICO	41	6.547	Cumple
PANAMÁ	40	6.547	Cumple
PERÚ	40	6.547	Cumple

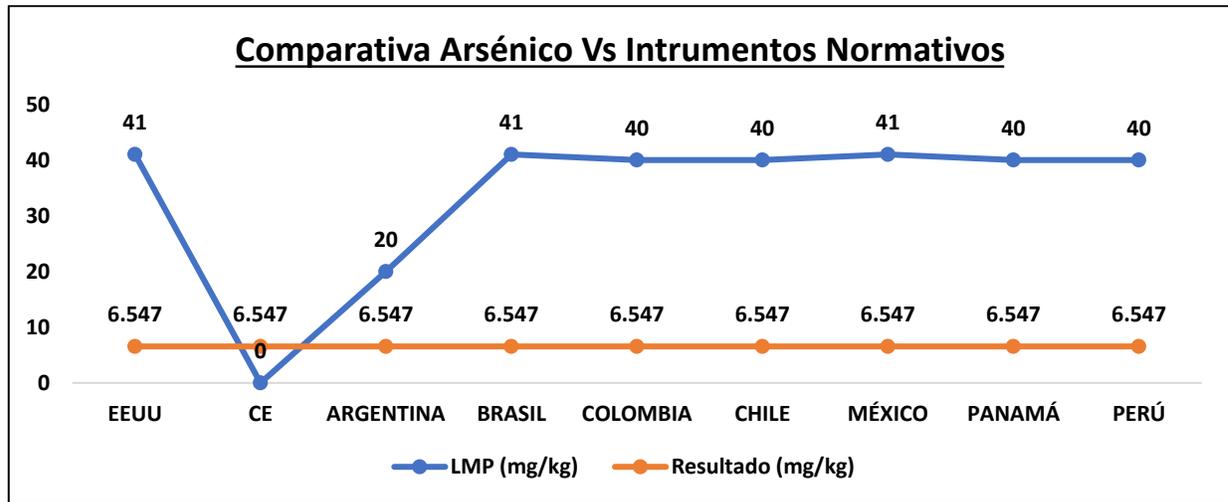
Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú

S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 139, observamos que el LMP más bajo nos lo presenta el instrumento normativo del país de Argentina, pero nuestro resultado de laboratorio nos indica un valor de 6.547 mg/kg un valor muy por debajo de los límites presentados. Cabe señalar que la C.E no presenta un LMP para el arsénico

Figura 145

Gráfico de comparativa Arsénico Vs Instrumentos Normativos.



Cadmio:

Tabla 140

Resultado de Valor Cadmio comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	39	10.091	Cumple
CE	20	10.091	Cumple
ARGENTINA	3	10.091	No Cumple
BRASIL	39	10.091	Cumple
COLOMBIA	40	10.091	Cumple
CHILE	40	10.091	Cumple
MÉXICO	39	10.091	Cumple
PANAMÁ	40	10.091	Cumple
PERÚ	40	10.091	Cumple

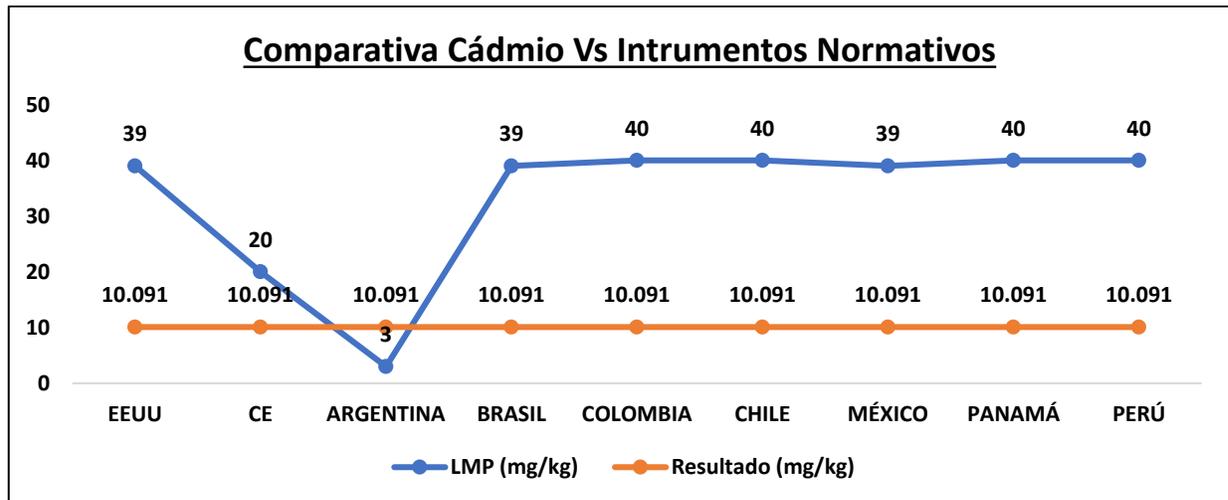
Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 140, observamos que el LMP más bajo nos lo presenta el instrumento normativo del país de Argentina dándonos un 3 mg/kg, pero nuestro resultado de

laboratorio nos indica un valor de 10.091 mg/kg un valor un poco por encima de su LMP, pero muy por debajo a comparación de sus semejantes.

Figura 146

Gráfico de comparativa Cadmio Vs Instrumentos Normativos.



Plomo:

Tabla 141

Resultado de Valor Plomo comparado con LMP por país

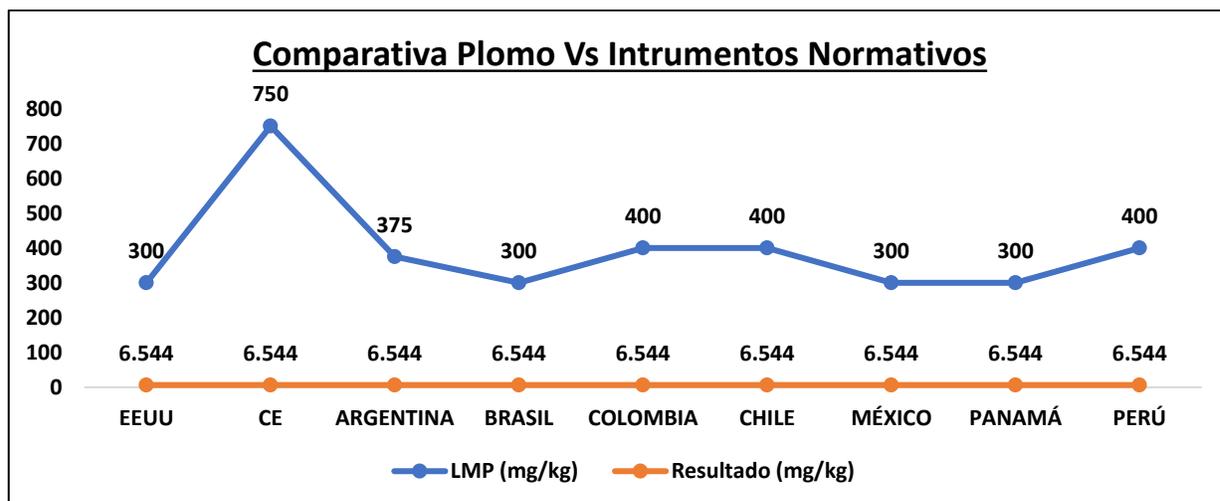
País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	300	6.544	Cumple
CE	750	6.544	Cumple
ARGENTINA	375	6.544	Cumple
BRASIL	300	6.544	Cumple
COLOMBIA	400	6.544	Cumple
CHILE	400	6.544	Cumple
MÉXICO	300	6.544	Cumple
PANAMÁ	300	6.544	Cumple
PERÚ	400	6.544	Cumple

Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 141, se observa que los valores se sitúan dentro de los límites establecidos por las regulaciones consideradas en el contexto de la investigación actual.

Figura 147

Gráfico de comparativa Plomo Vs Instrumentos Normativos.



Cobre:

Tabla 142

Resultado de Valor Cobre comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	1500	151.694	Cumple
CE	1000	151.694	Cumple
ARGENTINA	150	151.694	No Cumple
BRASIL	1500	151.694	Cumple
COLOMBIA	1750	151.694	Cumple
CHILE	1200	151.694	Cumple
MÉXICO	1500	151.694	Cumple
PANAMÁ	1500	151.694	Cumple
PERÚ	1500	151.694	Cumple

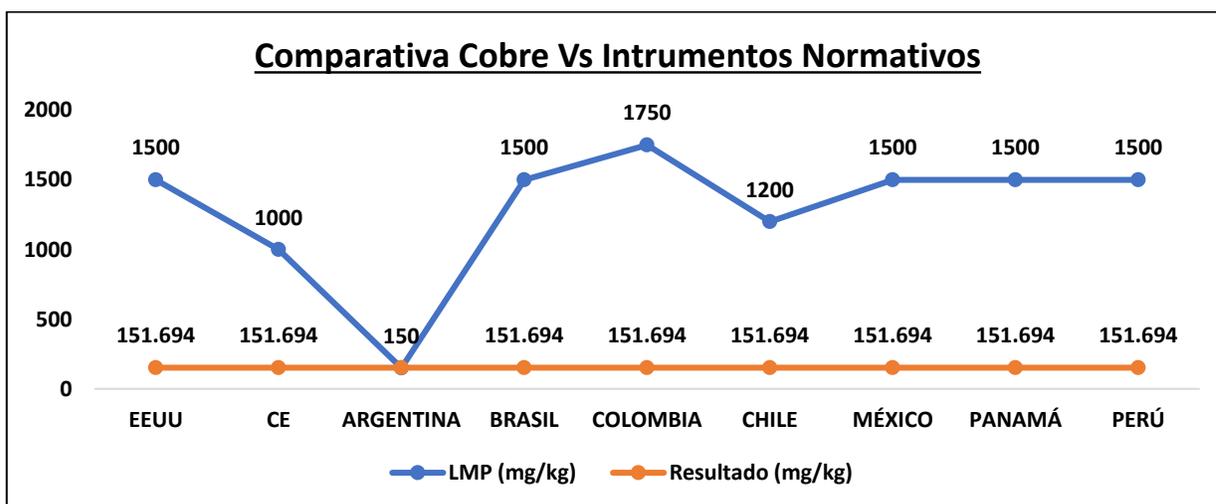
Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú

S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

Los lodos residuales examinados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARI) sujeta a estudio muestran concentraciones de cobre inferiores a los niveles establecidos por las regulaciones extranjeras consideradas en la investigación, el instrumento normativo argentino nos otorga un LMP de 150 mg/kg de concentración máx. de cobre en el lodo y nuestro resultado nos dio 151.694 mg/kg que es ligeramente mayor.

Figura 148

Gráfico de comparativa Cobre Vs Instrumentos Normativos.



Mercurio:

Tabla 143

Resultado de Valor Mercurio comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	17	0.543	Cumple
CE	16	0.543	Cumple
ARGENTINA	0.8	0.543	Cumple
BRASIL	17	0.543	Cumple
COLOMBIA	20	0.543	Cumple
CHILE	20	0.543	Cumple
MÉXICO	17	0.543	Cumple
PANAMÁ	25	0.543	Cumple

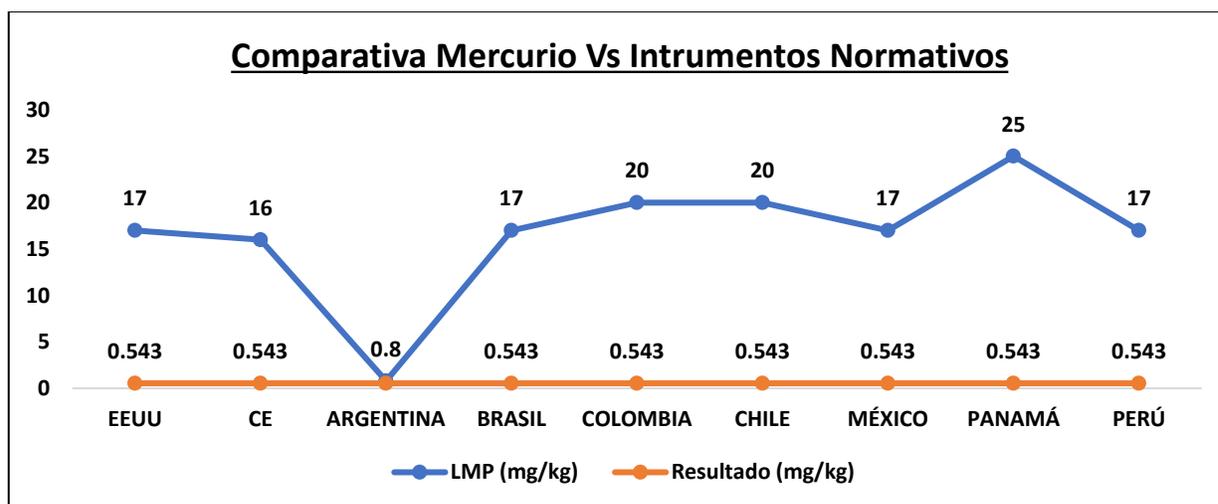
PERÚ 17 0.543 Cumple

Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 143, se observa que los valores se sitúan dentro de los límites establecidos por las regulaciones consideradas en el contexto de la investigación actual.

Figura 149

Gráfico de comparativa Mercurio Vs Instrumentos Normativos.



Níquel:

Tabla 144

Resultado de Valor Níquel comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	420	27.422	Cumple
CE	300	27.422	Cumple
ARGENTINA	150	27.422	Cumple
BRASIL	420	27.422	Cumple
COLOMBIA	420	27.422	Cumple
CHILE	420	27.422	Cumple
MÉXICO	420	27.422	Cumple
PANAMÁ	420	27.422	Cumple

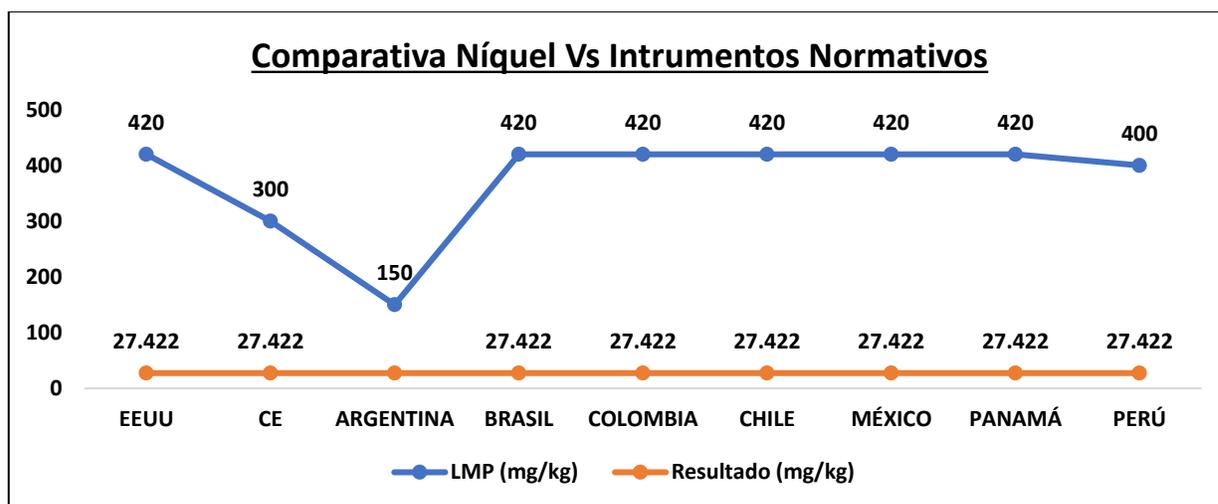
PERÚ 400 27.422 Cumple

Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 144, se observa que los valores se sitúan dentro de los límites establecidos por las regulaciones consideradas en el contexto de la investigación actual.

Figura 150

Gráfico de comparativa Níquel Vs Instrumentos Normativos.



Cromo:

Tabla 145

Resultado de Valor Cromo comparado con LMP por país

País	LMP (mg/kg)	Resultado (mg/kg)	Estatus
EEUU	-	58.132	Cumple
CE	-	58.132	Cumple
ARGENTINA	750	58.132	Cumple
BRASIL	1000	58.132	Cumple
COLOMBIA	1500	58.132	Cumple
CHILE	-	58.132	Cumple
MÉXICO	1200	58.132	Cumple
PANAMÁ	1500	58.132	Cumple

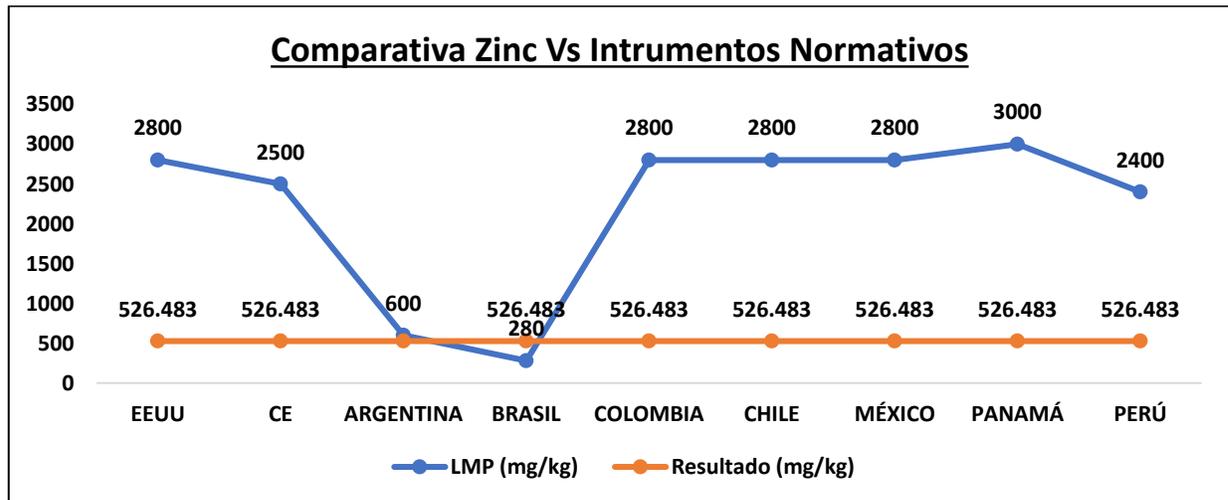
PANAMÁ	3000	526.483	Cumple
PERÚ	2400	526.483	Cumple

Nota: Los resultados del análisis de lodos se hicieron con la empresa S.G.S del Perú S.A.C, los cuales demoraron aproximadamente 7 días.

De la tabla 146, se observa que los valores se sitúan dentro de los límites establecidos por las regulaciones consideradas en el contexto de la investigación actual. Cabe señalar que el instrumento del país de Brasil es el único que no cumple pues tiene un límite de 280 mg/kg mientras que nuestro resultado fue de 526.483 mg/kg.

Figura 152

Gráfico de comparativa de Zinc Vs Instrumentos Normativos.



Se presentan el resumen de los Límites máximo permitidos para el uso de lodo residual en el suelo con fines agrícolas:

Tabla 147

Valores límites de concentración de metales en lodo residual por país.

País	ARSENICO LMP (mg/kg)	CADMIO LMP (mg/kg)	CROMO LMP (mg/kg)	COBRE LMP (mg/kg)	MERCURIO LMP (mg/kg)	NIQUEL LMP (mg/kg)	PLOMO LMP (mg/kg)	ZINC LMP (mg/kg)
EEUU	41	39	-	1,500	17	420	300	2,800
CE	-	20	-	1,000	16	300	750	2,500
ARGENTINA	20	3	750	150	0.8	150	375	600
BRASIL	41	39	1,000	1,500	17	420	300	280
COLOMBIA	40	40	1,500	1,750	20	420	400	2,800
CHILE	40	40	-	1,200	20	420	400	2,800
MÉXICO	41	39	1,200	1,500	17	420	300	2,800
PANAMÁ	40	40	1,500	1,500	25	420	300	3,000
PERÚ	40	40	1,200	1,500	17	400	400	2,400

Nota: Estos valores fueron obtenidos de cada uno de los instrumentos Normativos de cada país descritos anteriormente.

Tabla 148

Resultados de concentraciones del lodo residual en la PTARI de estudio.

UBICACIÓN	VALOR OBTENIDO DE ARSENICO mg/kg	VALOR OBTENIDO DE CADMIO mg/kg	VALOR OBTENIDO DE CROMO mg/kg	VALOR OBTENIDO DE COBRE mg/kg	VALOR OBTENIDO DE MERCURIO mg/kg	VALOR OBTENIDO DE NIQUEL mg/kg	VALOR OBTENIDO DE PLOMO mg/kg	VALOR OBTENIDO DE ZINC mg/kg
PTARI	6.547	10.091	58.132	151.694	0.543	27.422	6.544	526.483

Nota: Resultado obtenidos por laboratorios de la empresa SGS del Perú S.A.C

Tabla 149

Resumen de resultados de análisis de metales pesados en el lodo residual

UBICACIÓN	Instrumentos Normativos	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
PTARI	EEUU	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	CE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	ARGENTINA	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	BRASIL	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple
PTARI	COLOMBIA	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	CHILE	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	MÉXICO	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	PANAMÁ	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PTARI	PERÚ	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Nota: Según los resultados obtenidos, el lodo de la PTARI de PRODUMAR S.A.C cumple con las concentraciones de metales pesados como Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), tal como lo establecen las regulaciones extranjeras consideradas en la investigación.

La normativa argentina con los LMP para el Cadmio y el Cobre es mucho más rigurosa que otros instrumentos, siendo en estos dos donde no cumplimos con la concentración máxima de ambos metales, pero es leve.

También detectamos que en el instrumento normativo de Brasil para el Zn nuestro lodo no cumple siendo su LMP 280 mg/kg y nuestro lodo dio como resultado 526.483 mg/kg. En conclusión, de los 9 instrumentos normativos nuestro lodo cumple con el 100% con el Arsénico, 88.89% con el Cadmio, 100% con el Cromo, 88.89% con el Cobre, 100% con el Mercurio, 100% con el níquel, 100% con el Plomo y un 88.89% con el Zinc, en general cumplimos con un 95.83% del total de los LMP.

Estas concentraciones no plantean un riesgo medioambiental en relación a su posible acumulación en el suelo y posterior infiltración en las aguas subterráneas, lo que promueve su viabilidad como fertilizante. Se nota que los desechos producidos por la empresa tienen una escasa presencia de metales, lo que los hace adecuados para su aplicación en el suelo.

En resumen, los niveles de metales detectados en el lodo se encuentran significativamente por debajo de los umbrales considerados peligrosos. Esto implica que la empresa PRODUMAR S.A.C. tiene la posibilidad de reutilizar sus desechos, lo que, a su vez, le permitirá reducir sus gastos asociados a la disposición final de los mismo.

Nutrientes y Propiedades físicas:

Los lodos (Físico-Químico) generados por los efluentes provenientes de la planta procesadora de Harina y Pota de la empresa Produmar S.A.C corresponden a un residuo líquido y semilíquido con humedad promedio de 93.484% y, lo que determina la diferencia en la carga de ST. El lodo Físico-Químico corresponde al residuo generado del tratamiento de las aguas Industriales (que se generan en los DAF) en el reactor, lo que permite explicar su nivel de humedad.

De acuerdo a los resultados (Tabla 87) se puede observar que estos residuos son ricos en materia orgánica (M.O) por ende tiene nitrógeno en cantidad considerable.

Notamos también un Ph adecuado para su uso en el suelo.

Tabla 150

Propiedades químicas y físicas del lodo residual

Tipo de Concentración	Lodo PTARI
Humedad (%)	93.484
Nt (%)	7.78%
M.O	22.8%
Pt (%)	1.723%
Ph	6.23

Elementos Nutritivos:

El lodo físico-químico contiene cantidades significativas de nutrientes, (como se indica en la Tabla 109). Destaca la alta concentración de potasio, hierro y calcio que aporta el lodo físico-químico. Se observa una elevada presencia de sodio (sal), esto es debido

a las grandes cantidades de sal que se utiliza en el proceso de tratamiento tanto de la pota como del langostino, lo que explica la presencia de este elemento en el lodo.

Tabla 151

Elementos nutritivos presentes en el lodo

Nutriente	Lodo PTARI
Calcio disponible	26,967.434
Hierro disponible	3,917.081
Magnesio disponible	3,312.286
Manganeso disponible	73.146
Potasio disponible	4,747.054
Sodio disponible	6,147.586
Boro Total	<17.195

Según las características del lodo, se aprecia que este residuo posee un potencial considerable como **fertilizante orgánico**. Contiene cantidades notables de materia orgánica (M.O), **nitrógeno(N)**, **fósforo(P)** y **potasio(K)**, también presenta metales ligeros como calcio, boro y manganeso. Estos nutrientes son altamente requeridos por las plantas y suelen ser escasos en suelos degradados o empobrecidos

4.5. Resultados del objetivo específico Nro.5

4.5.1. Desarrollar los aspectos legales del proyecto:

La generación de los lodos en el mundo tiene complicaciones en su uso y disposición final, lo que conlleva a que los países busquen formas adecuadas para darle una disposición final, es por eso que surgen reglamentos y políticas que ayudarán a determinar el uso adecuado buscando disminuir el impacto negativo que puedan generar al medio ambiente. Cabe mencionar que son pocos los países que poseen estas normas o reglamentos para el correcto manejo y disposición de los lodos, pero a su vez han sido usados como referencia para quienes no las poseen.

Una correcta gestión ambiental para reutilizar los lodos residuales son aspectos cruciales en la actualidad, especialmente en industrias como la pesquera, donde se generan subproductos que pueden tener un impacto significativo en el entorno y la sostenibilidad del negocio.

Este estudio es esencial porque nos permite comprender los aspectos legales que rodean la implementación de iniciativas de reutilización de lodos residuales en el Perú, exploraremos los principales aspectos legales que deben de considerarse al emprender un proyecto de esta naturaleza en el contexto peruano. Desde las regularizaciones ambientales hasta los permisos necesarios y la participación comunitaria.

Se abordarán los elementos claves que contribuyen a la viabilidad y lograr la conformidad legal de dicho proyecto. Además, se destacará la importancia de la colaboración con las autoridades reguladoras y la necesidad de mantener un enfoque integral en la gestión de los lodos residuales en el sector pesquero.

4.5.1.1. Ley general del ambiente Nro. 28611

La legislación que rige el marco legal de la gestión ambiental en el Perú establece los principios y normativas esenciales para garantizar la efectiva garantía del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, al tiempo que impone la obligación de contribuir a una gestión ambiental eficaz y

salvaguardar el medio ambiente y sus elementos, con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población y asegurar la sostenibilidad a largo plazo del país.

4.5.1.2. Ley General de Servicios de Saneamiento Nro.26338

Esta legislación instituye las pautas que supervisan la provisión de servicios de saneamiento a nivel nacional, tanto en contextos urbanos como rurales, con el propósito de lograr la universalidad del acceso, garantizar la calidad y eficiencia sostenible de estos servicios, y al mismo tiempo, fomentar la preservación del entorno ambiental y la inclusión social en beneficio de la población. En el artículo concerniente a la gestión ambiental, se estipula que los proveedores de servicios de saneamiento están obligados a implementar tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de cumplir con los **Límites Máximos Permisibles (LMP)** y los **Estándares de Calidad Ambiental (ECA)** aplicables. Esto, a su vez, busca prevenir la contaminación de las fuentes receptoras de agua y promover la reutilización de recursos hídricos.

4.5.1.3. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Decreto legislativo N°1278

Este reglamento establece la incorporación de principios de **economía circular** en la gestión completa de residuos sólidos. Se destaca la importancia de no limitar la creación de valor al mero consumo final de recursos, sino de considerar todo el ciclo de vida de los productos. Esto implica aprovechar los residuos como recursos en los procesos de producción de bienes, lo que puede llevarse a cabo mediante valorización, que puede ser tanto material como energética.

- **Afectación principal:** Suelo, aire y mar.
- **Autoridad fiscalizadora:** OEFA

4.5.1.4. Reglamento para el reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Decreto Supremo N°015-2017-Ministerio de Vivienda.

El propósito principal de esta ley es establecer disposiciones que permitan definir las propiedades, la clasificación y los criterios de los lodos utilizados en la producción y la supervisión de los biosólidos derivados del tratamiento y estabilización de los lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales **domésticas o municipales** (PTAR).

El objetivo de este decreto es promover la utilización de lodos en múltiples sectores industriales, como la agricultura, la cerámica y la industria forestal, siempre que se hayan convertido previamente en biosólidos. Este enfoque considera cuidadosamente los posibles riesgos asociados con el uso de estos materiales en términos de impacto ambiental y salud humana.

Es importante destacar que este Reglamento no es válido para aquellos generadores de lodos que se originan en Plantas de Tratamiento de Agua Potable ni en instalaciones de Aguas Residuales No Domésticas, Agroindustriales, Establecimientos de Salud o cualquier otro relacionado con servicios de saneamiento. Esto se debe a que, con fines de reutilización, dichos lodos están sujetos a regulaciones especiales y distintas.

4.5.1.5. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales D.S N° 003-2010- MINAM

Los Límites Máximos Permisibles para los vertidos provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales fueron oficialmente establecidos a través del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Este reglamento tiene como propósito garantizar que el tratamiento de las aguas residuales en nuestro país sea realizado de manera adecuada, evitando así impactos ambientales significativos y graves.

4.5.1.6. Condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final Resolución ministerial Nro. 128-2017-Vivienda

El propósito fundamental de esta normativa es establecer directrices mínimas para la gestión de los lodos que se originan en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). El objetivo principal es mitigar posibles impactos ambientales y, al mismo tiempo, fomentar el desarrollo sostenible a largo plazo del sector de saneamiento en el país.

4.5.1.7. Procedimiento legal para la inscripción en el programa de Registro Nacional de producción y reaprovechamiento de biosólidos (RENAPROB)

Paso 1: Caracterización del lodo residual industrial

La información detallada concerniente a este primer paso la obtendremos en el objetivo Nro 4 de este trabajo de investigación.

En conclusión, podemos decir que según los resultados de los análisis de caracterización del lodo residual industrial y su comparativa con los instrumentos normativos nacionales e internacionales lo podemos clasificar como A, esto quiere decir que no tiene presencia de patógenos (Coliformes Fecales y Salmonella) ni presencia de metales pesados.

Por lo expuesto anteriormente el lodo residual industrial es apto para su uso en la agricultura.

Paso 2: Prueba piloto para el aprovechamiento del lodo residual industrial como fertilizante Orgánico

Esta prueba piloto de fertilización es un ensayo experimental a una pequeña escala diseñada para evaluar la viabilidad y los efectos de la aplicación del fertilizante en un entorno controlado antes de implementar su uso a gran escala en la agricultura

Elementos claves para diseñar y realizar una prueba piloto de fertilización:

1. Diseño experimental:

Definir de forma clara los objetivos de la prueba piloto y el diseño experimental que se utilizará. Esto incluye el seleccionar el o los cultivos de prueba, la cantidad de fertilizante a usar, la frecuencia de aplicación y la duración del experimento.

2. Selección del sitio:

Elegir un sitio de prueba que sea representativo de las condiciones que se planea utilizar el fertilizante a gran escala y dimensionar el terreno (surcar). Tener en cuenta los factores como son el tipo de suelo, el clima y otros factores ambientales relevantes.

3. Aplicación del fertilizante:

Aplica el fertilizante orgánico obtenido de los lodos residuales industriales según el plan experimental. Mide con precisión las cantidades aplicadas para garantizar consistencia.

4. Control de las variables:

Establecer un grupo (muestra) testigo (que no tiene fertilizante) y un grupo que tiene fertilizante y realizar mediciones regulares de las variables claves como son la altura de la planta, la salud del suelo, los niveles de nutrientes y cualquier impacto ambiental.

5. Monitoreo del impacto ambiental:

Evaluar cualquier impacto potencial en el medio ambiente, como la lixiviación de nutrientes o la acumulación de contaminantes. Esto es crucial para garantizar la sostenibilidad y seguridad del fertilizante.

6. Recopilación de datos:

Documentar de forma detallada todos los datos recopilados durante el experimento, incluyendo las condiciones ambientales, prácticas agrícolas y resultados obtenidos.

7. Análisis de los resultados:

Analizar los datos para evaluar los rendimientos del cultivo con y sin fertilizante. Y determinar quien obtuvo mayor rendimiento.

8. Conclusiones y recomendaciones:

Basándote en los resultados, elabora conclusiones sobre la viabilidad del fertilizante orgánico y haz recomendaciones para futuras aplicaciones a mayor escala.

Paso 3: Autorización de la gerencia de nuestra empresa para la implementación del proyecto.

La autorización de la gerencia para la implementación de un proyecto es un paso crucial antes de iniciar cualquier iniciativa, es aquí donde se elaborará un informe detallando el resumen del proyecto, la justificación, los beneficios esperados, el alcance del proyecto, el presupuesto, los recursos, el cronograma y los posibles riesgos que tendremos.

Gerencia nos otorgará el visto bueno del proyecto.

Paso 4: Inscripción en el RENAPROB

El Capítulo IV del Reglamento de Reutilización de Lodos producidos en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, establece las normas administrativas para el registro de Productores y Vendedores de biosólidos en el **RENAPROB**, incluyendo los procesos para la actualización y anulación de dichos registros.

- El Reglamento mencionado define procesos distintos para el registro de Productores y Comercializadores de biosólidos en el **RENAPROB**. Para los Productores, el proceso administrativo implica una evaluación inicial que, en caso de no recibir respuesta, se interpreta como una negativa. Por otro lado, el registro de los Comercializadores se aprueba automáticamente.
- Los procedimientos administrativos mencionados tienen un plazo máximo de treinta (30) días laborables para completar el registro de los productores de biosólidos, y de cinco (05) días laborables para emitir el certificado de registro a los vendedores de biosólidos.
- El registro en el **RENAPROB** no tiene fecha de caducidad. Sin embargo, el Reglamento establece que la validez del registro depende de la entrega trimestral a la Dirección de Gestión Ambiental Agraria (DGAA) de las Fichas de Entrega de Biosólido. Además, los productores de biosólidos deben presentar

los resultados de los monitoreos de biosólidos que se especifican en los párrafos 17.4 y 17.5 del artículo 17 del Reglamento de Reutilización de Lodos. Por otro lado, los vendedores deben proporcionar una copia de las Fichas de Entrega de Biosólido al usuario final.

- Otra tarea administrativa es la actualización del registro del productor en el **RENAPROB**. Esta se requiere cuando los productores deciden modificar el tipo de biosólidos que generan y/o las tecnologías que han declarado. En tales situaciones, los productores deben renovar su registro dentro de un período no superior a treinta (30) días hábiles, antes de comenzar a comercializar. Este proceso administrativo requiere una evaluación previa y está sujeto a un silencio administrativo negativo, resolviéndose en un plazo máximo de quince (15) días hábiles.
- El Reglamento de Reaprovechamiento de Lodos también supervisa la cancelación del registro en el **RENAPROB**, que se considera un proceso de aprobación automática. La DGAA tiene un plazo de cinco (05) días hábiles para emitir una resolución de cancelación del registro y luego procede a actualizar el **RENAPROB**.

4.6. Resultados del objetivo específico Nro.6

4.6.1. Determinar el monto de la inversión y financiamiento.

En la actualidad, la empresa PRODUMAR S.A.C no cuenta con una instalación para deshidratar y secar sus lodos residuales, por lo que depende de empresas operadoras de residuos (EOR) para llevar a cabo la succión, transporte y disposición final en un relleno de sanitario. Estas empresas operadoras se dirigen a la empresa de 4 a 5 veces al mes para recoger los lodos, lo que resulta en costos significativos para el resultado anual de la empresa.

A continuación, presentaremos un análisis de los costos de transporte y disposición final de los lodos.

Se considerarán como punto de referencia los costos obtenidos por succión, transporte y disposición final de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.

Tabla 152

Histórico de costo mensual de evacuación de lodos residuales

Histórico de succión, transporte y disposición final de los lodos residuales industriales de PRODUMAR S.A.C												
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2019												
Nro. De Viajes:	11	3	2	1	2	19	17	17	27	17	7	4
Cantidad (M ³):	23.47	9.10	1.68	1.86	3.12	119.41	153.95	74.97	82.00	78.04	30.38	15.01
Costo Total:	13,845.8	5,367.7	994.0	1,096.6	1,840.5	125,169.8	171,539.9	79,807.8	91,922.0	82,684.7	28,544.5	9,918.4
2020												
Nro. De Viajes:	11	15	8	2	1	10	22	17	8	7	8	11
Cantidad (M ³):	31.99	42.70	28.50	14.00	3.00	84.22	148.00	126.00	98.50	87.00	92.00	194.00
Costo Total:	15,044.6	18,083.4	10,663.5	3,304.0	708.0	20,955.6	34,928.0	27,628.4	17,479.2	15,438.5	16,325.8	34,426.1
2021												
Nro. De Viajes:	5	7	8	6	6	7	6	9	9	8	7	6
Cantidad (M ³):	65.00	90.00	102.00	78.00	78.00	91.00	75.00	117.00	117.00	104.00	91.00	78.00
Costo Total:	11,534.5	15,970.9	18,100.3	13,841.4	14,785.4	19,452.3	16,032.1	25,010.1	25,010.1	22,231.2	19,452.3	16,673.4
2022												
Nro. De Viajes:	5	5	4	4	4	3	3	2	3	4	4	5
Cantidad (M ³):	65.00	65.00	52.00	52.00	52.00	39.00	39.00	26.00	39.00	52.00	52.00	65.00
Costo Total:	14,484.5	14,484.5	11,587.6	11,587.6	11,587.6	8,690.7	8,826.4	5,793.8	8,690.7	11,587.6	11,587.6	14,484.5

Resumen												
Nro. De Viajes:	32	30	22	13	13	39	48	45	47	36	26	26
Total, Cantidad	185.46	206.80	184.18	145.86	136.12	333.63	415.95	343.97	336.50	321.04	265.38	352.01
Total, Costo:	54,909.37	53,906.53	41,345.44	29,829.66	28,921.56	174,268.41	231,326.45	138,240.03	143,102.06	131,941.99	75,910.16	75,502.45

Nota: Esta información fue proporcionada por el área de gestión ambiental de la empresa PRODUMAR S.A.C.

Tabla 153

Resumen de costo anual de evacuación de lodos residuales por año

Año	Costo Total S/	%
2019	612,731.67	51.96
2020	214,985.20	18.23
2021	218,094.26	18.50
2022	133,392.99	11.31
Total, General	1,179,204.12	

Durante los 4 años, la empresa **PRODUMAR S.A.C** a contado con los servicios de 6 empresas operadoras de residuos, cada uno teniendo diferentes tarifarios para la succión, transporte y disposición final de los lodos residuales. Cabe señalar que existen dos tipos de clasificación de los lodos, estos pueden ser orgánicos o pueden ser peligrosos, son peligrosos para el medio ambiente cuanto su concentración de metales es alta y estos tienen presencia de patógenos dentro de su estructura por tal motivo su disposición final es un relleno de seguridad mientras que el lodo orgánico se dispone en un relleno sanitario, observamos que el año que tiene un mayor costo es el 2019, representando un 51.96% del total general

puesto que en este año al lodo se le clasificaba como lodo peligroso, siendo su tarifa de succión, transporte y disposición final mucho mayores.

Esperamos que a través del aprovechamiento de los lodos residuales industriales se pueda reducir el número de viajes y las toneladas de lodo residual a disponer en relleno sanitario. Reduciendo de esta forma los costos de transporte y disposición final.

4.6.1.1 Análisis económico para la implementación del tornillo deshidratador para la empresa Produmar S.A.C

Para garantizar la precisión de este estudio económico, se utilizarán datos reales correspondientes a la producción anual de estos lodos residuales. Para llevar a cabo el análisis del tornillo deshidratador, se partirá de la cantidad anual de lodos generados por la planta de tratamiento de agua residual industrial (**PTARI**). Esta información ha sido proporcionada por la empresa Produmar S.A.C.

Con el propósito de proporcionar una estimación precisa del costo total de implementación del tornillo deshidratador, se ha llevado a cabo un estudio de viabilidad económica que abarca todas las variables posibles que podrían influir en su precio. Esto incluye los **costos de electricidad, agua potable y mantenimiento** utilizados por el equipo durante las horas en las que opera para deshidratar la cantidad de lodo correspondiente a cada día. Estos costos se expresan en moneda peruana, es decir, soles.

A fin de calcular el gasto diario asociado a la deshidratación con el tornillo deshidratador, es esencial definir los siguientes parámetros:

- **Cantidad de lodo a deshidratar:**

Recordemos que:

Generación de M³ al mes es: 65 m³/mes.

Densidad del lodo es: 970 Kg/m³

Generación de lodo al día en Kg: $65 \frac{m^3}{mes} \times 970 \frac{Kg}{m^3} \times \frac{1 mes}{30 días} = 2101.67 \frac{Kg}{día}$

Turnos de trabajo, 3 turnos de 8h cada uno

Generación de lodos por hora: $2,101.67 \frac{Kg}{día} \times \frac{1 día}{24 h} = 87.56 \frac{Kg}{hr}$

- % de sólidos en deshidratador: 50
- % de sólidos (dato SGS): 9.6933%

Tabla 154

Precio del tornillo deshidratador

Fabricante	Modelo	Capacidad	Consumo Eléctrico	Precio (\$)
SIWA TECHONOLGY	SDTL-200-2	80 Kg/hr	0.73 Kw	25,000

Estimación de costos de mantenimiento:

Una estimación de costos de mantenimiento implica la proyección anticipada de los desembolsos relacionados con el mantenimiento de un equipo, instalación o activo a lo largo de un período específico. Esta proyección se efectúa con el propósito de planificar y asignar recursos de forma estratégica, asegurando que se cuenten con los fondos necesarios para mantener un rendimiento óptimo y la eficacia del equipo.

Horas de funcionamiento del equipo:

El seguimiento de las horas de operación es esencial para una administración efectiva de los gastos de mantenimiento, facilitando una planificación más realista, una evaluación precisa de los costos y una gestión óptima de los recursos.

Generación de lodo al día en Kg: $2101.67 \frac{Kg}{día}$

Sólido seco = $2101.67 \frac{Kg}{día} \times 0.096933 = 203.720 \frac{Kg}{día}$

Torta deshidratada: $\frac{203.720 \frac{Kg}{día}}{50\%} = 407.44 \frac{Kg}{día}$

Capacidad del tornillo deshidratador: 80 Kg/hr

Horas de funcionamiento = $\frac{407.44 \frac{Kg}{día}}{80 \frac{Kg}{hr}} = 5 \text{ h}$

Precio de la electricidad:

El precio de la electricidad se ha determinado utilizando datos proporcionados por ENOSA. Se optó por el valor promedio del costo del kilovatio (Kw) industrial en la ciudad de Paita durante el año 2023, que asciende a 11.75 soles por kilovatio (11.75 S/Kw).

Cuando ya tengamos los datos anteriormente calculados procederemos a encontrar el costo diario de electricidad al que incurriremos por el funcionamiento del tornillo deshidratador.

Costo diario del equipo = Horas de funcionamiento x consumo eléctrico x Precio Kw

Costo diario del equipo = $5 \times 0.73 \times 11.75$

Costo diario del equipo = S/ 42.89.

Semanalmente sería: $S/ 42.89 \times 6 = S/ 257.34$

Anualmente sería (52 semanas): $S/ 257.34 \times 52 = 13,381.68$.

Precio del agua:

En el contexto del servicio de acueducto y alcantarillado, donde el costo total está vinculado al consumo total de la empresa, se efectúa una estimación específica para el uso del equipo, teniendo en cuenta cualquier necesidad de lavado adicional.

Dado que el costo del metro cúbico varía según la ciudad y la empresa se encuentra en una zona urbana, el valor del metro cúbico es de S/ 5.54. Con esta premisa, procedemos a realizar el cálculo correspondiente.

Según el proveedor del tornillo deshidratador este usa 1.5 m^3 por hora, las horas de funcionamiento son 5h.

Valor consumo de agua diario = Cantidad m^3 x Precio m^3

Valor consumo de agua diario = $8 \text{ m}^3 \times 5.54$

Valor consumo de agua diario = S/ 44.32

Semanalmente sería: $S/ 44.32 \times 6 = S/ 265.92$

Anualmente sería (52 semanas): $S/ 265.92 \times 52 = 13,827.84$.

Costos de mantenimiento Preventivo, Predictivo y Correctivo:

Se implementarán varias técnicas de mantenimiento preventivo, que incluyen la lubricación periódica, revisiones sistemáticas del equipo y planes de inspección. Estas técnicas se planifican con anticipación para prevenir posibles daños y evitar fallas inesperadas del equipo.

Las técnicas de mantenimiento predictivo, desempeñan un papel esencial al monitorear y evaluar el estado de salud del equipo. Su objetivo principal es prevenir costosos reemplazos de componentes o problemas significativos.

- Análisis estructural
- Análisis del estado de las superficies
- Análisis de la contaminación
- Análisis de fluidos

Para realizar estos mantenimientos y evitar futuros contratiempos se considerará el 10% del total de la inversión inicial.

Resumen de costos:

Tabla 155

Resumen de costos del Tornillo Deshidratador

Inversión	Costo (\$/)
Costo de Tornillo Deshidratador:	94,000
Electricidad:	13,381.68
Agua:	13,827.84
Costo de Mantenimiento (10%):	9,400

Nota: Se utilizó un tipo de cambio de 3.76, para el costo del tornillo deshidratador de 25,000 dólares.

4.6.1.1 Análisis económico para la implementación del Secador rotatorio indirecto para la empresa Produmar S.A.C

El costo de inversión inicial comprende el precio de adquisición del secador, así como los costos de instalación y puesta en marcha. Los costos operativos, por otro lado, incluyen el costo de la energía necesaria para operar el secador y cualquier costo de mantenimiento y reparación.

Tabla 156

Costo total del secador rotativo

Descripción	Precio (\$)
Elementos normalizados:	3,513.9
Elementos fabricados:	12,214.5
Costo de montaje:	1,241.9
Costo de diseño:	1,200
Total:	18,170.30

Nota: Estos costos fueron proporcionados por el proveedor.

Tabla 157

Datos del fabricante del secador rotativo indirecto

Fabricante	Modelo	Capacidad	Consumo Eléctrico	Precio (\$)
SIWA TECHONOLGY	HZG1.5-14	466 Kg/hr	5.5 Kw	18,170.30

Nota: La longitud sería de 10m y el diámetro del tambor sería de 1m, su velocidad de rotación sería entre 2 a 5 rpm y su peso es de 9 Ton.

Precio de la electricidad:

Costo diario del equipo = Horas de funcionamiento x consumo eléctrico x Precio Kw

Costo diario del equipo = 2 x 5.5 x 11.75

Costo diario del equipo= S/ 129.25

Semanalmente sería: S/ 129.25 x 6= S/ 775.5

Anualmente sería (52 semanas): S/ 387.75 x 52 = 40,326.

Resumen de costos:

Tabla 158

Resumen de costos del Tornillo Deshidratador

Inversión	Costo (S/)
Costo de Tornillo Deshidratador:	68,320.33
Electricidad:	40,326
Costo de Mantenimiento (10%):	6,832.03

Nota: Se utilizó un tipo de cambio de 3.76, para el costo del secador rotativo de 18,170.30 dólares.

4.7. Resultados del objetivos específico Nro.7

4.7.1. Desarrollar la evaluación Económica

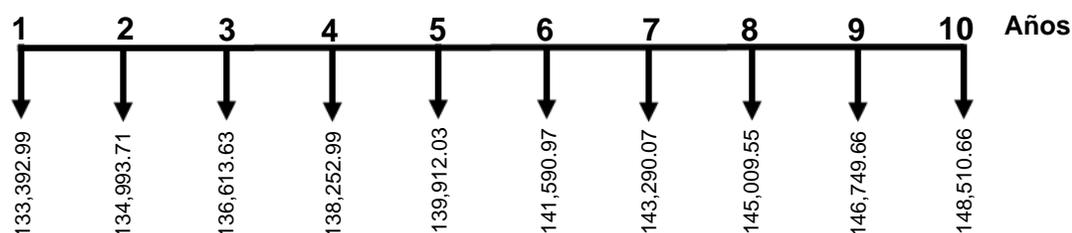
Es fundamental destacar que, para llevar a cabo los cálculos financieros, se recurrió al método del Costo Anual Uniforme Equivalente (**CAUE**). Este indicador se determina para un ciclo de vida útil del proyecto.

En la propuesta actual, se considera únicamente el monto anual que la empresa Produmar S.A.C paga a una EOP para la succión, transporte y disposición final de lodos residuales industriales. El valor estimado por año es de **S/ 133,392.99** , que corresponde al monto anual que el tercero cobra por recoger los lodos de la empresa y darles un destino final. Es importante tener en cuenta que este valor no será constante cada año, ya que hay un porcentaje de incremento anual que la empresa encargada de la recolección de los lodos aplicará, consideraremos un 1.2% anual.

Consideraremos una vida útil del proyecto de 10 años.

Figura 153

Inversión actual de succión, transporte y disposición final de lodo actual de Prodimar S.A.C



Se sabe que la rentabilidad de una inversión representó un 20% efectivo anual.

Tasa real de rentabilidad:

$$r = \frac{i + t}{1 + t}$$

r= Tasa Real

i= Tasa Efectiva

t= Tasa de Inflación

Se espera una tasa de inflación de 3,8 por ciento a fines de 2023.

Reemplazando:

$$r = \frac{0.2 + 0.038}{1 + 0.038}$$

$$r = 15.61\%$$

De nuestro horizonte de 10 años, debemos de traer al presente (VAN) cada uno de los flujos.

$$VAN = \frac{133,392.99}{(1+0.1561)^1} + \frac{134,993.71}{(1+0.1561)^2} + \frac{136,613.63}{(1+0.1561)^3} + \frac{138,252.99}{(1+0.1561)^4} + \frac{139,912.03}{(1+0.1561)^5} + \frac{141,590.97}{(1+0.1561)^6} + \frac{143,290.07}{(1+0.1561)^7} + \frac{145,009.55}{(1+0.1561)^8} + \frac{146,749.66}{(1+0.1561)^9} + \frac{148,510.66}{(1+0.1561)^{10}}$$

$$VAN = 115,384.94 + 101,005.67 + 88,418.34 + 77,399.65 + 67,754.10 + 59,310.59 + 51,919.30 + 45,449.12 + 39,785.25 + 34,827.21$$

$VAN = 681,254.15.$

Calculo del CAUE:

$$CAUE = VAN \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Reemplazando:

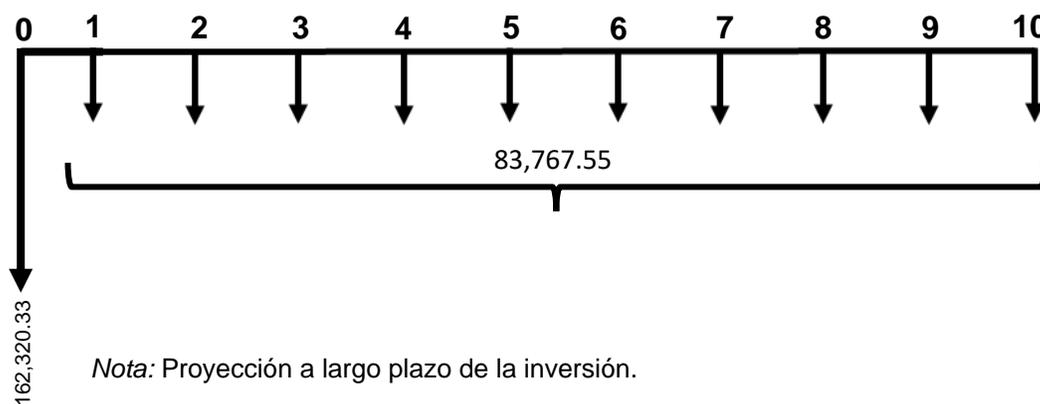
$$CAUE = 681,254.15 \times \frac{0.1561 \times (1 + 0.1561)^{10}}{(1 + 0.1561)^{10} - 1}$$

$$CAUE = S/138,911.18$$

En relación a la nueva iniciativa, que es el tornillo deshidratador de lodos y el secador rotativo, se requiere una inversión inicial de (S/ 94,000 + S/ 68,320.33= S/ 162,320.33) ,que cubre el costo de los equipos. Durante el primer año después de esta inversión, cualquier mantenimiento o daño al tornillo deshidratador y secador será responsabilidad del fabricante del equipo. Pasado el primer año, se estima que cada año se destinará una inversión en técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo del equipo, así como en los costos de servicios como agua y electricidad.(S/ 13,381.68 + S/13,827.84 + S/9,400 + S/40,326 + S/6,832.03 = S/ 83,767.55)

Figura 154

Nueva Propuesta, implementación de tornillo deshidratador y secador rotativo



Nota: Proyección a largo plazo de la inversión.

De nuestro horizonte de 10 años, debemos de traer al presente (VAN) cada uno de los flujos.

$$VAN = 162,320.33 + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^1} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^2} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^3} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^4} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^5} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^6} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^7} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^8} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^9} + \frac{83,767.55}{(1+0.1561)^{10}}$$

$$VAN = 162,320.33 + 72,458.93 + 62,676.98 + 54,215.58 + 46,896.48 + 40,565.45 + 35,089.12 + 30,352.09 + 26,254.56 + 22,710.19 + 19,644.31$$

$$VAN = 573,184.02$$

Calculo del CAUE:

$$CAUE = VAN \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Reemplazando:

$$CAUE = 573,184.02 \times \frac{0.1561 \times (1 + 0.1561)^{10}}{(1 + 0.1561)^{10} - 1}$$

$$CAUE = S/ 116,875.13$$

Costo anual uniforme equivalente total:

$$CAUE \text{ Total} = S/ 138,911.18 - S/ 116,875.13 = S/ 22,036.05$$

Finalmente, para saber cuánto es el ahorro total se restan ambos CAUE el actual y el de la nueva propuesta, este valor es de S/ 22,036.05 el cual corresponde al ahorro total.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Objetivo específico Nro 1: “Desarrollar un análisis estratégico”.

La organización muestra **fortalezas** en aspectos como la evolución profesional de su personal, la excelencia de sus productos, liderazgo y capital de trabajo. No obstante, se enfrenta a **debilidades** en áreas como la ausencia de una planificación estructurada, comunicación interna insuficiente, generación e lodos con potencial contaminación y limitada innovación. Se reconocen **oportunidades** de crecimiento en la expansión del sector industrial y el respaldo gubernamental en iniciativas de reforestación, pero también se perciben **amenazas** como el incremento en los costos de transporte, la inflación y la corrupción. En conclusión, la organización posee una base sólida, pero requiere optimizar su estrategia de planificación, mejorar la comunicación interna y aumentar su capacidad de adaptación para capitalizar las oportunidades y minimizar los riesgos en su entorno.

Como (Ramirez Aguirre & Sanchez Aguilar, 2019) en su tesis titulada “Diseño de un Plan Estratégico para Mejorar la Gestión Administrativa de una Empresa de Servicio Inmobiliario”, aplicaron también el foda cruzado para determinar las estrategias a usar, luego se utilizó una matriz del perfil competitivo para analizar los factores críticos de éxito de la empresa. Esta matriz asigna pesos relativos a cada factor, que indican su importancia en la industria. Luego, se asigna un rating a cada factor, que indica cómo se desempeña la empresa en ese aspecto. Finalmente, se calcula un puntaje multiplicando el peso por el rating para obtener una puntuación en cada factor.

5.2. Objetivo específico Nro 2: “Determinar el tamaño y localización”

Para determinar la localización de nuestra línea de proceso de deshidratación y secado de lodos se eligieron 3 alternativas, En base a los resultados obtenidos en la al comparar los factores que facilitan la localización, la ubicación que obtuvo la mayor ponderación fue la Alternativa 3 (Parte lateral de Ptari) ya que tiene mayor accesibilidad de materia prima, acceso a los suministros necesarios, toda el área se encuentra pavimentada, hay disponibilidad del área, se encuentra cerca de la planta

de tratamiento de aguas residuales industriales. Como segunda opción se tiene a la Alternativa 1 (Jardín frente a Oficina PTARI) y en última opción tenemos a la alternativa 3 (Jardín frente a taller de mecánica).

Para lograr determinar el tamaño de la planta, se requirió en primera instancia saber cual es la generación de lodo al día el cual fue de 9.49 m^3 y a la semana se generan 75.9 m^3 , luego de manera experimental determinar su densidad y finalmente obtener cual es el % de humedad presente en el lodo.

Como (Fuentes Silva, 2015) en su tesis titulada “Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y valorización, Puerto Montt-Chile, de la Universidad Austral de Chile, donde para determinar el % de sólidos presentes en el lodo se recurrió a una balanza de humedad en la cual en un ambiente controlado y mediante 10 muestras llegaron a la conclusión que el lodo llegaba a un porcentaje de humedad del 93.54% eso quiere decir que el % de sólidos fue de 6.46%, para nuestro caso lo hicimos de esa manera dándonos como resultado un % de humedad del 92.99%, entonces nuestro % de sólidos sería de 7.01%, pero para el dimensionamiento de las máquinas requeríamos de un dato muy exacto, se recurrió para esto a la empresa S.G.S del Perú dándonos un % de humedad del 9.6933%.

5.3. Objetivo específico Nro 3: “Desarrollar la ingeniería del proyecto”

En este objetivos determinamos el procedimiento del secado natural del lodos residual industrial y la forma en como debería de estabilizarse por medio de la cal, y luego de 5 días lo retiramos y lo colocamos en sacos, observamos que nos da como resultado el primer saco un peso de 17.86 Kg y el otro un peso de 17.88 Kg, nuestro lodo a secar fue de 60.625 Kg, esto quiere decir que se logró disminuir el % de humedad en un 41.05%. en 5 días.

Posteriormente se realizó un muestreo de suelos del proyecto de reforestación, obteniendo un sub muestra por cada bloque que tiene el proyecto de reforestación (6 sub-muestras), luego que se enviaran las muestras analizar, y nos llegaran los resultados, estos fueron interpretados, dando los siguientes resultados, la materia

orgánica y por ende el nitrógeno presente en el proyecto de reforestación son muy bajos, pero presenta fósforo y potasio en abundancia, tiene un Ph de 6.45 lo cual es normal y su conductividad eléctrica es insignificante.

Luego de determinar el estado actual del proyecto de reforestación se plantea un plan de fertilización para remediar la falta de nitrógeno, el cual es un macroelemento que las plantas necesitan para desarrollarse.

Seguidamente se realiza la experimentación, teniendo como cultivo al maíz, determinamos una pequeña muestra dentro del proyecto de reforestación de 200m², donde se hicieron surcos y se establecieron 2 bloques, un bloque I testigo (sin fertilizante) y el bloque II (con fertilizante), se colocaron diferentes tratamientos por surco, surco 1 (10%), surco 2 (20%), surco 3 (30%) y surco 4 (40%), se realizaron mediciones de la altura, diámetro del tallo, longitud de la mazorca durante los primeros 70 días luego de la fertilización, obteniendo como resultado que el surco 4 obtuvo mucho mayor rendimiento que los demás.

Después de la cosecha de la planta de maíz (128 días después de la fertilización), se tomaron al azar 10 mazorcas con fertilizante y 10 mazorcas sin fertilizante, para determinar su longitud, su diámetro, su peso y su número de hileras, obteniendo como resultado que las mazorcas con fertilizante obtuvieron un rendimiento del 13% más que las mazorcas sin fertilizante.

Finalmente se buscó información acerca de máquinas para deshidratar y secar lodo de manera mecánica, se evaluó la parte técnica, las ventajas y desventajas. El impacto ambiental y la inversión inicial, las máquinas seleccionadas fueron el tornillo deshidratador y un secador rotativo indirecto.

Así como Gianfranco, 2015) en su tesis titulada “Determinación del potencial agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna” de la Universidad Jorge Basadre Grohman, Tacna para obtener el grado de Magister en ciencias con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible, determino que su cultivo sea el maíz e hizo el seguimiento cada 15 días para medir sus variables e ir anotando detalladamente algunas observaciones que le iban sucediendo, terminando su experimentación en un cuadro resumen obtuvo

resultados favorables con respecto a la utilización de lodos residuales en el cultivo de maíz con un rendimiento del 8.21%.

5.4. Objetivo específico Nro 4: “Evaluar los diferentes análisis de las especificaciones del lodo”

En este objetivo se determinaron los elementos nutritivos, propiedades químicas y físicas, los patógenos y la concentración de metales pesados presentes en el lodo residual industrial. Cabe aclarar que no existe norma nacional e internacional que otorgue límites máximos permitidos para la aplicabilidad de lodos residuales industriales en la agricultura. Es por ello que se recurrió a normas de lodo residual doméstico que son de alguna manera una referencia bastante aproximada, se utilizaron instrumentos normativos nacionales e internacionales esto con el fin de confrontar nuestro lodo a diferentes realidades.

Nuestro lodo residual industrial es clasificado como A, no tiene dentro de su composición presencia alguna de patógenos y tiene presencia mínima de metales pesados.

Como (Fuentes Silva, 2015) en su tesis titulada “Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y valorización, Puerto Montt-Chile, de la Universidad Austral de Chile, donde se utilizó la normativa de chilena, unión europea y de los estados unidos, para determinar la presencia de patógenos y metales pesados, donde los resultados de su comparativa dieron como resultado que el lodo de la empresa Austral es clasificado como A, no representa un peligro para el medio ambiente y puede ser aplicado al suelo.

5.5. Objetivo específico Nro 5: “Desarrollar los aspectos legales del proyecto”

En esta parte de la investigación, dimos a conocer las diferentes normativas que rigen en el Perú para el cuidado y preservación del medio ambiente, la Ley general del ambiente Nro. 28611, la cual es la madre de todas las regularizaciones, seguidamente presentamos a Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Decreto legislativo

N°1278, este reglamento establece la incorporación de principios de economía circular en la gestión completa de residuos sólidos y finalmente el Reglamento para el reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Decreto Supremo N°015-2017-Ministerio de Vivienda, donde nos brinda los límites máximos permitidos (LMP) de presencia de patógenos y concentración de metales pesados.

Luego de determinar que nuestro lodo residual industrial no es perjudicial para el medio ambiente y es posible su reaprovechamiento, es obligación que antes que le demos el reaprovechamiento al suelo, inscribir a nuestra empresa en el portal del programa de Registro Nacional de producción y reaprovechamiento de biosólidos (**RENAPROB**).

Como (Gianfranco, 2015) en su tesis titulada “Determinación del potencial agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna” de la Universidad Jorge Basadre Grohman, Tacna para obtener el grado de Magister en ciencias con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible, nos habla sobre la normativa actual de lodos residuales, pero bajo un enfoque de lodo residual doméstico, donde nos informa sobre la importancia que el estado le debe de dar al reaprovechamiento de los lodos, puesto que en años venideros y como la tasa de población va aumentando por ende habrán mas plantas de tratamiento funcionando y el sub-producto que es el lodo tendrá mucho mayor volumen y se convertirá en una amenaza potencial si no es tratado debidamente.

5.6. Objetivo específico Nro 6: “Determinar el monto de la inversión y financiamiento.”

En este objetivo se dio a conocer el histórico de los años 2019-2020-2021 y 2022 de los costos de succión, transporte y disposición final del lodo, seguidamente se estableció cual es la inversion inicial del tornillo deshidratador y del secador rotativo de lodos, la electricidad anual, el consumo de agua y los mantenimientos que se les tiene que dar de manera mensual, terminando todos estos costos en un cuadro resumen para su posterior análisis económico.

Como (Pinzón & Tellez, 2022) en su tesis titulada :”Diseño de una planta de deshidratación y secado de lodos industriales provenientes del proceso de enfriamiento de un horno incinerador de la empresa prosarc s.a esp”, donde en base a un dimensionamiento del tornillo deshidratador lograron plasmar los costos de consumo de energía, agua y los costos de mantemiento correctivo,preventivo y predictivo que estaría utilizando este equipo y posteriormente plasmar estos costos en una tabla resumen.

5.7. Objetivo específico Nro 7: “Desarrollar la evaluación Económica”.

En este último objetivo logramos determinar el ahorro que tendremos si implementamos el tornillo deshidratador de lodos y el secador rotativo indirecto, utilizamos el método del Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), donde hicimos una comparativa de la Inversión actual de succión, transporte y disposición final de lodo actual de Produmar S.A.C y Nueva Propuesta, implementación de tornillo deshidratador y secador rotativo, obteniendo un ahorro de S/ 22,036.05, lo cual nos indica que efectivamente implementar estas máquinas nos ayudaría a disminuir nuestros costos operativos.

Como (Pinzón & Tellez, 2022) en su tesis titulada :”Diseño de una planta de deshidratación y secado de lodos industriales provenientes del proceso de enfriamiento de un horno incinerador de la empresa prosarc s.a esp”, esta investigación sólo tuvo como implementación el tornillo deshidratador de lodos, obteniendo un ahorro de 18,889 dólares.

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general y los objetivos específicos se obtienen las siguientes conclusiones:

- Produmar es una empresa reconocida por la calidad de sus productos, su capacidad de gestión externa y lo que marca la gran diferencia es su área de medio Ambiente totalmente equipada, además resaltamos que cuenta con un capital de trabajo y presupuestos que le permiten contratar personal capacitado y con experiencia, sin embargo ha dejado de lado la comunicación interna entre sus áreas, lo que ha provocado un bajo clima laboral y la falta de políticas y procedimientos que haga que la empresa crezca en el mercado y se diferencie aún más de sus competidores directos, así mismo ha limitado su capacidad de innovación.
- Con respecto a la localización de la planta fue seleccionada la Alternativa N° 3 incluso sin realizar la herramienta de ponderación es la mejor alternativa debido que es el espacio con más accesibilidad y cercanía a sus fuentes de abastecimiento y el insumo principal para realizar el proceso, así mismo con respecto al tamaño de planta fue necesario tomar medidas diarias de las aguas residuales producidas por la empresa, puesto que es con ese dato que podremos saber la cantidad exacta de lodo que generaremos otorgándonos la potestad de con esto calcular en conjunto el tamaño de nuestra planta productora de fertilizante y la capacidad de las maquinarias a utilizar. Luego de las medidas y ejercicios realizados se concluye que los kilos por día de lodo generado sería de 639.55 Kg, con densidad promedio del lodo es de 0.97 KG/L, con porcentaje de sólidos presentes de 6.05% y un porcentaje de humedad de 93.48%.
- Se concluye que el lodo generado en la empresa Produmar puede ser utilizado, esto lo demuestra las pruebas realizadas en el Bloque 1 con fertilizante, mientras posea el porcentaje de humedad lo más reducido posible, al iniciar el secado de 60.625 Kg de lodo de manera artesanal, se obtuvo según las pruebas obtuvo 41.05% de humedad en los 5 días que duró el proceso de secado

artesanal. Las pruebas experimentales en el proyecto de reforestación indicaron también un rendimiento mayor en surcos con fertilizante que en surcos sin fertilizante.

- Según los análisis realizados al lodo se concluye que nuestro lodo se clasifica como A, es decir dentro de su composición no presenta patógenos ni concentración de metales pesados que sobrepasen los límites máximos permitidos (LMP), se encuentra apto para ser aplicado con fines agrícolas, esto debido a las propiedades que posee como materia orgánica al ser potencialmente rico en este por ende su nitrógeno también es alto, además de poseer un PH de 6.23 lo que lo convierte en adecuado para su uso, así mismo cuenta con altas concentraciones de potasio, hierro y calcio.
- En el Perú no existe una normativa que regule el uso de lodos industriales, solo se cuenta con lodos residuales domésticos, por lo tanto, la investigación se basó en reglamentos y normativas de Sudamérica que se acercan más al uso de estos lodos, concluyendo que en base a los parámetros que cada país mencionado en el trabajo de investigación posee, nuestro lodo se encuentra dentro de los niveles, por lo tanto, es apto.
- Produmar contrata a una empresa operadora de residuos (EOR) para el recojo de estos lodos residuales industriales, según los datos proporcionados desde el 2019 al 2022, se han gastado alrededor de S/.1'179,204.12 en evacuar los lodos fuera de la planta, el costo de traslado de estos lodos puede variar en función a la peligrosidad de estos, así mismo como parte de la implementación Produmar cotizó un tornillo deshidratador a un costo de \$ 25,000 y un secador rotativo indirecto con un costo de \$ 18,170.30, conjuntamente se analizó también los costos del consumo de energía y agua, finalmente se obtuvieron los costos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
- Se evidencia en la proyección a 10 años que si es viable implementar el proyecto ya que a pesar de que la inversión inicial es alta está se recupera a lo largo de los años teniendo un ahorro aproximado de S/ 22,036.05, adicional a esto no se ha colocado la posible comercialización del fertilizante orgánico, puesto que este sería un flujo positivo y generaría mucho más ahorro.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar el siguiente proyecto ayudó a determinar cuales son las oportunidades de mejora en la empresa Produmar S.A.C, mediante el foda obtuvimos resultados no muy alentadores, pero ya teniendo mapeadas las debilidades más resaltantes es cuestión de darles prioridad y llegar a una solución global que impacte positivamente en los trabajadores.
- Se sugiere continuar dando seguimiento a la generación de lodos de manera semanal para poder constatar que los datos no tengan mucha variación, dado que con estos son usados en el dimensionamiento de los equipos.
- Llevar un control y seguimiento de manera trimestral de los parámetros de patógenos y concentración de metales presente en el lodo residual industrial.
- Es hora de que el Perú, se un pionero en la generación de investigación y otorgue procedimientos para el reaprovechamiento de lodos en el ámbito industrial, este análisis se debería de llevar a cabo para cada sector, ya sea pesquero, agroindustrial, textil,etc. Con el fin de tener una normativa clara y precisa sobre el correcto manejo y reaprovechamiento de lodos residuales industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J. A. (1985). *Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias*. San José: IICA. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=IYT9adkihQcC&pg=PA5&dq=DEFINICION+DE+PROYECTO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjbqcDZ7J3yAhUAILkGHTVKDA04ChDoATADegQlCRAC#v=onepage&q=DEFINICION%20DE%20PROYECTO&f=false>
- Alcañiz, B. (2008). *Utilizació de fangs de depuradora en restauració:Manual d'aplicació en activitats extractives i terrenys marginals*. España. Obtenido de http://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/J_Publicacions/03-guies/05-protocol_fangs_2006.pdf
- Aller, F., Otero, M., & Garcón, E. (1999). Utilización de biosólidos en la agricultura. *Fundación MAPFRE*, 33-34. Obtenido de https://app.mapfre.com/documentacion/publico/en/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1020235
- Alvarez, M. (2007). *Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle de Mezquital, HGO-Tesis de Grado*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/635/1/Determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf>
- Ambiente, I. S. (1 de 10 de 2013). Obtenido de <https://www.ismedioambiente.com/tratamiento-depuracion-de-aguas-y-la-generacion-de-lodos/>
- Ambiente, I. S. (1 de 10 de 2013). *Tratamiento, Depuración de Aguas y la Generación de Lodos*. Obtenido de <https://www.ismedioambiente.com/tratamiento-depuracion-de-aguas-y-la-generacion-de-lodos/>

- Ambiente, I. S. (1 de 10 de 2013). *Tratamiento, Depuración de Aguas y la Generación de Lodos*. Obtenido de <https://www.ismedioambiente.com/tratamiento-depuracion-de-aguas-y-la-generacion-de-lodos/>
- Ambiente, M. d. (2009). Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. 31.
- Amiental, S. N. (23 de 12 de 2016). *Ley General de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>
- Arnols, F. (1988). *Fertilizantes y Fertilización*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill. Obtenido de https://uachatec.com.mx/wp-content/uploads/2019/05/LIBRO-Evaluaci%C2%A2n-de-proyectos-7ma-Edici%C2%A2n-Gabriel-Baca-Urbina-FREELIBROS.ORG_.pdf
- Banco Central de Reserva del Perú. (23 de Septiembre de 2021). *bcrp.pe*. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021-presentacion.pdf>
- BCRP. (2021). *Piura: íntesis de Actividad Económica*. Piura: BCRP. Obtenido de <http://www.camcopiura.org.pe/template/bcr.php>
- BCRP. (2021). *Programa Monetario 2021*. Lima: BCRP. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Transparencia/Notas-Informativas/2021/nota-informativa-2021-08-12.pdf>
- BCRP. (2021). *Reporte de inflación Septiembre 2021*. Lima: BCRP. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/setiembre/reporte-de-inflacion-setiembre-2021.pdf>
- BCRP. (2021). *Reporte Semanal Macroeconómico y de Mercados*. Lima: BCRP. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2021/resumen-informativo-2021-09-23.pdf>
- Berríos, J. (2015). *Fuentes y Niveles de Materia Orgánica en Condiciones de Invernadero (Tesis de Grado)*. Perú. Obtenido de

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1631/TESIS%20JUAN%20PABLO%20BERRIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- BOE. (2013). *Plan nacional de lodos de depuradora de aguas residuales(PNLD)*. España. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>
- Borja, M. I. (2015). *Estudio de Mercado para la implementación de una empresa de producción y comercialización de plantas ornamentales y de diseño de jardines. Quito, Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4791/1/T-UCE-0004-23.pdf>
- Brett, O., Baldock, D., Canger, S., Mackensen, J., Maginnis, S., Manguiat, M. S., . . . Schneider, N. (2003). *Carbono, Bosques y Gentes: Hacia el manejo integrado del secuestro del carbono, el medio ambiente y los medios de vida sostenibles*.
- Callejas, P. (2008). *Estudio del compostaje aeróbico como alternativa para la estabilización de lodos procedentes de una planta de tratamiento de aguas servidas de la región del Bío Bío-Tesis de Maestría*. Chile. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/3080/1/13101359.pdf>
- Cencia Ordoñez, K. I. (2019). *Efecto de la Biofertilización con Lodo Generado en PTAR Concepción Sobre el Crecimiento de Plántulas de Eucalyptus Globulus Labill*. Universidad Nacional del Centro del Perú , Huancayo. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5346/T010_46898328_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chapman, A. (2004). *Análisis DOFA y análisis PEST*. Obtenido de <https://docplayer.es/71436422-Analisis-dofa-y-analisis-pest-alan-chapman.html>
- Cogger, C., & Sullivan, D. (2021). Worksheet for calculating biosolids application rates in agriculture. *Oregon State University*. Obtenido de <https://catalog.extension.oregonstate.edu/pnw511/viewfile>

- Córdoba, M. (2009). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Colombia: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Formulaci%C3%B3n-y-evaluaci%C3%B3n-de-proyectos-2da-edici%C3%B3n.pdf>
- Dáguer, P. (2005). *Gestión de Biosólidos en Colombia*. Colombia. Obtenido de <https://docplayer.es/21537313-Gestion-de-biosolidos-en-colombia.html>
- Diario El Comercio. (6 de 8 de 2021). *El Comercio.pe*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/politica/actualidad/dina-boluarte-no-hay-de-ninguna-manera-ese-animo-de-querer-cerrar-el-congreso-nndc-noticia/>
- Diario El Peruano. (21 de 7 de 2021). *elperuano.pe*. Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia/124640-peru-perdio-s-23297-millones-por-corrupcion-e-inconductas>
- Diario Gestión. (30 de Septiembre de 2021). *Gestion.pe*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-subio-ocho-puntos-basicos-y-cerro-en-148-puntos-porcentuales-noticia/>
- Diario La República. (22 de 8 de 2021). *Larepublica.pe*. Obtenido de <https://larepublica.pe/politica/2021/08/08/pedro-francke-yo-estoy-en-contradiscrepo-de-una-politica-de-confrontacion/>
- Diez, J. (2008). *Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas-Tesis Doctoral*. España: Universidad de Santiago de Compostela. Obtenido de <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/2540>
- EPA. (2010). *Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States*. Estados Unidos: Environmental Protection Agency's (EPA). Obtenido de <https://www.epa.gov/biosolids/biosolids-generation-use-and-disposal-united-states>
- Fuentes Silva, J. E. (2015). *Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y Valorización*.

- Universidad Austral de Chile, Puerto Montt. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bpmfcif954e/doc/bpmfcif954e.pdf>
- García, N. O. (11 de 11 de 2016). *estrucplan*. Obtenido de <https://estrucplan.com.ar/lodos-residuales-estabilizacion-y-manejo/>
- Gianfranco, M. V. (2015). *Determinación del potencial Agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1010/TM168_More_Valdivia_JG%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giraldo, Ó., & Lozano, A. (2006). Efecto del secado de los biosólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales El Salitre (Bogotá) sobre su contenido de nutrientes, metales pesados y patógenos. *Agronomía Colombiana*, 1-2. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000200019
- Hax, A., & Majluf, N. (1991). *Estrategia para el liderazgo competitivo*. México: Prentice, Hall. Obtenido de https://es.slideshare.net/fmapicella/hax-majluf-estrategia-para-el-liderazgo-competitivo-cap-1?next_slideshow=1
- Hernandez, J. (2004). *Uso de lodos residuales procedentes de la ciudad de durango y su efecto en la productividad y concentración de metales en Sorgo Forrajero-Tesis de Maestría*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/16018/17469.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Informática, I. N. (28 de JUNIO de 2021). *INEI*. Obtenido de INEI: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_tic.pdf
- Inguanzo, M. (2004). *Valorización energética y medioambiental de lodos de EDARs mediante pirolisis.-Tesis de Doctorado*. España. Obtenido de <https://digital.csic.es/handle/10261/4526>

- Jazmín, C. N. (2019). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial*. piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jurado, P., & Luna, M. (2004). Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos. *Técnica Pecuaria en México*, 381-382. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/26478375_Aprovechamiento_de_biosolidos
- Kiehl, E. (1985). *Fertilizantes Orgánicos*. Brasil: Agronómica Ceres.
- La Diaria. (8 de 8 de 2021). *La Diaria*. Obtenido de <https://ladiaria.com.uy/politica/articulo/2021/8/peru-continua-la-inestabilidad-politica-en-los-primeros-dias-de-presidencia-de-pedro-castillo/>
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la Investigación*. Bogota, Colombia: Eco Ediciones. Obtenido de https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/metodologia_de_la_investigacion_propuesta_anteproyecto_y_proyecto.pdf
- Loose, D. (2016). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento(SUNASS)*, 1-3. Obtenido de https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/1.-Sunass-GIZ-2016.-Diagn%C3%B3stico-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-%C3%A1mbito-de-operaci%C3%B3n-de-las-Entidades-Prestadoras-de-Servicios-de-Saneamiento.-2a.ed_.pdf
- Martínez, D., & Milla, A. (2012). *Análisis Interno(Capacidades Estratégicas)*. España: Díaz de Santos. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=M-ndcWGpQ4oC&printsec=frontcover&dq=El+an%C3%A1lisis+interno&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=El%20an%C3%A1lisis%20interno&f=false

- Meléndez, G., & Soto, G. (2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Ecuador. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Tercera ed., Vol. 1). España: Mc Graw Hill. Obtenido de https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_ORG_pdf
- Minam. (2009). Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. 31. Obtenido de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú
- MINAM. (2009). Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. 31.
- MINAM. (2009). Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. 31. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Presupuesto Aprobado Año 2022*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publico/sectr_publico/proye_2022/PL_Presupuesto_2022.PDF
- Ministerio de la Producción. (- de Julio de 2021). *produce.gob.pe*. Obtenido de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/estadistica-oee/estadisticas-manufactura>
- Morales, F. (2011). Concepto de proyecto: Lecciones de Experiencia. *XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, (págs. 1-2). Madrid. Obtenido de https://www.aepro.com/es/repository/function/download/3269/chk,314a7a0b1c82df792fc2a0edc963bdf7/no_html,1/lang,es-es/
- More, J. (2015). *Determinación del potencial agrícola de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Copare y Magollo, Tacna* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Perú.

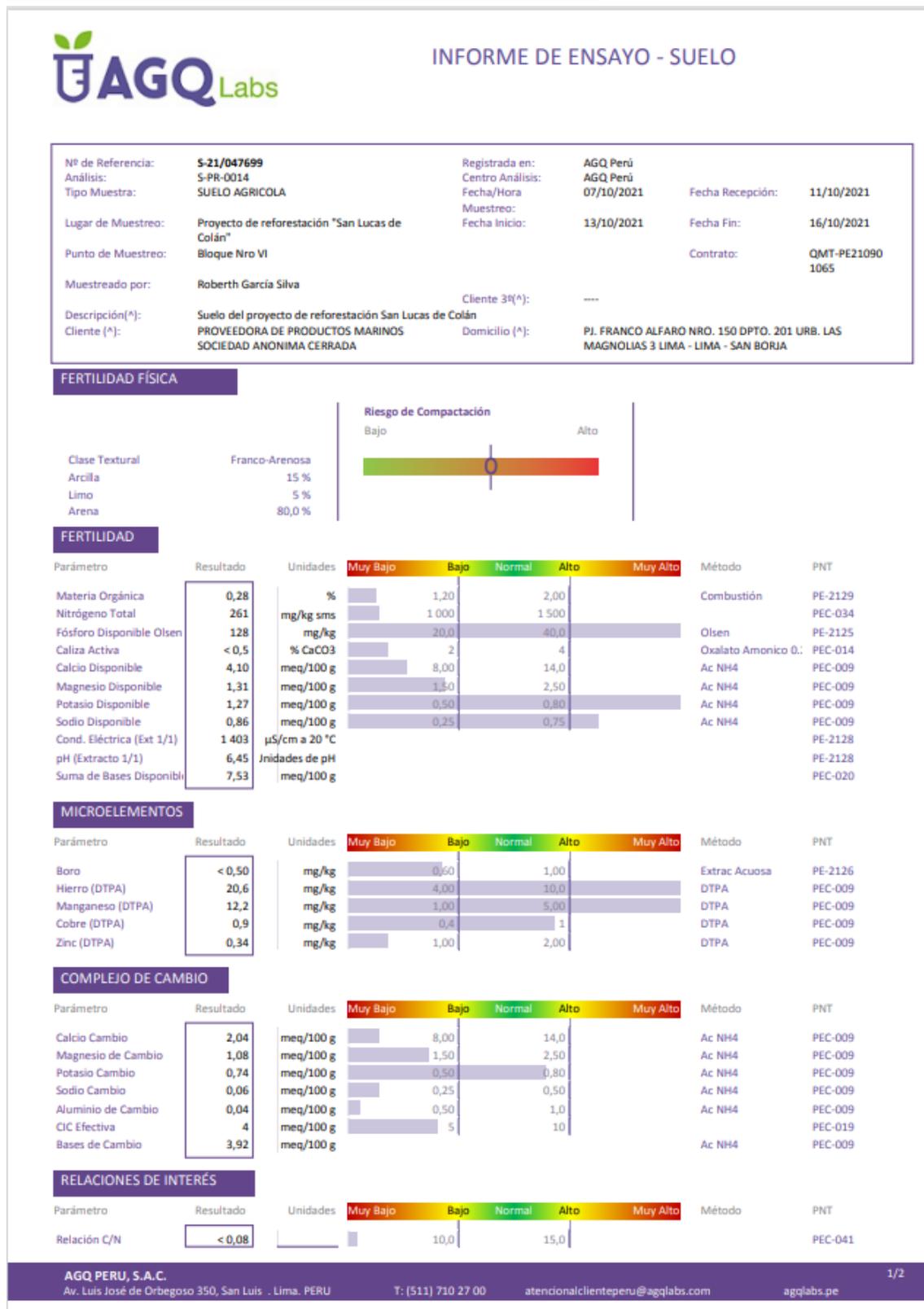
- Obtenido de
http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1010/TM168_More_Valdivia_JG%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OEFA, O. d. (abril de 2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Lima. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Pimentel, H. R. (13 de 03 de 2017). *7° Diálogos del agua America Latina - España*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Pinzón Díaz, A. A., & Pinzón Díaz, S. M. (2018). *Lodos generados en planta de tratamiento de aguas residuales el salitre Bogotá, como insumo para la producción de compost*. Bogota: Universidd Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13588/Pinz%c3%b3nD%c3%adazAuraAndrea2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinzon Diaz, A. A., & Pinzon Diaz, S. M. (2018). *Lodos Generados en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales el Salitre Bogotá, como Insumo para la proucción de compost*. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas, Bogota D.C. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13588/Pinz%c3%b3nD%c3%adazAuraAndrea2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PUCP. (2 de 2 de 2021). *idhpucp.com*. Obtenido de <https://idehpucp.pucp.edu.pe/notas-informativas/la-percepcion-de-la-corrupcion-en-el-peru-en-los-ultimos-anos/>
- Rámila, J., & Rojas, S. (2008). *Alternativas de uso y disposición de biosólidos y su impacto en las tarifas de agua*. Chile: Universidad de Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/ramila_j/sources/ramila_j.pdf
- RAMIREZ AGUIRRE, A. C., & SANCHEZ AGUILAR, C. K. (2019). *DISEÑO DE UN PLAN ESTRATEGICO PARA MEJORAR LA GESTIÓN ADINISTRATIVA DE UNA EMPRESA DE SERVICIO INMOBILIARIO*. UNIVERSIDAD RICARDO

- PALMA, LIMA. Obtenido de
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2618/IND_T030_44998867_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramirez Aguirre, A. C., & Sanchez Aguilar, C. K. (2019). *Diseño de un Plan Estratégico para Mejorar la Gestión Administrativa de una empresa de Servicio Inmobiliario*. Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2618/IND_T030_44998867_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodriguez, O. (10 de agosto de 2012). *Slideshare*. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/cetnita/prefactibilidad-factibilidad-y-viabilidad-13941198>
- Rosales, R. (1999). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Costa Rica: ICAP. Obtenido de <https://www.bivica.org/files/proyectos-formulacion-evaluacion-A.pdf>
- Sapag, N. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill. Obtenido de
<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1243/1/Sapag-proyectos%206ta%20edici%C3%B3n.pdf>
- Tarazona Camacho, F. C., & Ospina Sossa, L. M. (2018). *Propuesta del sistema de logística inversa en la empresa*. Bogotá. Obtenido de
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1051&context=ing_industrial
- Torres, Z. (2014). *Administración estratégica*. México: Patria. Obtenido de
<https://books.google.com.pe/books?id=NNThBAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Libro+análisis+Externo+e+Interno+empresarial&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjivsSsntfyAhVwlrkGHsCTDc4Q6AEwBXoECAMQA#g#v=onepage&q=Libro%20análisis%20Externo%20e%20Interno%20empresarial&f=f>

- Unidas, N. (2021). *Informe Sobre Tecnología e Información 2021*. Ginebra: Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo.
- Utria, E. (2008). Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)-Nota Científica. *Chapingo*, 1. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100005
- Ventura, J. (2008). *Análisis Estratégico de la Empresa*. España: Parainfo. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=geR_9VTPOM4C&printsec=frontcover&dq=que+es+analisis+estrategico&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20analisis%20estrategico&f=false
- Garrido Valero, S. (2008). Interpretación de Análisis de Suelos (1.^a ed., pp. 2–6). Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Manuel, V., & Toledo, N. (s/f). de Pde Paapapa. Gob.pe. Recuperado el 4 de septiembre de 2023, de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/cendoc/manuales-boletines/papa/manejo_fertil_suelos_feb11.pdf
- Uzátegui orchard, t. a. (2019). niveles de calcio en el rendimiento de tres híbridos de maíz amarillo duro (*zea mays* l.) bajo riego por goteo”. universidad nacional agraria la molina.

ANEXOS

Análisis de suelo del proyecto de reforestación:



Nº de Referencia: **S-21/047699**

 Tipo Muestra: **SUELO AGRICOLA**

 Descripción(*): **Suelo del proyecto de reforestación San Lucas de Colán**

 Fecha Fin: **16/10/2021**
RELACIONES DE INTERÉS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Relación (Ca+Mg) / K Disp	4,26								PEC-041
Relación Ca/Mg Disponib	3,14								PEC-041
Relación Mg/K Disponible	1,03								PEC-041

RELACIONES CATIONICAS
% Cationes Disponibles

● Ca Disp.(65%/54%) ● Mg D(25%/17%) ● K D(10%/17%) ● Na D(0%/11%)


% Cationes de Cambio

● Ca(77%/52%) ● Mg C(15%/27%) ● K C(5%/19%) ● Na C(3%/2%)


NOTA

Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Puede solicitar las incertidumbres, cuando estas no aparezcan en el informe. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). N/L: No Legislado.

(*). Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

OBSERVACIONES (*):

La población de estudio es el proyecto de reforestación San Lucas de Colán, Provincia de Piura, este proyecto está dividido en 6 bloques, el proyecto es regado con efluentes tratados provenientes de nuestra planta de tratamiento de agua residual industrial.

 FECHA EMISIÓN: **15/10/2021**


Lucia del Carmen Mariño
Pomares
CIP 218442

Hoja de recolección de datos-Generación de lodo residual industrial por DAF:

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
Encargado:	GARCÍA SILVA, ROBERTH () / GUITIERREZ GRILLO, MART ()					
Turno:	DÍA () / NOCHE ()					
Empresa:	PRODUMAR S.A.C					
Dirección:	ZONA INDUSTRIAL II MZ. "A" LOTE 3 PAITA, PIURA, PERÚ					
Proceso:	SISTEMA POR FLOTACIÓN DE AIRE DISUELTO (DAF)					
Nro. de DAF:	DAF FÍSICO QUÍMICO NRO 1					
Indicador:	GENERACIÓN DE LODO POR BACHADA (M ³)					
Fórmula:	LARGO X ANCHO X ALTURA			Hora Inicio:		
Periodo:	3/12/21 – 10/12/21			Hora Fin:		
Nro de bachada	Fecha	Largo(m)	Ancho(m)	Altura(m)	Volumen (M ³)	Observaciones
1		1.10	0.92			
2		1.10	0.92			
3		1.10	0.92			
4		1.10	0.92			
5		1.10	0.92			
6		1.10	0.92			

Análisis de lodo húmedo:



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



INFORME DE ENSAYO MA2122727 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					S-1	S-2	S-3
PROFUNDIDAD (m)							
FECHA DE MUESTREO					04/08/2021	04/08/2021	04/08/2021
HORA DE MUESTREO					12:05:00	12:15:00	12:25:00
MATRIZ					SUELOS	SUELOS	SUELOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					SUELOS	SUELOS	SUELOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Generales							
Mercurio	ES_EPA7471	mg/kg	0.0100	0.0348	1.9000	1.8460	1.5320
Potencial de Hidrógeno	ES_EPA8045	pH	—	—	6.70	6.59	6.83
Humedad en Suelos	ES_NOM21_AS05	%	0.1	0.3	93.8 *	91.9 *	90.1 *
Materia orgánica	ES_NOM21_AS07_MO_T OC	%	0.1	0.3	3.8	5.2	6.2
Análisis Microbiológicos							
Numeración Coliformes totales	ES_APHA9221B_CX	NMP/1g ST	—	—	5,215.8 *	2,757.8 *	9,334.4 *
Numeración Coliformes fecales	ES_APHA9221E_CX	NMP/g	—	—	804.7 *	402.2 *	933.4 *
Cuantificación de Salmonella spp	ES_NOM004SEMAR_NAT_CX	NMP/10g	—	—	<1 *	<1 *	<1 *
Metales Totales							
Aluminio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	2.701	8.602	762.050	790.615	1,304.765
Antimonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.041	0.131	0.296	0.194	<0.131
Arsénico Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.897	2.857	4.083	3.873	3.718
Bario Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.138	0.440	43.155	34.551	51.883
Bario Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.054	0.173	<0.173	<0.173	<0.173
Bismuto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103	0.801	0.568	0.640
Boro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.399	17.195	<17.195	<17.195	<17.195
Cadmio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.045	0.144	8.721	8.804	10.901
Calcio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	65.382	208.223	23,224.582	18,329.695	24,782.732
Circonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.046	0.147	1.331	1.025	1.190
Cobalto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.040	0.128	1.040	1.066	1.680
Cobre Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.357	1.136	154.295	158.942	199.168
Cromo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.314	1.001	57.737	53.615	80.231
Escandio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.099	0.317	0.325	<0.317	<0.317
Estaño Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.295	0.940	<0.940	<0.940	<0.940
Estroncio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.258	0.822	181.382	117.492	189.867
Fosforo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	4.759	15.157	26,806.056	22,289.282	24,230.376
Hierro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	9.201	29.302	1,871.102	1,820.969	2,756.103
Lantano Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103	<0.103	<0.103	<0.103
Litio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.0	3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Magnesio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.509	17.545	5,591.188	5,384.313	4,873.528
Manganeso Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.202	0.643	37.515	35.127	50.371

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 6

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Emesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2122727 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					S-1	S-2	S-3
PROFUNDIDAD (m)							
FECHA DE MUESTREO					04/08/2021	04/08/2021	04/08/2021
HORA DE MUESTREO					12:05:00	12:15:00	12:25:00
MATRIZ					SUELOS	SUELOS	SUELOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					SUELOS	SUELOS	SUELOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Mercurio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.082	0.262	1.888	1.399	1.506
Molibdeno Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.057	0.182	3.111	2.951	4.021
Níquel Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.156	0.498	24.241	24.860	36.057
Plata Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.084	0.268	0.315	0.306	0.367
Plomo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.109	0.348	4.108	3.798	5.237
Metales Totales							
Potasio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	13.500	42.993	3,081.738	5,011.207	2,314.165
Selenio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.132	3.605	8.913	8.683	9.673
Sodio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	7.579	24.136	4,452.003	5,658.044	2,703.895
Taio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.029	0.093	<0.093	<0.093	<0.093
Thorio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.035	0.112	1.557	0.907	0.635
Titanio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.079	0.251	61.476	56.010	74.939
Uranio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.102	1.042	0.962	1.142
Vanadio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.488	4.737	9.381	8.525	11.064
Wolframio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.072	0.231	162.574	114.653	107.102
Ytrio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.030	0.096	0.533	0.537	0.749
Zinc Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.607	1.934	417.089	434.147	520.503

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



**INFORME DE ENSAYO
MA2128566 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					S-1	S-2	S-3
PROFUNDIDAD (m)							
FECHA DE MUESTREO					11/09/2021	11/09/2021	11/09/2021
HORA DE MUESTREO					09:25:00	09:40:00	09:55:00
MATRIZ					SUELOS	SUELOS	SUELOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					SUELOS	SUELOS	SUELOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Generales							
Nitrógeno Total	ES_SGS_ME45	mg/kg (Base Húmeda)	0.3	0.8	5,725.0	10,695.0	7,850.0

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Reglat

**INFORME DE ENSAYO
MA2311298 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					DAF FISICO QUIMICO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LODO
PROFUNDIDAD (m)					9438094N / 490354E	9438101N / 490354E
FECHA DE MUESTREO					31/03/2023	31/03/2023
HORA DE MUESTREO					17:20:00	17:30:00
MATRIZ					LODOS	LODOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					LODOS	LODOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Generales						
Sólidos Totales (1)	ES_APHA2540G	mg/kg	60	150	56,466	96,933

Análisis de lodo seco:



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N°LE - 002

INFORME DE ENSAYO MA2230448 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					L01	L02	L03
PROFUNDIDAD (m)							
FECHA DE MUESTREO					25/07/2022	25/07/2022	25/07/2022
HORA DE MUESTREO					10:15:00	10:15:00	10:16:00
MATRIZ					SUELOS	SUELOS	SUELOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					SUELOS	SUELOS	SUELOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Generales							
Potencial de Hidrógeno	ES_EPA8045	pH	--	--			6.23
Carbono Orgánico Total	ES_NCM21_AS07_MO_T OC	%	0.1	0.2	22.8		
Conductividad	ES_NCM21_AS18	dS/m	--	--		7.07	
Nitrógeno Total Base Seca	ES_SGS_ME45	mg/kg	0.3	0.8			77,809.0 *
Metales Totales							
Aluminio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	2.701	8.602			2,711.316
Antimonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.041	0.131			0.291
Arsénico Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.897	2.857			6.547
Bario Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.138	0.440			55.981
Berilio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.054	0.173			<0.173
Bismuto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103			0.343
Boro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.399	17.195			<17.195
Cadmio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.045	0.144			10.091
Calcio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	65.382	208.223			26,967.434
Circonio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.046	0.147			1.333
Cobalto Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.040	0.128			2.579
Cobre Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.357	1.136			151.694
Cromo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.314	1.001			58.132
Escandio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.099	0.317			0.443
Estaño Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.295	0.940			1.267
Estroncio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.258	0.822			140.507
Fosforo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	4.759	15.157			17,278.337
Hierro Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	9.201	29.302			3,917.081
Lantano Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.103			1.913
Litio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.0	3.0			<3.0
Magnesio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.509	17.545			3,312.286
Manganeso Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.202	0.643			73.146
Mercurio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.082	0.262			0.543
Molibdeno Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.057	0.182			2.543
Niquel Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.156	0.498			27.422
Plata Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.084	0.268			0.347

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 6



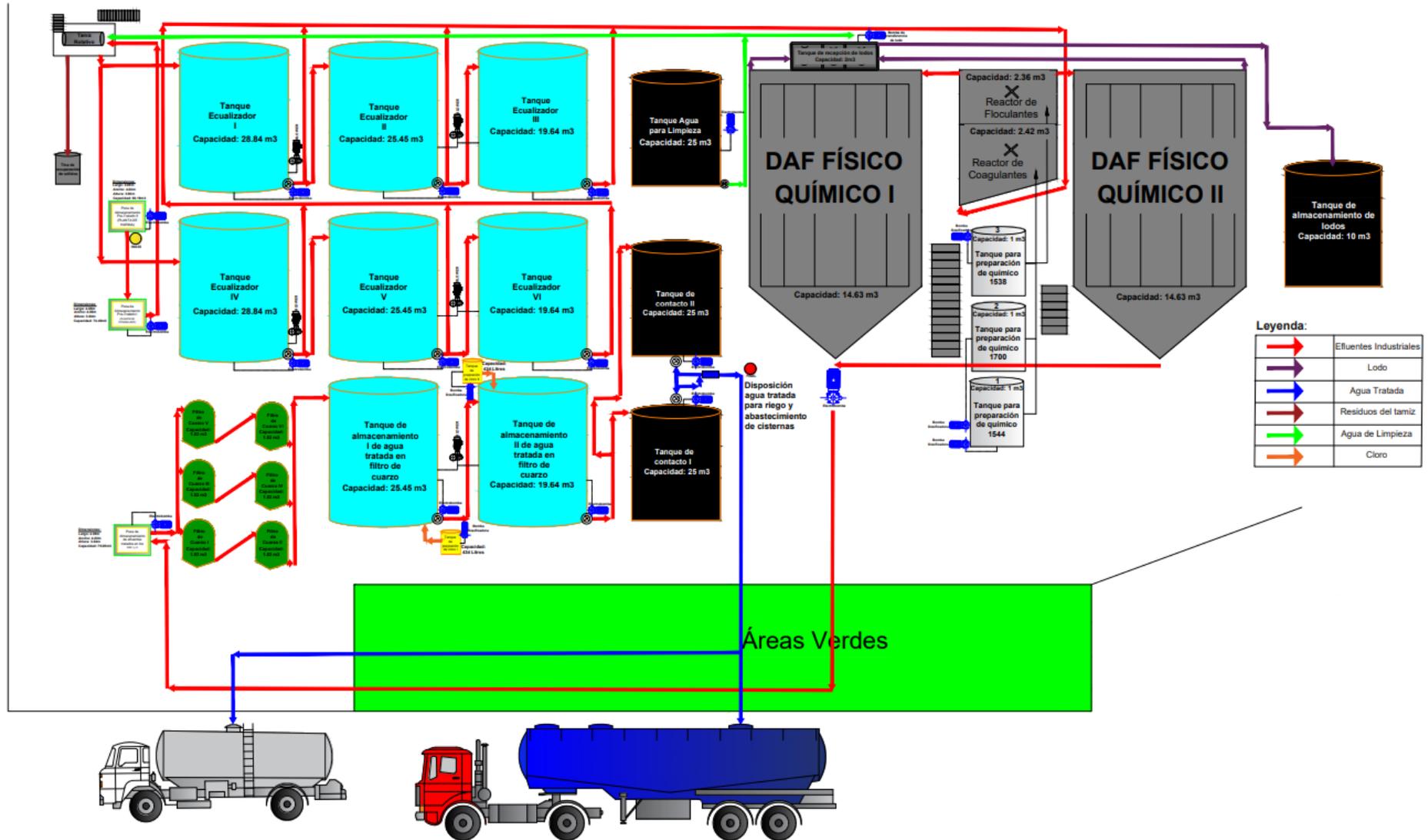
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

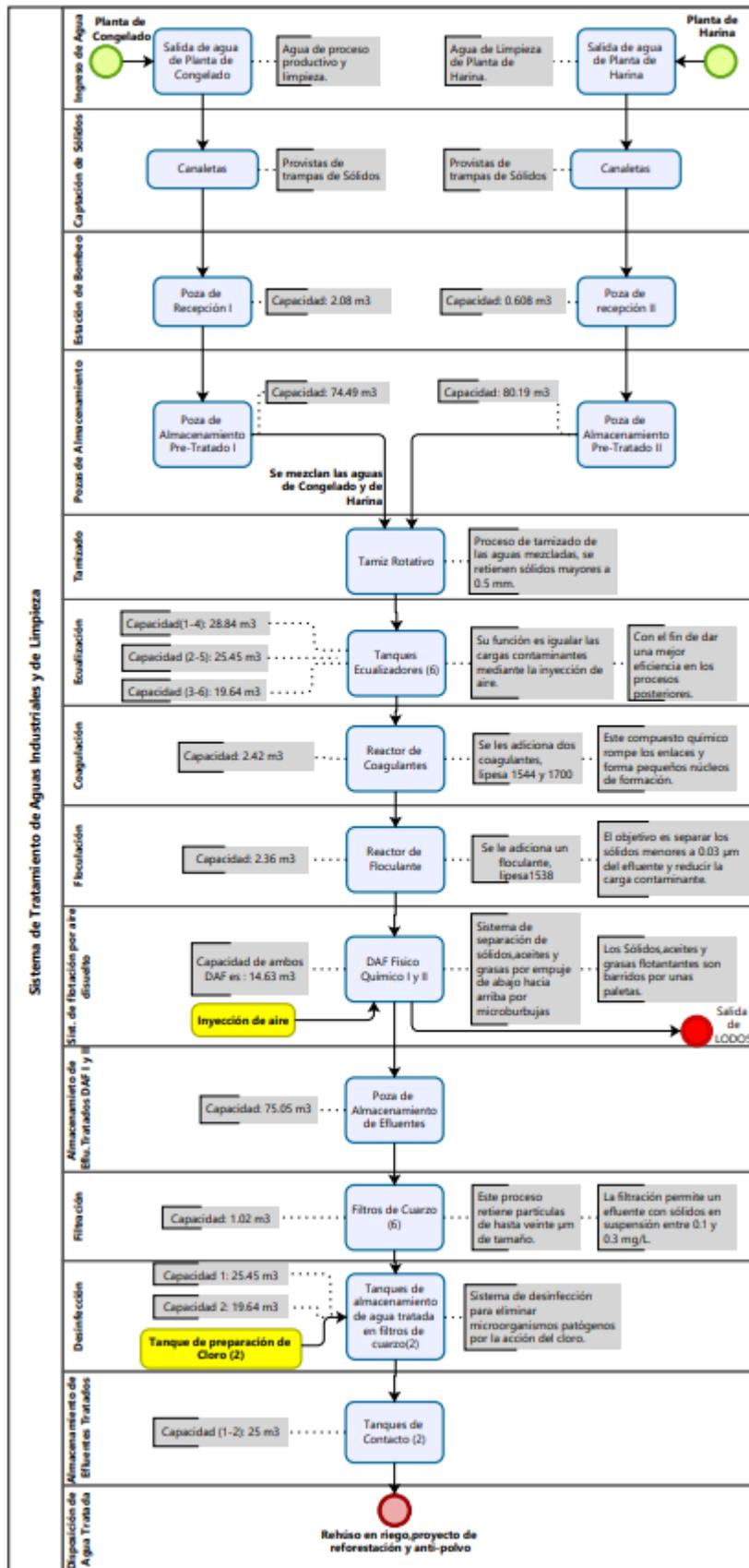


**INFORME DE ENSAYO
MA2230448 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					L01	L02	L03
PROFUNDIDAD (m)							
FECHA DE MUESTREO					25/07/2022	25/07/2022	25/07/2022
HORA DE MUESTREO					10:15:00	10:15:00	10:16:00
MATRIZ					SUELOS	SUELOS	SUELOS
PRODUCTO DESCRITO COMO					SUELOS	SUELOS	SUELOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Metales Totales							
Plomo Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.109	0.346			6.544
Potasio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	13.500	42.993			4,747.054
Selenio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.132	3.605			8.373
Sodio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	7.579	24.136			6,147.586
Talio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.029	0.093			<0.093
Thorio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.035	0.112			1.050
Titanio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.079	0.251			98.921
Uranio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.102			1.239
Vanadio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.488	4.737			16.330
Wolframio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.072	0.231			40.180
Ytrio Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.030	0.096			2.195
Zinc Total	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.607	1.934			526.483

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (PTARI) PRODUMAR SAC-PAITA





Toma de muestras de lodo industrial por SGS:





S-3 TANK DE A
DE 1000
N 9430110
E 490349
04-08-2021























S-1 DAF F1500 Quimica 1
N: 9438103
E: 490350
04-08-2021