



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

INGENIERÍA MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO, GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA CEDAL, COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL DECORATIVO COMO FACHALETAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2022”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros en Medio Ambiente

Autores:

León Coque Luis Angel
Viera Mejía Victoria Gabriela

Tutora:

Ruiz Depablos Joseline Luisa

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

León Coque Luis Angel, con cedula de ciudadanía No. 050407955-9 y Viera Mejía Victoria Gabriela, con cedula de ciudadanía No. 050428643-6, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”, siendo la Profesora M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 30 de agosto del 2022

Luis Angel León Coque
Estudiante
CC: 0504079559

Victoria Gabriela Viera Mejía
Estudiante
CC: 050428643-6

Prof. Joseline Luisa Ruiz Depablos, M.Sc.
Docente Tutora
CC: 1758739062

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LEÓN COQUE LUIS ANGEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0504079559** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017 – Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de Junio del 2022

Tutora: Profesora M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 30 días del mes de agosto del 2022.

Luis Angel León Coque
EL CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VIERA MEJÍA VICTORIA GABRIELA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504286436** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre_2017 - Marzo_2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutora: Profesora M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.

- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 30 días del mes de agosto del 2022.

Victoria Gabriela Viera Mejía
LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO, GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA CEDAL, COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL DECORATIVO COMO FACHALETAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL - AGOSTO 2022”, de León Coque Luis Angel y Viera Mejía Victoria Gabriela, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 30 de agosto del 2022

Prof. Joseline Luisa Ruiz Depablos, M.Sc.

DOCENTE TUTORA

CC: 175873906-2

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: León Coque Luis Angel y Viera Mejía Victoria Gabriela, con el título de Proyecto de Investigación: “REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO, GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA CEDAL, COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL DECORATIVO COMO FACHALETAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2022”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 30 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, M.Sc.
CC: 0502188451

Lector 2
Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.
CC: 0501518955

Lector 3
Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.
CC: 0401332101

AGRADECIMIENTO

En varias etapas de mi vida, me gustaría agradecer a muchas personas especiales por su amistad, apoyo, aliento y compañía. Algunos están conmigo, algunos están en mi memoria y corazón. Sin importar en donde quiera que estén o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria, quiero darles las gracias y agradecerles por ser parte de mí vida, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

En primera instancia agradezco a mi padres, de gran sabiduría quienes se han esforzado para ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de trasmitirme sus conocimientos y dedicación, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mis estudios y obtener una afable titulación profesional.

En segunda instancia agradezco a la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.CEDAL por haberme permitido realizar mi trabajo de investigación en la empresa, en especial a ingeniero Iván Granda y al ingeniero Gustavo Plaza quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en esta investigación.

Agradezco a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me motivaron a desarrollarme como persona y profesional, y de manera especial dejo constancia de mi agradecimiento a la Ing. Joseline Ruiz quien confió en nosotros y fue guía indispensable para efectuar este trabajo de investigación.

Luis Angel León Coque

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres Luis y Maribel, de igual manera José Francisco , Paulina, Lizeth y Samantha por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecer a mis amigos y mi compañero de tesis Luis León por brindarme su apoyo incondicional, en las diferentes etapas de mi vida. Por haber sido una guía y motivación en el camino universitario. Les agradezco por siempre haber estado ahí y compartido un momento de sus vidas conmigo.

Agradezco a todos los docentes de la carrera Ingeniería en Medio Ambiente, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al master Ing. Josseline Ruiz tutora de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente. sta tesis de maestría y el resultado de mi formación, se la debo a muchas personas e instituciones, que no me alcanzaría está página para detallar sus nombres, cualidades y virtudes, en mi memoria siempre estará el beneficio que recibí de ustedes, más bien le doy gracias a Dios por mi vida y por la suya, por haberlos puesto en mi camino para ayudarme a construir mis éxitos, sin duda son una bendición; y, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

Viera Mejía Victoria Gabriela

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi padre, ya que gracias a todo el esfuerzo, el apoyo incondicional y la confianza que depositaste en mí, han hecho que sea la gran persona que ahora soy, saber que después de tu partida aun cuando muchas veces cometí errores, nunca me dejaste caer, siempre tus recuerdos y consejos han sido mi guía en todo momento, y gracias a ellos he podido tomar las mejores decisiones en mi vida.

Mami, gracias por todo tu esfuerzo, tú apoyo y sacrificio, que fueron el pilar fundamental para que pueda alcanzar esta meta. Y que a pesar de las adversidades que tiene la vida, siempre hemos sabido sobresalir adelante. Te quiero mucho.

Sin más son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer, mis amigos y mi compañera de tesis por brindarme su apoyo incondicional, en las diferentes etapas de mi vida. Por haber hecho de mi estadía algo más llevadero y divertido. Les agradezco por no haberme dejado solo en los más duros momentos y apoyarme.

Finalmente, a toda mi familia que me brindaron su apoyo, compañía y por haberme extendido su mano cuando más lo he necesitado.

Luis Angel León Coque

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación que constituye el resultado de la constancia y deseos de superación lo dedico con mucho cariño y respeto, a las personas más esenciales e importantes de mi vida, mi familia, por ser el pilar fundamental desde el inicio de toda mi vida estudiantil, enseñarme los buenos valores, ser las personas que me han guiado y aconsejado en cada momento difícil de mi vida y las personas que me inspiraban y alentaban a seguir adelante en mi superación personal.

Viera Mejía Victoria Gabriela

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO, GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA CEDAL, COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL DECORATIVO COMO FACHALETAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2022”.

AUTORES: León Coque Luis Angel
Viera Mejía Victoria Gabriela

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad reutilizar los lodos generados en el proceso de anodizado como agregado alternativo para la Fabricación de materiales decorativos, a fin de disminuir las cantidades considerable de lodos, ofreciendo una segunda alternativa sostenible para la disposición final. La disposición final de los lodos requiere grandes superficies de terreno, conllevando a problemas ambientales. además del gran requerimiento de superficie, otros problemas son la vida útil del sitio, el manejo y tratamiento de los lixiviados generados. Primero se realizó el análisis CRTIB del lodo para evaluar la toxicidad del mismo. segundo se fabricaron las fachaletas utilizando diferentes dosificaciones de lodo (0-50%). por último, se realizó el cálculo del balance de masa, punto de equilibrio y valor actual neto (VAR) y tasa de retorno (TIR). entre los principales resultados se obtuvo que el lodo cumplía con los parámetros señalados en la normativa mexicana SEMARNAT 2005, clasificándolo como un desecho especial no tóxico. Así mismo la fachaleta que mejor propiedad física mostró fue la que tenía en su composición 32,43% de lodo con una eficacia de producción del 95,56%. los resultados obtenidos demuestran que es posible la reutilización de los lodos como una segunda alternativa para la disposición final de los lodos, que permitan disminuir el volumen de generación de lodos, ahorrando costos de: almacenamiento, transporte y disposición final de desechos, e implementando una nueva área de producción. Se sugiere la utilización de los lodos para la remoción de hidrocarburos de petróleo.

Palabras clave: Reutilización, Lodos, Material decorativo, fachaletas, Sulfato de Aluminio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

THEME: "REUSE OF SLUDGE FROM THE ALUMINUM ANODIZING PROCESS, GENERATED AT THE CEDAL FACTORY'S WASTEWATER TREATMENT PLANT, AS RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF DECORATIVE MATERIAL SUCH AS FACADES IN THE PROVINCE OF COTOPAXI IN THE PERIOD APRIL-AUGUST 2022".

AUTORES: León Coque Luis Angel
Viera Mejía Victoria Gabriela

ABSTRACT

The purpose of this research work is to reuse the sludge generated in the anodizing process as an alternative aggregate for the manufacture of decorative materials, in order to reduce the considerable amount of sludge, offering a second sustainable alternative for final disposal. The final disposal of the sludge requires large areas of land, leading to environmental problems. In addition to the large area requirement, other problems are the useful life of the site, the handling and treatment of the leachate generated. First, a CRTIB analysis of the sludge was performed to evaluate its toxicity. second, the façades were manufactured using different dosages of sludge (0-50%). finally, the mass balance, break-even point, net present value (NPV) and rate of return (IRR) were calculated. the main results showed that the sludge complied with the parameters indicated in the Mexican SEMARNAT 2005 regulations, classifying it as a non-toxic special waste. The results obtained show that it is possible to reuse the sludge as a second alternative for the final disposal of sludge, which would allow reducing the volume of sludge generation, saving costs of storage, transportation and final disposal of waste, and implementing a new production area. The use of the sludge for the removal of petroleum hydrocarbons is suggested.

KEYWORDS: Reuse, Sludge, Decorative material, facades, Aluminum Sulfate.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS.....	6
5.1. Objetivo General.....	6
5.2. Objetivo Específico.....	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. Ambiente.....	8
7.2. Contaminación ambiental	8

7.3.	Contaminantes	9
7.4.	Tipos de contaminantes	10
7.4.1.	Contaminantes físicos.....	10
7.4.2.	Contaminantes biológicos	10
7.4.3.	Contaminantes químicos.	10
7.5.	Residuos Sólidos.....	11
7.5.1.	Residuos peligrosos	12
7.6.	Producción de anodizado en aluminio	12
7.7.	Vertidos líquidos industriales	12
7.7.1.	Tratamiento de efluentes	12
7.8.	Tratamientos y métodos empleados a lodos en la PTAR	13
7.9.	Lodos	14
7.9.1.	Tipos de lodos.....	15
7.9.2.	Problemas ambientales derivados de la contaminación por lodos	16
7.9.3.	Uso de los lodos.....	16
7.10.	Gestión ambiental.....	17
7.11.	Producción más limpia	17
7.12.	Sostenibilidad de los materiales.	18
7.13.	Toma de muestra.	18
7.14.	Peligro de contaminantes (CRTIB).....	18
7.15.	Balance de masa	19
7.16.	Punto de equilibrio	19
7.17.	Valor actual neto (VAN).....	20
7.18.	Tasa interna de retorno (TIR).....	20
8.	NORMATIVAS Y LEYES APLICABLES EN EL PROYECTO.....	21
8.1.	US-EPA CFR 40 Parte 503 Normas Para El Uso O Eliminación De Lodos Residuales.....	21

8.2.	Normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.....	22
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	23
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
10.1.	Enfoque de la investigación.....	24
10.2.	Tipos de investigación.....	24
10.2.1.	Investigación experimental.....	24
10.2.2.	Diseño Experimental.....	25
10.2.3.	Factore de estudio.	25
10.2.4.	Tratamiento en estudios.....	26
10.1.1.	ADEVA.	28
10.1.2.	Variables de estudio.....	28
10.2.	Métodos y técnicas.....	29
10.2.1.	Método Deductivo.....	29
10.2.3.	Técnica de observación directa.....	30
10.2.4.	Toma de la muestra y Pruebas (CRTIB).....	32
10.3.	Instrumentos.....	32
10.3.1.	Libreta de campo.....	32
10.3.3.	Balance de Masa.....	38
10.3.4.	Punto de equilibrio.....	39
10.3.5.	Valor actual neto (VAN).....	39
10.3.6.	Tasa interna de retorno (TIR).....	40
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
11.1.	Localización.	41
11.2.	Descripción de procesos de CEDAL:.....	42
11.3.	Prueba CRTIB.....	44
11.4.	Costos y dosificaciones.	46
11.5.	Materiales y resultados según Dosificación D1.....	46

11.6.	Materiales y resultados según Dosificación D2	47
11.7.	Materiales según Dosificación D3	48
11.8.	Materiales según Dosificación D4	49
11.9.	Materiales según Dosificación D5	50
11.10.	Análisis estadístico para definir la mejor dosificación.....	51
11.11.	Análisis estadístico de la dosificación D1.....	52
11.12.	Análisis estadístico de la dosificación D2.....	52
11.13.	Análisis estadístico de la dosificación D3.....	53
11.14.	Análisis estadístico de la dosificación D4.....	54
11.15.	Análisis estadístico de la dosificación D5.....	54
10.3.	Análisis estadísticos de las dosificaciones con lodo	56
10.4.	Análisis de los tipos de moldes	57
10.5.	Análisis de Aceptación.....	57
10.6.	Análisis de Aceptación de los tratamientos de los lodos.	58
10.7.	Análisis de Aceptación de los tipos de moldes.	58
10.8.	Tipos de moldes	59
10.9.	Balance de masa y Punto de equilibrio	61
11.16.	Cálculo del punto de equilibrio.	66
10.10.	VAN Y TIR.....	69
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	71
11.1.	Impactos técnicos	71
11.2.	Impactos sociales.....	72
11.3.	Impactos ambientales	72
11.4.	Impactos económicos	72
12.	PRESUPUESTO.....	73
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
13.1.	Conclusiones	73

13.2. Recomendaciones.....	74
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
15. ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios Directos	3
Tabla 2. Beneficiarios Indirectos.....	4
Tabla 3. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales.....	21
Tabla 4 Límites Máximos Permisibles Para Los Constituyentes Tóxicos	23
Tabla 5 Dosificación inicial.....	25
Tabla 6 Tratamientos aplicables	26
Tabla 7 Esquema del ADEVA.	28
Tabla 8 Variables de estudio	28
Tabla 9. Dosificaciones	32
Tabla 10. Resultados análisis CRTIB de lodo de decapado (toxicidad)	45
Tabla 11. Costos de producción - Materia prima	46
Tabla 12. Materiales según Dosificación D1 10% de lodo	46
Tabla 13. Materiales según Dosificación D2 10% de lodo	47
Tabla 14. Materiales según Dosificación D3 20% de lodo	48
Tabla 15. Materiales según Dosificación D3 30% de lodo	49
Tabla 16. Materiales según Dosificación D5 50% de lodo	50
Tabla 17 valor z para nivel de confianza.....	55
Tabla 18 Cuadro de Análisis de la Varianza	56
Tabla 19 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en las dosificaciones de lodo	56
Tabla 20 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en los tipos de moldes.....	57
Tabla 21 Cuadro de Análisis de aceptación.....	58
Tabla 22 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la aceptación de los lodos	58
Tabla 23 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la aceptación de los moldes ...	58
Tabla 24. Tipo de moldes	59
Tabla 25. Datos para el Balance de Masa.....	61
Tabla 26. Costos Unitarios	67
Tabla 27. Costos Fijos	67

Tabla 28. Comparación de costos.....	68
Tabla 29. Punto de equilibrio	68
Tabla 30 Análisis de resultados del VAN Y TIR en el periodo de 5 años.	69
Tabla 31 Diferentes tasas de descuento	70
Tabla 32. Presupuesto.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Tipos de contaminante y sus tratamientos	13
Fig. 2. Diagrama de flujo para análisis de resultados	34
Fig. 3 Peso del lodo triturado de la PTAR.....	35
Fig. 4. Mezcla de materiales para la obtención del material compuesto	36
Fig. 5. Fabricación de la fachaleta	36
Fig. 6. Obtención de fachaletas	37
Fig. 7. Evaluación de fachaletas	37
Fig. 8 Ejemplo Sencillo de Balance de Masa	38
Fig. 9. Mapa de ubicación	41
Fig. 10 Instalaciones Planta CEDAL Latacunga	42
Fig. 11. Descripción del proceso productivo de CEDAL.....	42
Fig. 12. Proceso de Anodizado.....	44
Fig. 13. Fachaleta Resultante con la dosificación D1 % 10 Lodo.....	47
Fig. 14. Fachaleta Resultante con la dosificación D1 % 10 Lodo.....	48
Fig. 15. Fachaleta Resultante con la dosificación D2 % 20 Lodo.....	49
Fig. 16. Fachaleta Resultante con la dosificación D3 30% de Lodo	50
Fig. 17 Fachaleta Resultante con la dosificación D4 % 50 de Lodo.	51
Fig. 18 Cantidad de lodo que ingresa en los distintos tratamientos.	57
Fig. 19. Diagrama de Balance de Masa	62
Fig. 20. Comparación de la inversión 1 como la inversión 2	71
Fig. 21. Flujo de procesos de la planta de tratamiento de efluentes (PTE).	65
Fig. 22. Homogeneizador.	65
Fig. 23. Sedimentador.....	65
Fig. 24. Filtro prensa.	66
Fig. 25. Planta de tratamiento de efluentes CEDAL S.A.	66

Fig. 26. Sacado de lodo filtro prensa.....	67
Fig. 27. Lona de Big Bag con lodo.....	67
Fig. 28. Almacenamiento de lodos.....	67
Fig. 29. Secado de lodo.....	68
Fig. 30. Lodo seco molido.....	68
Fig. 31. Pesaje de los materiales.....	69
Fig. 32. Mezcla de lodo.....	70
Fig. 33. Colocación de la mezcla en los moldes.....	70
Fig. 34. Desmoldado de las fachaletas.....	70
Fig. 35. Acabado final de las fachaletas.....	71
Fig. 36. Varios tipos de Fachaletas en kiwi ubicado en la ciudad de Latacunga.....	71
Fig. 37 Presentación de las fachaletas en diversas ferias o casa abiertas.....	72
Fig. 38. Certificado de ensayos de laboratorio.....	74

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio, generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, como materia prima para la elaboración de material decorativo como fachaletas en la provincia de Cotopaxi en el periodo abril-agosto 2022”.

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombres de equipo de investigación:

Tutora: Prof. Joseline Luisa Ruiz Depablos, M.Sc.

Estudiantes: Luis Angel León Coque y Victoria Gabriela Viera Mejía.

LECTOR 1: Ing. Msc. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante.

LECTOR 2: Ing. Mg. Marco Antonio Rivera Moreno.

LECTOR 3: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña.

Área de Conocimiento:

Servicios: Protección del medio ambiente

Línea de investigación:

Sostenibilidad Ambiental

Sub-línea de Investigación de la Carrera:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Línea de Vinculación de la Facultad:

Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Culturales.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La gestión de lodos en la empresa CEDAL es uno de los problemas ambientales más complejos asociados con el tratamiento de las aguas residuales. La producción fundamental relacionada con los lodos se debe al proceso de anodizado, la cual envían enjuagues de los tanques de proceso a la planta de tratamiento, obteniendo la cantidad diaria de 5 ton/día de lodos, al mes de 150 ton/mes y anualmente de 1800 ton/año con un pH de 8. El caudal de entrada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), actualmente es 8 m³ /hora.

El hecho de generar lodos provenientes del proceso de anodizado; hace que se realice una búsqueda de alternativas para su disposición final por parte de la empresa para el manejo adecuado de los mismos, para disminuir las cantidades excesivas en la disposición final de los lodos.

Esta investigación se realizó con la finalidad de dar alternativas de disposición final de los lodos que se generan en la planta de tratamiento de la empresa CEDAL, los cuales se reutilizaron como agregados para material decorativo (Fachaletas).

La planta CEDAL en la actualidad genera una cantidad considerable de lodos, los cuales se comenzaron a realizar una disposición final aprovechable, es decir que están reutilizando estos desechos como material de construcción, generando una nueva alternativa de su uso, es por esta razón que este proyecto está encaminado en reutilizar este material como materia prima en la elaboración de piedras decorativas o Fachaletas; generando un ingreso económico adicional creando fuentes de trabajo, al comercializar los residuos como agregados de materia prima o la producción beneficiando así a la empresa y dando alternativas para elaborar nuevos materiales decorativos; aportando un importante beneficio al minimizar a explotación de

recursos naturales en las minas para extraer materias primas, mismas que podrían ser reemplazadas por el residuo lodo que es el caso de estudio.

Un análisis de nuevos materiales como la reutilización de lodos ha llevado que su aplicación sea en elementos de acabados que resaltan el carácter de una edificación, donde las fachadas como elemento principal han sido objeto de un largo proceso en la evolución de los estilos de la arquitectura, las viviendas como estructura básica en las ciudades que han experimentado el desarrollo de los diversos estilos arquitectónicos, sin embargo, los cambios más radicales se han basado en las técnicas constructivas.

A pesar de su capacidad de buen gusto, los exteriores deben cumplir con importantes necesidades especializadas y utilitarias, como la impermeabilización, la protección térmica y acústica. Algunos tipos de chapas son ligeros y no contribuyen a la solidez del diseño, ya que tienen una masa mínima, lo que implica que tienen poca protección contra el clamor y no suelen funcionar como protección contra el calor; sin embargo, las ventajas de su bajo peso son la rapidez de recogida y la sencillez con la que permiten la entrada de luz.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios directos del proyecto de investigación es todo el personal que conforma la planta CEDAL, generando un nuevo ingreso monetario y la apertura de una nueva área de producción según la Tabla 1.

Tabla 1. Beneficiarios Directos

Beneficiarios Directos		
CEDAL		
Hombres	Mujeres	Total
234	6	240

*Fuente: CEDAL.
Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).*

De la misma manera, los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación. Son la población en general de la provincia de Cotopaxi, por el estudio teórico, la creación de fuentes de trabajo y la distribución de un nuevo material decorativo accesible.

Tabla 2. Beneficiarios Indirectos

Beneficiarios Indirectos		
Provincia de Cotopaxi		
Hombres	Mujeres	Total
198.625	210.580	409.205

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) y Universidad Técnica de Cotopaxi.

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema de la disposición y tratamiento de las aguas servidas industriales, comerciales y domesticas son un problema desde los inicios de la industrialización, esto generan preocupación en los sectores públicos y privados interesados de controlar y preservar el medio ambiente.

Los cuerpos receptores como el mar, ríos y lagos no son capaces de absorber y neutralizar de manera natural la carga de lodos generada por la actividad humana. Por lo general estos volúmenes de agua y de lodo con el pasar de los tiempos han perdido sus condiciones neutrales en su estado físico y la capacidad de mantener una vida acuática apropiada, que permita el equilibrio ecológico en la preservación de los cuerpos de agua.

El saneamiento ambiental involucra el tratamiento y control de aguas residuales generadas en las distintas actividades industriales y de la población, la descarga ocasiona daños ecológicos en el suelo, en aguas subterráneas y en la atmosfera generando así problemas en la salud y el medio ambiente. Los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales causan problemas ambientales antes de su descarga en los cuerpos de agua, estos deben ser

tratados según los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con la finalidad de evitar problemas de contaminación.

En la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL S.A. Uno de los problemas que tienen es la generación de lodos que provienen del proceso productivo de anodizado, la cantidad mensual generada es un promedio de 150 ton/mes, con un pH de 8, cuyo porcentaje de humedad es 80% aproximadamente, y su caudal de entrada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), actualmente es 8 m³ /hora.

De acuerdo a los volúmenes de lodos producidos, es necesario poseer un espacio extenso para su almacenamiento temporal, y tomando en cuenta que los costos monetarios para la disposición final y el mantenimiento las plantas de tratamiento en el control de estos biosólidos son considerables, es necesario buscar alternativas para la reutilización de este tipo de desechos, sin embargo algunas industrias están acostumbrados a disponer estos desechos en rellenos sanitarios, y se olvidan de sus efectos socio-ambientales.

Al no solucionar este problema, se seguirá manteniendo inconvenientes con los espacios para su disposición final, y la alta inversión monetaria para la disposición final de estos desechos, aunque los lodos no son residuos peligrosos la falta de información técnica ha traído graves complicaciones e inclusive denuncias en contra de la empresa CEDAL por parte de la colectividad, siendo esta una oportunidad de aportar valor agregado a este residuo.

El objetivo de este trabajo de investigación es la reutilización de los lodos generados en la (PTAR) planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica CEDAL, logrando disminuir la cantidad de lodos almacenados o su disposición final.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Reutilizar los lodos generados en el proceso de anodizado como agregado alternativo para la Fabricación de materiales decorativo para disminuir las cantidades considerable de lodos.

5.2. Objetivo Específico

- Analizar las características físicas y químicas de los lodos del proceso de anodizado con pruebas CRTIB.
- Determinar la dosificación adecuada de lodo en ensayos, que se utilizarán en los prototipos a emplear en las fachaletas.
- Caracterizar el proceso de producción con la dosificación adecuada, mediante el análisis del balance de masa, punto de equilibrio, Van y Tir.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Analizar las características físicas y químicas de los lodos del proceso de anodizado con pruebas CRTIB.	- Toma de muestras. -Elaboración de mapas de ubicación -Análisis de laboratorio certificado para la recepción de las muestras. - Determinación de los parámetros de toxicidad.	-Elaboración de mapa de ubicación con el programa georreferenciación ArcGIS. -La toma de muestras de lodo se basa en lo establecido en las normas y metodologías, nacionales como la Norma oficial mexicana (SEMARNAT).	-Mapa de ubicación. -Informe de laboratorio. -Análisis de resultados de laboratorio según la normativa nacional como internacional.
O.2.- Determinar la dosificación adecuada de los	-Establecer la dosificación correcta mediante diferentes composiciones.	- Comparación y análisis de resultados experimentales en las diferentes dosificaciones de lodos.	-Determinar la dosificación correcta según los porcentajes

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
lodos en ensayos, que se utilizarán en los prototipos a emplear en las fachaletas.	-Fabricación de las fachaletas con las dosificaciones analizadas.	D1= lodo 0 kg, cemento 6 kg, arena 5 kg, ripio 4 kg, agua + Sika 3,5kg. D1= lodo 2 kg, cemento 6 kg, arena 4 kg, ripio 3 kg, agua + Sika 3,5kg. D2= lodo 3 kg, cemento 6 kg, arena 3 kg, ripio 2 kg, agua + Sika 3,5kg. D3= lodo 4 kg, cemento 6 kg, arena 2 kg, ripio 1 kg, agua + Sika 3,5kg. D5= lodo 9 kg, cemento 6 kg, arena 0 kg, ripio 0 kg, agua + Sika 3,5kg.	de lodo que se ingresa a la producción. -Muestra con la dosificación en los moldes que lleva 0% al 50% de lodo seco.
O.3.- Caracterizar el proceso de producción con la dosificación adecuada, mediante el análisis del balance de masa, punto de equilibrio, Van y Tir.	-Resolver las ecuaciones del balance de masa. -Analizar y resolver el punto de equilibrio. -Analizar la Tasa interna de retorno y Valor actual neto.	Aplicación de las ecuaciones del balance de masa, punto de equilibrio, Tasa interna de retorno y Valor actual neto con la dosificación correcta anteriormente analizada.	-Análisis de la eficacia de producción, rendimiento de materiales y el porcentaje de pérdida. -Punto de equilibrio de producción. - Tasa interna de retorno y Valor actual neto

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

No se ha encontrado hasta el momento investigación alguna sobre el uso lodos en fachaletas, si bien existe el uso de poliestireno expandido como materia prima no se asemeja a las características que contiene el lodo, no obstante, hay una investigación que utilizan los lodos como material de construcción este está más enfocado al empleo en estructuras. La siguiente

investigación ayudará a comprender el comportamiento del material y la elaboración de las mismas en sus diferentes aplicaciones.

Este estudio determinó la factibilidad de utilizar lodos en diferentes proporciones y composiciones, y reemplazar el uno por ciento de grava y cemento con el lodo restante. En el caso del hormigón, los ensayos se realizan con diferentes proporciones de mortero y los componentes utilizados son: ripio (5%), cemento (35%), agua (45%) y lodo (15%, 25% y 50%), éste último en base seca, y a su vez la mezcla de estos elementos, conformando el adoquín que cumple con la resistencia, se aplicó la norma NTE INEN 3040:2016 y NTE INEN 0694:2010 para su elaboración, normas que están vigentes en el país y que cumplen con los requisitos técnicos(Maya, 2020).

7.1.Ambiente

La palabra medio ambiente se usa más comúnmente para referirse al ambiente "natural", o el agregado de todos los componentes vivos y abióticos que rodean a un organismo o grupo de organismos. El entorno natural incluye componentes físicos, como aire, temperatura, geomorfología, suelo y masas de agua, así como componentes vivos, plantas, animales y microorganismos, En otras palabras, ambiente es un conjunto de elementos naturales y sociales que están estrechamente relacionados(Barrett, 2019).

7.2. Contaminación ambiental

Se considera que la contaminación ambiental es aquella que altera al medio ambiente dañándolo de manera leve o grave, o destruyéndolo por completo, dependiendo el factor del tiempo ya que el daño puede ser temporal o continuo impidiendo la recuperación natural del medio ambiente, que pueden tener dos tipos de origen: origen natural o por la actividad antrópica(Orellana, 2005).

La contaminación ambiental se encuentra en diferentes aspectos (físico, químico o biológico) o de una composición de diversos agentes en distintos lugares, formas y concentraciones que posiblemente sean nocivos para la salud o al ambiente, se podría decir que son la incorporación de sustancias líquidas o a su vez sólidas a cuerpos receptores, la contaminación surge a partir de ciertas manifestaciones debido a los diferentes actividades o procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas); una de las actividades que generan contaminación antropogénicas es la industrialización, objetivo de esta investigación (Flores et al., 1995).

7.3. Contaminantes

Los contaminantes son sustancias que al sobrepasar los límites de concentraciones, se vuelven tóxicas, irritantes y perjudiciales para los ecosistemas y la salud humana, están presentes en el aire, ya sea por partículas, gotas líquidas o gaseosas, que pueden ser impurezas naturales y contaminaciones generadas por la acción del hombre (Sepúlveda Ruiz, 1999).

La industrialización en general son actividades que generan emisiones contaminantes durante su producción, produciendo sustancias nocivas o tóxicas que pueden llegar a desfogar en cuerpos de agua o filtrarse en el suelo, siendo intencionalmente, accidentalmente o como una causa de manipulación inadecuada de materiales peligrosos. Existen sustancias peligrosas que pueden afectar al medio acuático, y causando problemas a los microorganismos del suelo, otros siendo nocivos para los animales y el hombre, se puede concluir; que cualquier sustancia que tienen efectos negativos para el ecosistema también es nocivo para el hombre cuando se encuentra en el cuerpo humano, cualquier sustancia que sea liberado a la atmósfera, al suelo o al agua y sea considerado una sustancia dañina para la salud de las personas también causa problemas al ambiente (Flores et al., 1995).

7.4. Tipos de contaminantes

7.4.1. Contaminantes físicos

Los contaminantes físicos se caracterizan por el intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo.

7.4.2. Contaminantes biológicos

Los contaminantes biológicos en general: son agentes representados por organismos vivos (la mayoría suelen que ser microorganismos como bacterias, virus, hongos, etc.).

7.4.3. Contaminantes químicos.

Los agente químicos es un grupo de contaminantes más importantes debido a su gran número y la universalidad en todos los campos laborales y en el medio ambiente, como contaminantes químicos se puede entender toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que tiene probabilidades de lesionar la salud de las personas en alguna forma o causar otro efecto negativo en el medio ambiente (Flores et al., 1995).

Los agentes químicos pueden presentarse simultáneamente en todos los estados físicos: gaseoso, sólido o líquido; Los gases no se estudian en este estudio, los estados sólido y líquido se describen a continuación: los dos últimos son de naturaleza transitoria entre sólido y gas.

Sólidos: El grupo de sustancias sólidas incluye sustancias como minerales, sustancias contaminantes adsorbidas a partículas sólidas, sólidos en suspensión y también los polvos (los últimos dos con carácter transitorio entre sólido y gaseoso), contaminantes sólidos también pueden ser distintos tipos de basura como, por ejemplo: basura industrial en general.

Líquidos: Todos los líquidos que pueden ser nocivos para la salud, incluidos, por ejemplo, todos los combustibles que pueden destruir los ecosistemas o los recursos hídricos en

general y, en última instancia, pueden afectar incluso a los humanos. Los líquidos pueden liberarse al medio ambiente de manera controlada/intencional o no controlada.

Forma controlada: Controlado significa: conocer la cantidad y concentración exacta de residuos y (más o menos) el área de dispersión para que se pueda minimizar el riesgo.

Forma no controlada: vertido accidental o por mala manipulación/almacenamiento (máquina vacía, fuga de tanque en mal estado, etc.). Línea de lixiviado como de filtración de sustancias líquidas (hacia el agua subterránea).

Es importante anotar que la clasificación en emisión controlada incontrolada no dice nada sobre el peligro real de la sustancia; también una descarga intencional puede tener un impacto muy negativo o incluso un efecto al medio ambiente incontrolado.

7.5. Residuos Sólidos

Los residuos sólidos son productos del consumo del hombre con su entorno, por lo que su mejor definición es: “Toda material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable” (Doreen Brown Salazar, 2003). El término residuo sólido se utiliza para referirse a materiales de valor potencial para su reutilización o eliminación. Sin embargo, el término residuo sólido se utiliza profesional y legalmente en diferentes países para referirse a lo mismo.

Los residuos sólidos no reutilizables son un diseño humano. Por otro lado, los sistemas ecológicos son sistemas dinámicos en los que todos los elementos residuales de cualquier organismo se reciclan o recombinan continuamente. El equilibrio ecológico se mantiene intrincadamente, todos sus elementos son interdependientes y todos los organismos tienen un desarrollo limitado. Debemos buscar formas de reducir, reutilizar y reciclar los residuos generados y conocer y respetar los principios del equilibrio ecológico(Martínez, 2005)..

7.5.1. Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son motivo de preocupación en la mayoría de los países debido a que, en cualquier estado físico, ya que puede ser corrosivo, reactivo, tóxico, inflamable y biológico, presenta un riesgo para el ecosistema, el medio ambiente o para el ser humano, cualquier actividad que se realice con residuos peligrosos, desde su generación hasta su destino final, tiene el potencial de generar impactos negativos al medio ambiente. Su alcance y duración dependerán del tipo de residuo y de la forma en que se lleven a cabo las actividades de gestión ambiental o disposición final pueden ser localizados fuera de la zona urbana.(Martínez, 2005).

7.6. Producción de anodizado en aluminio

Es la técnica realizada para variar la superficie del aluminio. Se conoce como anodizado. A la formación la capa protectora de óxido de aluminio, conocida como alúmina, la cual se puede producir naturalmente o artificialmente mediante procedimientos electrolítico, de manera que se consigue una mayor resistencia y durabilidad del aluminio (Lizarbe, 1964).

7.7. Vertidos líquidos industriales

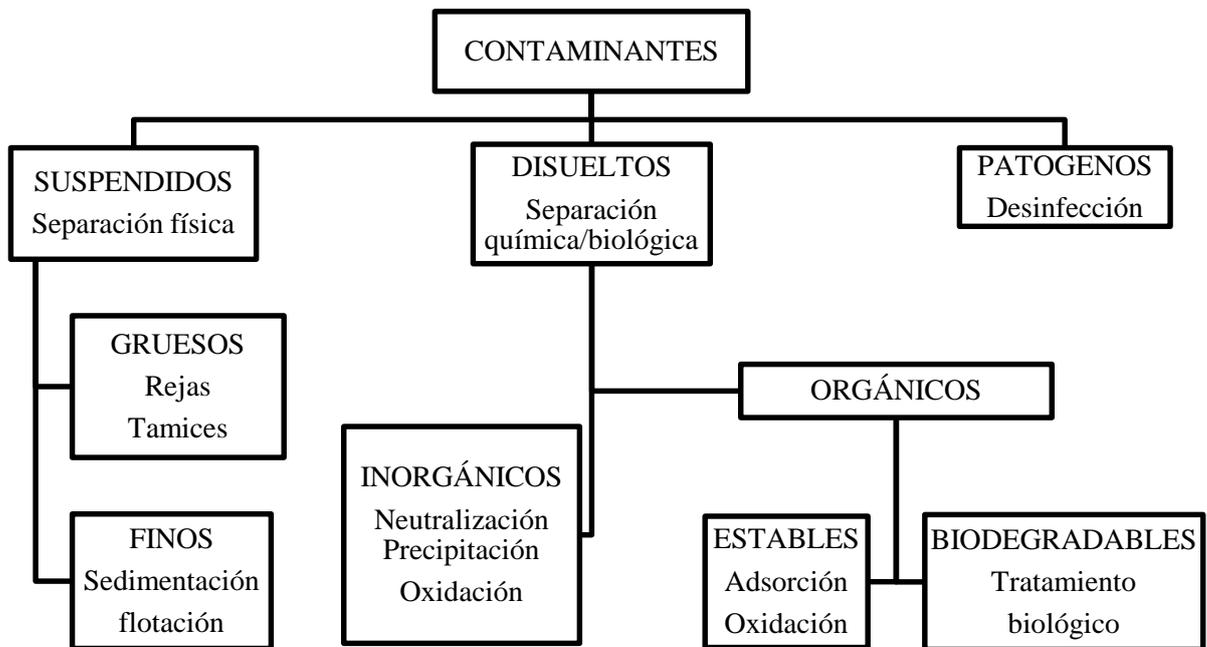
Las aguas residuales que son producidas por las industrias son aquellas procedentes de los procesos propios de la actividad de las instalaciones industriales e industrias con presencia de sustancias disueltas o en suspensión (Lebrato Martínez et al., 2019). Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, y cada industria debe estudiarse individualmente, como es el caso de la presente investigación.

7.7.1. Tratamiento de efluentes

Las aguas residuales de las industrias aportan químicos y otros desperdicios de los procesos de muchas industrias y negocios están sujetas a regulaciones y deben dar un pretratamiento a sus descargas para cumplir con la normativa vigente antes de disponer de ellas

en las tuberías de drenaje municipales. Las plantas integradas que completan el pretratamiento también son plantas de tratamiento de aguas residuales, aunque el grado de tratamiento que realizan cambia significativamente en función del tipo de aguas residuales que tratan dependiendo de la naturaleza de los contaminantes (Ramalho, 1996), con diversas técnicas como la Oxidación, Reducción, Electrocoagulación, Floculación, Coagulación, Decantación, Espesado de lodos, Filtración de lodos etc., unido a la selección de los reactivos idóneos y un diseño funcional de las plantas hacen posible resulta conveniente establecer una clasificación general de los contaminantes y sus tratamientos asociados:

Fig. 1 Tipos de contaminante y sus tratamientos



Fuente: Ramalho, 2003.

7.8. Tratamientos y métodos empleados a lodos en la PTAR

El tratamiento de los lodos tiene como objetivo su estabilización para la degradación controlada de sustancias orgánicas, disminuir el volumen de agua contaminada y la depuración de organismos patógenos para después estas aguas ser utilizadas o dadas una disposición final (Díaz, Lorenzo, & Venta, 2014).

Espesamiento: con este método se logra disminuir el volumen del lodo alrededor de un 30% a un 80% en el tanque de almacenamiento.

Estabilización aeróbica: se realiza en plantas de lodos activos tanto primario como secundario, estos son aireados durante periodos largos de tiempo.

Estabilización química de los lodos: es la oxidación húmeda y estabilización térmica bajo condiciones de temperatura y presión elevada, se logra una disminución de un 30% al 35% de lodos suspendidos.

Acondicionamiento de lodos: Facilita la aglomeración de sólidos y permite liberar la mayoría de agua en las partículas en el proceso de deshidratación

Deshidratación: este proceso permite que los líquidos en los lodos drenen para obtener lodo seco y poroso. El método de secado se puede realizar mediante la evaporación del agua por calentamiento de horno, incineración o exposición al sol.

Desinfección: Esta etapa es la última del tratamiento para la eliminación de organismos patógenos, se puede realizar la desinfección por pasteurización y almacenamiento a largo plazo.

7.9.Lodos

Como resultado de la remoción de contaminantes, en los procesos de tratamiento se originan en diferentes subproductos, siendo más relevante los lodos. Los lodos provienen de las etapas de tratamiento y sus características dependen del proceso donde se originaron y de las sustancias que posean o del tratamiento que han recibido. El volumen y masa de éstos también depende del proceso donde se produjeron (Macías, 2013).

7.9.1. Tipos de lodos

En el tratamiento de aguas residuales se produce lodos dependiendo del tipo de la planta de tratamiento y operación.

Lodo crudo: son aquellos que no han sido tratados ni estabilizados, estos se extraen de la planta de tratamiento de aguas residuales, suelen producir mal olor y acidificación de la digestión.

Lodo primario: se produce durante el proceso de tratamiento primario, el lodo que se almacena al fondo del tanque primario de sedimentación es llamado lodo primario, este depende mucho de las características del área de recogida de aguas.

Lodos activados: durante el tratamiento biológico de aguas se trata de eliminar la materia orgánica disuelta y nutrientes, está compuesto generalmente de microorganismos que requieren materia orgánica y oxígeno para desarrollarse. Los flóculos de los lodos activados contienen biomas, partes minerales y orgánicas absorbidas y almacenadas, estos deben ser removidos para la separación de biomasa del agua limpia, el volumen de lodo activo puede ser bombeados en el tanque de aireación nuevamente, este proceso se repite hasta que este eliminado por completo.

Lodos secundarios: son residuos o substratos solubles en biomasa producto del tratamiento biológico, se producen en los reactores biológicos y se separan o sedimentan del agua en sedimentadores secundarios, estos sedimentos tienen en base un recipiente en forma de cono invertido (tolva) para almacenar lodos sedimentados, la extracción se realiza por carga hidráulica y por el accionamiento mecánico de las rastras que limpian el fondo del tanque empujando a la tolva para ser extraídos

Lodos biológicos, físico químicos o terciarios: Se utiliza dosis pequeñas de coagulantes, y en algunas ocasiones dosis mínimas de polímeros, esto produce un ligero aumento de lodos generados en tratamientos convencionales, además tiene un costo mínimo de operación. El sulfato de aluminio disuelta en la planta de tratamiento produce hidróxido de aluminio estos forman flóculos de manera instantánea. Los 10 primeros minutos se forman flóculos que se sedimentan a una gran velocidad, facilidad y rapidez (Macías, 2013).

7.9.2. Problemas ambientales derivados de la contaminación por lodos

La gestión de lodos en la actualidad es un problema ambiental complejo y preocupante, asociados al tratamiento de aguas residuales, que contienen organismos patógenos los cuales constituye un riesgo para la salud y el ambiente. Muchas de estos lodos son descargados a drenajes, cuerpos de agua superficiales, rellenos sanitarios o incluso son incinerados sin ninguna protección al ambiente.

7.9.3. Uso de los lodos

Después de este tratamiento, los lodos se retiran y se envían secados o húmedos y luego son transportados al sitio de disposición final, donde la mayoría de las fábricas llevan estos desechos a los rellenos sanitarios, aquí en el proceso final se destaca el desperdicio de estos biosólidos, que es el tema principal del proyecto.

Estos biosólidos contienen excelentes propiedades para la agricultura, lo que permite tratar y sugerir posibles usos para los suelos degradados, dependiendo de la disposición de estos biosólidos se generan métodos de procesamiento alternativos usándolos como fertilizante (Aleman, 2018).

7.10. Gestión ambiental

Son las actividades, medios y técnicas, encaminadas a la conservación de los ecosistemas y sus relaciones ecológicas, cuando ocurren cambios antrópicos, la gestión ambiental puede ser considerada como reorienta parte del pensamiento ambiental (desarrollo ecológico y sustentable) y como herramienta de diagnóstico y planificación (planes, programas y proyectos) para atender los problemas ambientales, mediante la asignación de los recursos físicos, económicos y humanos necesarios para alcanzar los estándares de calidad ambiental, algunos aspectos a considerar en la gestión ambiental son: Evaluar, controlar y prevenir las consecuencias de la operación en cuestión sobre diferentes componentes del medio ambiente; administrar, guardar, seleccionar y transportar materias primas; gestión y ahorro del agua; reducir, reutilizar, reciclar, transportar y disponer los residuos; Seleccionar nuevos procesos de fabricación y modificarlos(Muriel, 2006).

7.11. Producción más limpia

La producción más limpia es un método que las empresas pueden integrar en sus procesos productivos y ayudar a prevenir la degradación ambiental. Esta materia se ha convertido en materia obligatoria en la formación de especialistas en los campos de la economía técnica y la administración. Actuar sobre estas ineficiencias ayudará a ahorrar materias primas, insumos y energía, mejorar la competitividad de la empresa así como su eficiencia ambiental, en la producción y los procesos productivos La producción más limpia resuelve el problema del ahorro de materias primas y energía, eliminando materias primas peligrosas y reduciendo el cantidad y niveles nocivos de desechos y emisiones (Hoof et al., 2008).

7.12. Sostenibilidad de los materiales.

Es sumamente básico que los materiales sostenibles presenten características como la procedencia de la naturaleza, que no presente efectos adversos a las personas y que perdure con el paso del tiempo, con la sostenibilidad se evita que las sustancias químicas sean un perjuicio tanto para la salud de los habitantes como el ambiente. Además, se debería preservar y no generar residuos que además de ocupar grandes espacios se convierten en contaminantes y no biodegradables, para ser sostenible es necesario la regla de las R como la reutilización, reciclaje y reducción (Sterling & Pérez-Bustamante, 2010).

7.13. Toma de muestra.

La evaluación de la exposición a agentes químicos requiere la disponibilidad de métodos analíticos y de muestreo para obtener concentraciones de contaminantes transportados por el aire o en el proceso de producción industrial, el muestreo es el proceso mediante el que se reduce el tamaño de una población muestral a una cantidad de material homogéneo que se pueda manipular de forma adecuada en el laboratorio y cuya composición es representativa de la población.

Los métodos analíticos deben describirse de tal manera que no haya duda en su interpretación de los pasos específicos a seguir, y deben ser lo suficientemente exactos y precisos para lograr el propósito. Esto significa que los métodos deben ser validados (Satti, 2015).

7.14. Peligro de contaminantes (CRTIB).

A continuación, se detallan los niveles de peligrosidad de los contaminantes químicos que se pueden considerar según el análisis CRTIB (Corrosividad, Reactividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Riesgo Biológico):

Corrosividad: Sustancias con propiedades ácidas o alcalinas.

Reactividad: La capacidad de una sustancia para combinarse con otras y crear un compuesto de alto riesgo (como un compuesto inflamable, explosivo, tóxico, etc.).

Toxicidad: La capacidad de una sustancia para dañar la salud de las personas expuestas a ella.

Inflamabilidad: La capacidad de una sustancia para encenderse espontáneamente con la liberación de calor.

Biológico: La capacidad de contener bacterias, virus u otros microorganismos con el potencial de infectar o causar daño a un organismo.

7.15. Balance de masa

El Balance de Materia y Energía (BMyE) es una de las herramientas más importantes disponibles para la ingeniería de procesos y ayuda a calcular los flujos de materia y energía entre un determinado proceso industrial y su entorno o entre las diversas actividades que lo integran. Así, al implementar (BMyE) nos permitirá conocer los caudales másicos de todos los flujos de materiales involucrados en el proceso, así como su demanda energética, que eventualmente se traducirá en demanda de servicios adicionales, como vapor. o enfriamiento (García, 2015).

7.16. Punto de equilibrio

Este proceso muestra la cantidad de unidades que la producción debe vender para que los costos no excedan el volumen de ventas y muestra cuánta ganancia o pérdida puede tener la producción cuando las ventas superan este punto o caen por debajo de este punto, sea el criterio de que el aumento en el volumen de ventas generará una ganancia, pero también la caída resultará en una pérdida.

El punto de equilibrio de una producción se conoce como el punto muerto. Es una herramienta para analizar y decidir diversos escenarios comerciales, entre ellos: volumen de producción y ventas requerido para no perder o ganar, planificar resultados, fijar precios, niveles de costos fijos y cargos variables, etc. (Ortiz Vargas, 2004).

7.17. Valor actual neto (VAN)

El VAN es una métrica financiera que mide los flujos futuros de ingresos y gastos que tendrá un proyecto, para determinar si, después de descontar la inversión inicial, seguimos siendo rentables. Si los resultados son positivos, el proyecto es viable. Basta encontrar el valor presente neto de la inversión para saber si el proyecto es viable.

El VAN también nos permite seleccionar los proyectos más rentables entre las diversas opciones de inversión. Incluso si alguien nos ofrece comprar nuestro negocio, este indicador nos permite determinar si el precio ofrecido es mayor o menor que lo que habríamos ganado si no lo hubiéramos vendido.

7.18. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) representa el rendimiento generado por una inversión en particular (se usa ampliamente como uno de los indicadores importantes en los estudios de factibilidad), es decir, representa la tasa de interés a la que el capital invertido producirá exactamente el mismo fin. resultado. Margen de beneficio. En otras palabras, representa una tasa que, cuando se usa como tasa de descuento, hace que VAL sea cero. Una vez conocida la rentabilidad de los proyectos de inversión, el criterio de decisión de inversión es simplemente aceptar proyectos con una TIR superior al coste de financiación, más una determinada proporción de riesgos asociados.

8. NORMATIVAS Y LEYES APLICABLES EN EL PROYECTO.

Actualmente no existe una regulación de lodos residuales en Ecuador, que controle los límites máximos permisibles de contaminantes para su utilización y disposición final. En este sentido, se debe adoptar una normativa internacional que la Autoridad Ambiental Nacional considere aplicable.

Normas como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) CFR 40 PARTE 503 “Norma para el Uso o Disposición de Lodos Residuales” y la Norma Oficial de México NOM-052-SEMARNAT-2005 están siendo implementadas en el país.

8.1. US-EPA CFR 40 Parte 503 Normas Para El Uso O Eliminación De Lodos Residuales.

US-EPA CFR 40 PARTE 503 establece un estándar que consiste en requisitos Estándares, límites de contaminación, prácticas de manejo y estándares Operaciones que usan o disponen de lodos de procesamiento Aguas residuales domésticas de plantas de tratamiento de aguas residuales (US-EPA, 1995).

En la tabla 3 se puede observar las concentraciones máximas de metales pesados se indican en la tabla. en lodos de depuradora y la concentración de metales pesados a utilizar en terrenos agrícolas, bosques, en contacto directo con el público, recuperación in situ, jardín de la casa, etc.

Tabla 3. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales

Contaminantes	Concentración de Contaminantes Para Aplicación [Mg/Kg] En Base Seca	Concentración Máxima [Mg/Kg] En Base Seca
ARSENICO mg/L	41	75

COBRE mg/L	39	85
CADMIO mg/L	1500	4300
MERCURIO mg/L	300	840
NIQUEL mg/L	17	57
ZINC mg/L	420	420
PLOMO mg/L	100	100
SELENIO mg/L	2800	7500

Fuente: (US-EPA, 1995).

8.2. Normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005

Se crea la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales.

En esta norma, los biosólidos se clasifican de diferentes maneras, de los cuales los lodos de los baños de anodización del aluminio y lodos de tratamiento de aguas residuales del revestimiento de aluminio por conversión química se clasifica de la siguiente manera:

- Clasificación De Residuos Peligrosos Por Fuente No Específica.

De los cuales como son considerados desechos biosólidos y de residuos tóxicos de fuentes no específicas se debe de realizar pruebas CRTIB para analizar su toxicidad, por ende se presentan los límites máximos permisibles en la (tabla 4) en la cual constituye los parámetros según la normativa mencionada.

Tabla 4 Límites Máximos Permisibles Para Los Constituyentes Tóxicos

Contaminantes	Concentración Máxima [Mg/Kg]
ARSENICO mg/L	5.0
BARIO mg/L	100.0
CADMIO mg/L	1.0
CROMO mg/L	5.0
MERCURIO mg/L	0.2
PLATA	5.0
PLOMO mg/L	5.0
SELENIO mg/L	1.0

Fuente: (NOM-052-SEMARNAT-2005).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

- ¿Es posible reutilizar los lodos del proceso de anodizado de aluminio para la fabricación de fachaletas?
- ¿Cuál será la dosificación de lodo adecuada para la obtención de fachaletas?

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de este proyecto, se utilizaron varios tipos de investigación para recopilar los datos necesarios para lograr los objetivos planteados. Por lo tanto, los resultados serán analizados para su posterior interpretación y confirmación.

10.1. Enfoque de la investigación

La investigación es mixta, lo cual se considera aspectos cuantitativos y cualitativos en el proyecto de investigación, como primer enfoque se verificará las dosificaciones mediante respuestas cuantificativas refrenté a las cantidades utilizadas en el proceso, en cuanto el segundo enfoque se valorará las características físicas propuestas.

La investigación elaborada se considera de tipo comparativo y transversal, obteniendo los datos en tipo real con la dosificación explícita, con los cuales se puede efectuar una comparación de parámetros importantes para su valoración, y por ende es explicativa por la determinación de relaciones entre las variables, estableciendo los factores mecánicos que puede explicar el comportamiento de los lodos (Sulfato de Aluminio).

10.2. Tipos de investigación

Por los resultados a obtener, el tipo de investigación que se requiere es la experimental, la de campo y que a continuación se definen de la siguiente manera:

10.2.1. Investigación experimental

La investigación experimental es la alteración de una variable experimental o varias al mismo tiempo, en un ambiente estrictamente vigilado por la persona que realiza el experimento

Este tipo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL de la ciudad Latacunga, con el fin de realizar ensayos de diferentes concentraciones a los distintos materiales que formarán parte del producto final y al modelo en sí.

Tabla 5 Dosificación inicial

ítem	Material	D1	
1	Lodos	0 kg	0%
2	Cemento	6 kg	32,43%
3	Arena	5 kg	27,02%
4	Ripio	4 kg	21,62%
5	Agua + Sika	3,5kg	18,91%
Total		18,5kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Las distintas dosificaciones que se realizarán están en base a la dosificación D1 que se visualiza en la (Tabla 5), siendo esta la dosificación inicial o la mezcla que habitualmente se usa en la fabricación de estas piedras decorativas.

10.2.2. Diseño Experimental.

Se realizó un Diseño de fachaletas con dosificaciones al Azar (DFDA), el cual presentó un arreglo factorial (AxB), donde el factor (A) correspondió a las dosificaciones con la variación de lodo (0% al 50% de lodo y sin lodo) y el factor (B) representó los tipos de moldes de los cuales se empleó 10 diferentes formas con distintos volúmenes, con la interacción de $5 \times 10 = 50$ tratamientos.

Se realizó tres repeticiones por dosificación, dando como resultado $50 \times 3 = 150$ Unidades Experimentales. Los datos obtenidos en cuanto al estado físico fueron sometidos a un análisis estadístico con el conteo de fisuras. Cada unidad experimental presentó una capacidad total de 150 individuos.

10.2.3. Factore de estudio.

Factor A: tipo de dosificaciones.

D1= 0% de lodo.

D2= 10% de lodo.

D3= 20% de lodo.

D4= 30% de lodo.

D5= 50% de lodo.

Factor B: Tipo de moldes según su volumen.

Molde 1= 0.6 kg

Molde 2= 1.74 kg

Molde 3= 3.2 kg

Molde 4= 3.2 kg

Molde 5= 10 kg

Molde 6= 1.04 kg

Molde 7= 0,76 kg

Molde 8= 0,816 kg

Molde 9= 7,5 kg

Molde 10= 7,5 kg

10.2.4. Tratamiento en estudios

En la tabla se describe los tratamientos aplicables de la investigación.

Tabla 6 Tratamientos aplicables

Tratamientos	Simbología	Tipo de dosificación	Tipo de moldes por el volumen
T1	T1v1	0% de lodo	0.6 kg
T2	T1v2	0% de lodo	1.74 kg
T3	T1v3	0% de lodo	3.2 kg
T4	T1v4	0% de lodo	3.2 kg
T5	T1v5	0% de lodo	10 kg
T6	T1v6	0% de lodo	1.04 kg
T7	T1v7	0% de lodo	0,76 kg
T8	T1v8	0% de lodo	0.816 kg
T9	T1v9	0% de lodo	7.5 kg

T10	T1v10	0% de lodo	7.5 kg
T11	T2v1	10% de lodo	0.6 kg
T12	T2v2	10% de lodo	1.74 kg
T13	T2v3	10% de lodo	3.2 kg
T14	T2v4	10% de lodo	3.2 kg
T15	T2v5	10% de lodo	11 kg
T16	T2v6	10% de lodo	1.04 kg
T17	T2v7	10% de lodo	0,76 kg
T18	T2v8	10% de lodo	0.816 kg
T19	T2v9	10% de lodo	7.5 kg
T20	T2v10	10% de lodo	7.5 kg
T21	T3v1	20% de lodo	0.6 kg
T22	T3v2	20% de lodo	1.74 kg
T23	T3v3	20% de lodo	3.2 kg
T24	T3v4	20% de lodo	3.2 kg
T25	T3v5	20% de lodo	12 kg
T26	T3v6	20% de lodo	1.04 kg
T27	T3v7	20% de lodo	0,76 kg
T28	T3v8	20% de lodo	0.816 kg
T29	T3v9	20% de lodo	7.5 kg
T30	T3v10	20% de lodo	7.5 kg
T31	T4v1	30% de lodo	0.6 kg
T32	T4v2	30% de lodo	1.74 kg
T33	T4v3	30% de lodo	3.2 kg
T34	T4v4	30% de lodo	3.2 kg
T35	T4v5	30% de lodo	13 kg
T36	T4v6	30% de lodo	1.04 kg
T37	T4v7	30% de lodo	0,76 kg
T38	T4v8	30% de lodo	0.816 kg
T39	T4v9	30% de lodo	7.5 kg
T40	T4v10	30% de lodo	7.5 kg
T41	T5v1	50% de lodo	0.6 kg
T42	T5v2	50% de lodo	1.74 kg
T43	T5v3	50% de lodo	3.2 kg
T44	T5v4	50% de lodo	3.2 kg
T45	T5v5	50% de lodo	14 kg
T46	T5v6	50% de lodo	1.04 kg

T47	T5v7	50% de lodo	0,76 kg
T48	T5v8	50% de lodo	0.816 kg
T49	T5v9	50% de lodo	7.5 kg
T50	T5v10	50% de lodo	7.5 kg

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

10.1.1. ADEVA.

En la Tabla 7, se muestra el ADEVA correspondiente al diseño experimental.

Tabla 7 Esquema del ADEVA.

F.V.		GL
Repeticiones	(R-1)	2
Lodo	(T-1)	4
Moldes	(M-1)	6
Lodo*Moldes	(L*M)	24
Error		113
Total	(N-1)	149

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

10.1.2. Variables de estudio

Tabla 8 Variables de estudio

Tipo de variables	Nombre	Índice
Independiente	Tratamientos	0% de lodo 10% de lodo 20% de lodo 30% de lodo 50% de lodo
Dependiente	Estado físico y Moldes	- Volumen de las fachaletas - Número de fisuras

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la siguiente tabla se describe las variables dependientes como las variables independientes que se utilizarán en el estudio de cada una de las dosificaciones.

Número de unidad experimental = 5 fachaletas

Variable independiente = tratamientos de lodo D1 0% de Lodo , D2 10% de Lodo, D3 20% de Lodo, D4 30% de lodo y D5 50% de lodo.

Variable dependiente= estado físico y volumen de los moldes.

Indicadores= número de fisuras.

La investigación documental es una compilación de documentos escritos, audiovisuales o de cualquier índole, que sirvan de muestra o de memoria de los eventos ocurridos y permitan indagar en busca de conclusiones posteriores.

Este es el tipo de investigación que se lleva a cabo durante el trabajo exploratorio, con notas, grabaciones de audio, fotografías y citas de varias personalidades que influyeron en la construcción y documentación a lo largo de la vida de este proyecto.

10.2. Métodos y técnicas

10.2.1. Método Deductivo

Para la presente investigación se aplicó mediante el método deductivo en la introducción general hasta determinar un hecho concreto, por lo que en consecuencia fue desde el residuo como reemplazo de un material pétreo, hasta llegar a la elaboración de fachaletas

10.2.2. Método descriptivo

El método descriptivo implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera.

A menudo utilizado como base para los diseños de investigación cuantitativa, es el panorama general el que proporciona una guía valiosa sobre qué variables vale la pena probar cuantitativamente.

10.2.3. Técnica de observación directa

La presente investigación se realizó utilizando varias técnicas, una de ellas es la técnica de guías de observación; además de un análisis de los procesos desde la generación de lodo (residuo objeto de la investigación) hasta su disposición final como agregado para materiales de la construcción, que son los elementos principales de esta investigación.

La misma que ayudó a observar directamente los recursos del área de estudio, permitiendo recopilar datos de forma directa del medio en el cual se desarrolló el proyecto.

10.2.3.1. Observación del proceso de planta de efluentes

En base a la observación directa del proceso en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTE), el lodo residual resultante, objeto de nuestro estudio, puede identificarse como proveniente (agua residual) del proceso de anodizado y pintura electrostática. desde el momento del vertido y por tanto cuando se produce la neutralización para igualar el pH entre (6 a 9), se pasa por el homogeneizador durante aprox. 2 horas, el proceso continúa, el agua restante se descarga a través del floculante, donde el polímero orgánico (floculante C) y la mezcla a través de la cual el lodo comienza a encapsularse y entra al sistema de sedimentación por influencia de la gravedad, donde separa el lodo. y agua. la densidad y succión de la bomba neumática, a través de la cual los lodos son aspirados al filtro prensa, donde son comprimidos al 80% de humedad, mientras el agua pasa por un filtro pulido hasta su destino. Desembarque de acuerdo con la normativa ambiental vigente para que los lodos son retirado en big bags y almacenados en zonas temporales.

10.2.3.2. Observación de obtención de lodos como residuo (materia prima).

A partir de la observación directa de los lodos recogidos en la planta de tratamiento (planta de aguas residuales), se afina el proceso de secado desde su origen (filtro prensa), que

comienza con la retirada de los lodos en la planta de tratamiento. , especialmente de los filtros prensa, porque aquí el sedimento es recogido por una bomba neumática que pasa por el sistema de aire comprimido en el filtro, lo empuja y comprime, dejando la materia sólida (lodo) en el filtro de placas, el agua por un camino abierto . . canal de madera, durante la compactación de estas tablas, el exceso de barro (tula/big bag) se deposita sobre la lona; el lodo se transfiere al invernadero para su secado y continúa esparciéndose por todo el invernadero después de secarse en el invernadero durante 9 días. reducen el contenido de agua del 80% a la salida del filtro prensa al 30% o 0%, de hecho el lodo seco es pulverizado para ser utilizado como material de relleno de construcción. (Anexo B)

10.2.3.3. Observación del proceso de análisis de lodos en el laboratorio interno de CEDAL.

Sobre la base de la observación directa del proceso en el laboratorio, donde se determinan varios parámetros, incluida la humedad, se realiza el método Big Bag para el muestreo, se toma una pequeña cantidad de muestra de cada contenedor lateral y la homogeneización, esta muestra se lleva a laboratorio. personal, una vez en el laboratorio, se colocan 10g de la muestra de lechada en un crisol, donde se pesa y se obtiene a masa inicial, se coloca la muestra en estufa a 120 grados C por 5 horas, finalmente después de pasar la muestra. durante 5 horas en el horno, se vuelve a pesar la muestra y se hace el cálculo de la humedad, la evolución media de este lodo tomada a la salida del ensayo de humedad del filtro prensa es del 75 al 80%; lo mismo se realizar con el lodo colocado en el invernadero luego de estar 9 días, se hace el mismo procedimiento y se obtiene una humedad entre el 30 a 40 %; donde ya se verifica que el lodo ya cumple con la condición para ser utilizado como agregado de material para la construcción, si no cumpliera esta humedad, el lodo se deja secando más días hasta que entre en el rango de la humedad requerida.

10.2.4. Toma de la muestra y Pruebas (CRTIB)

Para encontrar los metales pesados se usó los métodos según las normativas nacionales como las internaciones las cuales son utilizadas internamente por el laboratorio Gruentec Environmental Services, que se emplea para muestras que contengan gran cantidad de metales pesado, una vez terminado el proceso de la toma de la muestra se midió los metales pesados manejando el espectrofotómetro de absorción atómica, siguiendo como base inicial los parámetros permisibles de la NOM-052-SEMARNAT-2005.

10.3. Instrumentos

10.3.1. Libreta de campo

Levantamiento de información de los ensayos o dosificaciones experimentales, con la implementación lodo seco de la PTE de la planta CEDAL, se lograron sacar 5 composiciones diferentes de fachaletas con la variación de porcentajes en los distintos tipos de materiales.

Selección del prototipo.

Para la evaluación de los ensayos se realizaron diferentes dosificaciones que se representa en la (Tabla 9).

Tabla 9. Dosificaciones

Ítem	Material	D1		D2		D3		D4		D5	
1	Lodos	0 kg	0%	2 kg	10,81%	4 kg	21,62%	6 kg	32,43%	9 kg	48,64%
2	Cemento	6 kg	32,43%								
3	Arena	5 kg	27,02%	4 kg	21,62%	3 kg	16,21%	2 kg	10,81%	0 kg	0%
4	Ripio	4 kg	21,62%	3 kg	16,21%	2 kg	10,81%	1 kg	5,40%	0 kg	0%
5	Agua + Sika	3,5kg	18,91%								
Total		18,5kg	100%								

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la siguiente tabla se representa las siguientes dosificaciones a utilizar en los prototipos o ensayos experimentales de las fachaletas, siendo la dosificación D1 la mezcla inicial o la dosificación habitual en la fabricación de las piedras decorativas, siendo esta la muestra base para las siguientes dosificaciones, teniendo en cuenta que el cemento y el Agua + Sika son las

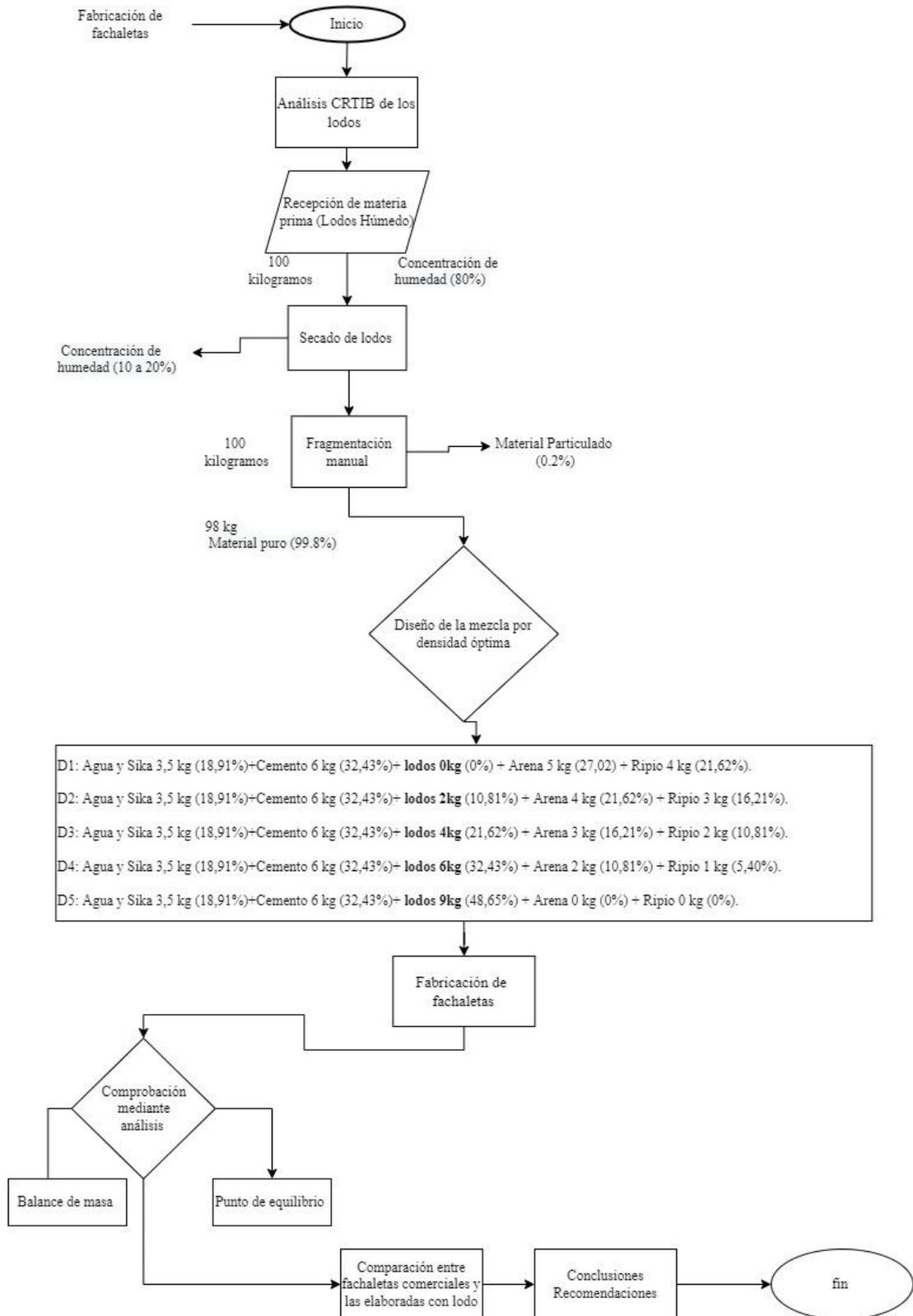
únicas variables constantes, y el porcentaje de implementación de lodo seco se describe a continuación:

- Muestra con la dosificación típica en los moldes que lleva 0% de lodo seco (D1).
- Muestra con la dosificación típica en los moldes que lleva 10% lodo seco (D2).
- Muestra con la dosificación típica en los moldes que lleva 20% lodo seco (D3).
- Muestra con la dosificación típica en los moldes que lleva 30% de lodo seco (D4).
- Muestra con la dosificación típica en los moldes que lleva 50% de lodo seco (D5).

10.3.2. Fabricación de lasfachaletas

Para el análisis de los resultados se seguirá el diagrama de flujo de la Figura 2 en la cual se indican cada una de las actividades a realizar para la fabricación de las fachaletas con adición de lodo seco, y la optimización mediante metodología de balance de masa y punto de equilibrio de las variables óptimas para su fabricación.

Fig. 2. Diagrama de flujo para análisis de resultados



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Aplicación de material compuesto en molde de la Fachaleta

Realizada la respectiva dosificación del hormigón con los respectivos porcentajes de sustitución del lodo para realizar la mezcla en un solo recipiente, para lo cual se procede a pesar cada uno de los materiales como se presenta a continuación en la figura 3.

Fig. 3 Peso del lodo triturado de la PTAR



Nota. Peso de los materiales, misma que nos ayudara para la mezcla y el análisis de las dosificaciones.

Mezcla

Una vez medido todos los materiales se procede a colocar en un recipiente limpio en cual se realiza una mezcla y posteriormente la adición del agua y la Sika para obtener el material compuesto. El material compuesto debe ser homogéneo para que el cemento cubra todas las superficies del material. La adición de agua debe ser mínima para que los agregados finos y gruesos absorban el agua y así se obtenga una mejor mezcla. La dosificación del hormigón se realiza por peso, además de cada dosificación se obtendrán 17 fachaletas.

Fig. 4. Mezcla de materiales para la obtención del material compuesto



Nota. Mezcla de todos los materiales en el recipiente de experimentación.

Fabricación de Fachaleta:

En el molde se procede a colocar el material compuesto en este caso las dosificaciones en el molde de la fachaleta y mediante un eje metálico se procede a dejar homogénea la superficie de la fachaleta.

Fig. 5. Fabricación de la fachaleta



Nota. Colocación de la mezcla en los moldes.

Desmolde.

Para realizar el desmolde se deja secar durante un periodo de tiempo de 48 horas, una vez que la mezcla proceda a endurecerse, se debe girar la fachaleta y posteriormente se alza el molde, obteniendo así la fachaleta.

Fig. 6. Obtención de fachaletas



Nota. Desmolde y obtención del producto final

Evaluación y Almacenamiento.

Se lleva a cabo un control de calidad para cada una de las fachaletas, para lo cual se verifica la textura de cada una de las mismas y evidenciando que no exista presencia de fisura en cada esquina de las fachaletas y se rotula las fachaletas para poder identificarlos después.

Fig. 7. Evaluación de fachaletas



Nota. Clasificación de las fachaletas por su estado físico

10.3.3. Balance de Masa

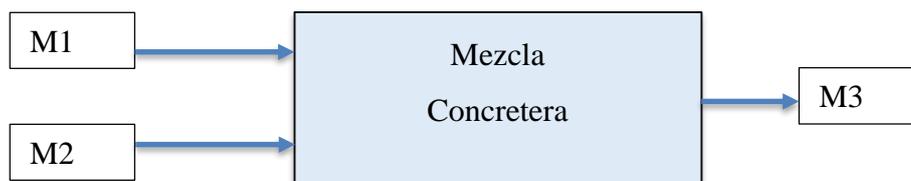
El balance de masa es el procedimiento cuantitativo que cumple la primera ley de termodinámica o ley de la conservación de la energía. Donde se habla que la masa que entra dentro de un proceso debe ser igual a la masa que sale de dicho proceso.

Para realizar los Balances de Materia de los procesos físicos sin reacción química se aplica la ecuación sencilla como se presenta a continuación:

$$\text{Masa de Entrada} = \text{Masa de Salida}$$

Con respecto a la ecuación propuesta observamos un sencillo ejemplo de aplicación en la (Fig8):

Fig. 8 Ejemplo Sencillo de Balance de Masa



Fuente: Smith van ness

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Del ejemplo anterior tenemos que la ley se aplica de la siguiente forma:

$$M1 + M2 = M3$$

Aunque la energía asume muchas formas, la cantidad total de energía es constante, y cuando la energía desaparece en una forma aparece simultáneamente en otras formas”. Lo mismo lo podemos aplicar con la masa, y lo observamos en el ejemplo que se planteó anteriormente.

Rendimiento

$$n_a (m_{entrada} * x_a^{entrada}) = G_a$$

n= es el rendimiento expresado tanto por uno a.

m = es el caudal de entrada.

x = es la fracción másica de a de entrada.

G = es la generación de la especie química a

10.3.4. Punto de equilibrio.

Primero, tenemos la cantidad de equilibrio (Q_f) para calcular. Por otro lado, los costos fijos (C_f) son aquellos costos que tiene la empresa para producir y vender o no. En el numerador estará el C_f de la empresa y en el denominador estará la razón de aporte, como la diferencia entre P_{vu} y C_{vu} . De esta forma, el importe exigido será el que permita compensar el importe de C_f soportado por la empresa.

$$Q_f = \frac{C_f}{P - CV}$$

10.3.5. Valor actual neto (VAN)

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

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 = es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

N = es el número de periodos de tiempo

K = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

La tasa de descuento (TD), que se espera que actualice su flujo neto, es la oportunidad mínima, la tasa de eficiencia o ganancias, así que gane; Por lo tanto, cuando la inversión es causada por:

$VAN > 0$: El valor actual de los ingresos y gastos de inversiones futuras que producirán una ganancia a la tasa de descuento dada.

VAN = 0: El proyecto de inversión no genera pérdidas ni ganancias, en principio, el proyecto de inversión no se realiza.

VAN < 0: El proyecto de inversión incurrirá en pérdidas, por lo que debe ser rechazado.

10.3.6. Tasa interna de retorno (TIR)

También se puede determinar en base a su cálculo, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el tiempo presente inicial y futuro de los cobros con pago, creando un VAN de cero:

Fórmula de cálculo:

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

F_t= son los flujos de dinero en cada periodo t

I₀= es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

N= es el número de periodos de tiempo

Si TIR > %, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si TIR = %, estaremos en la misma situación cuando el VAN sea igual a 0. En este caso, se puede invertir si la posición competitiva de la empresa mejora y si no hay solución, una alternativa más adecuada.

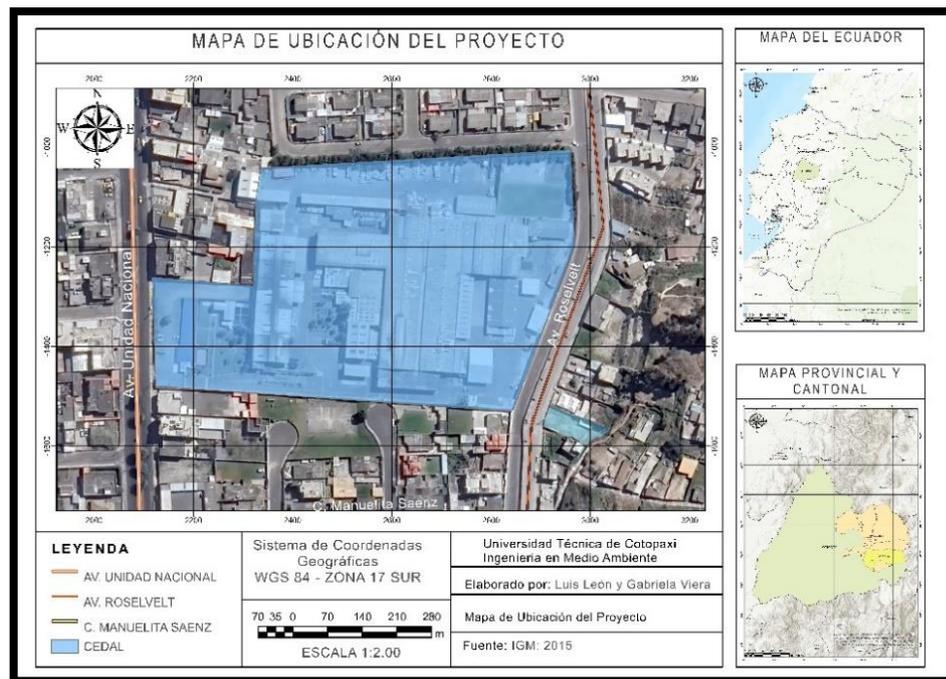
Si la TIR es < %, el proyecto será rechazado. No se ha logrado el rendimiento mínimo que requerimos para la inversión.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Localización.

La empresa CEDAL está localizada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Ignacio Flores, Av. Unidad Nacional S/N (Figura 9).

Fig. 9. Mapa de ubicación



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Fuente: Google Earth 2019 y ArcGIS Pro.

Áreas que contiene CEDAL

A continuación, se describe en general las distintas áreas de trabajo que posee la planta industrial (Figura 10.):

Fig. 10 Instalaciones Planta CEDAL Latacunga



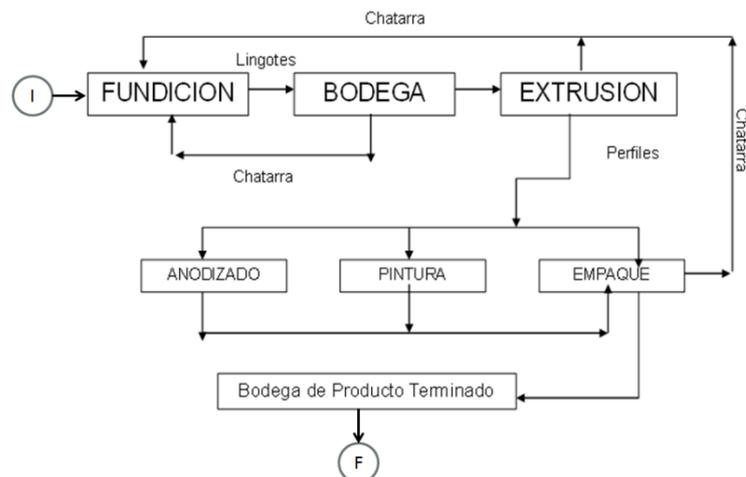
Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Fuente: Google Earth 2019 y ArcGIS Pro.

11.2. Descripción de procesos de CEDAL:

A continuación, se describe el flujograma general de la planta industrial (Figura 11).

Fig. 11. Descripción del proceso productivo de CEDAL



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

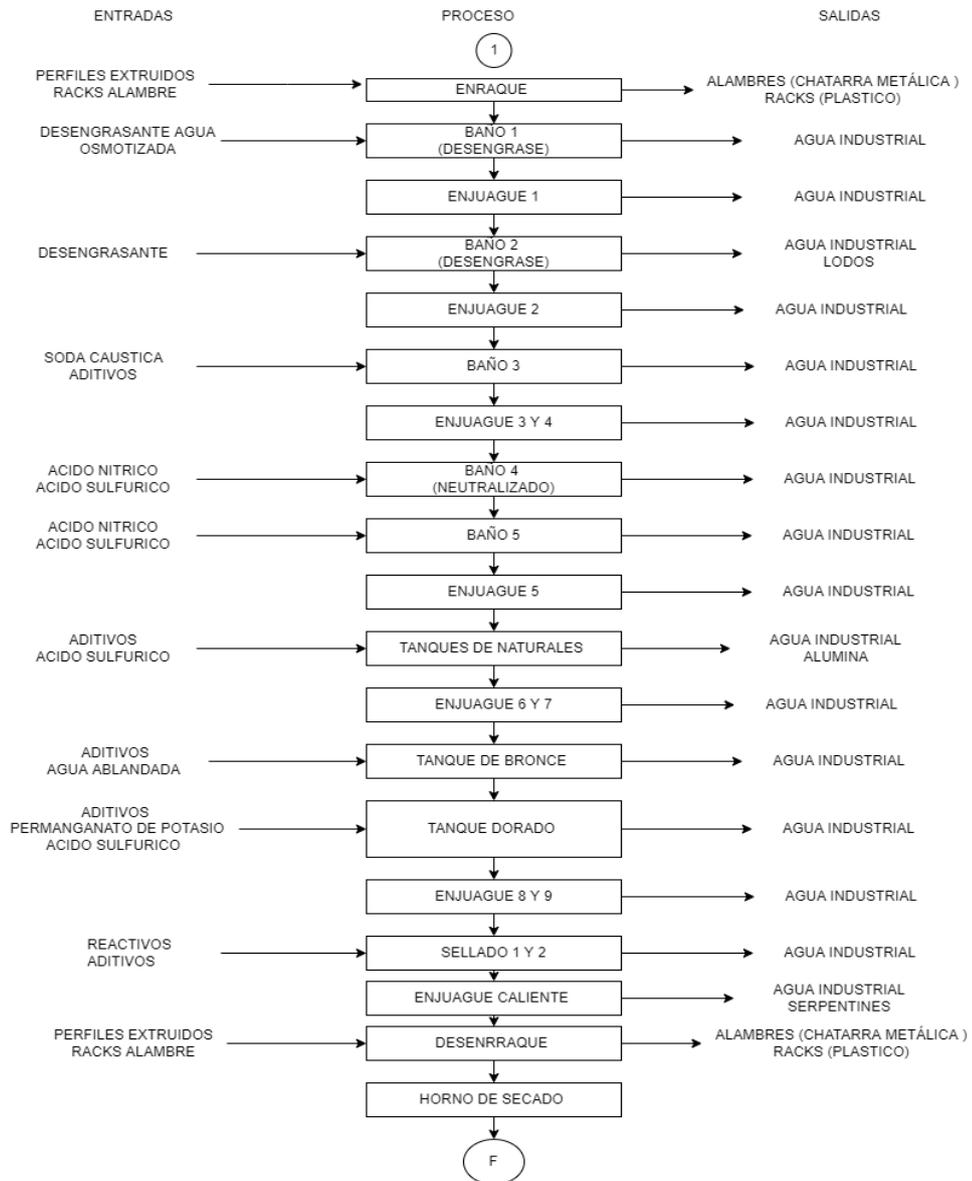
Fuente: CEDAL

Se ahondó en el proceso de anodizado donde inicia la gran mayoría de descargas industriales, siendo este un proceso electroquímico y electrolítico.

Anodizado Electroquímico.- Es un proceso mediante el cual se forma una capa de óxido de aluminio en la superficie del perfil, al cual se le puede impartir diferentes tonalidades utilizando diferentes tamaños de corriente eléctrica, pH de la solución, química, tiempo y sales minerales, la figura 4 representa parte del proceso de anodizado (Extralum, 2009).

Anodizado Electrolytico. - El anodizado es un proceso mediante el cual una película protectora de óxido aparece naturalmente en la superficie del aluminio y sus aleaciones para volverse más espesa. El ánodo es de aluminio y el cátodo suele ser papel de aluminio en la celda electrolítica. Cuando pasa una corriente eléctrica, en lugar de liberar oxígeno en el ánodo como gas, se combina con el aluminio para formar una capa porosa de óxido de aluminio (Extralum, 2009).

Fig. 12. Proceso de Anodizado



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Fuente: CEDAL

Primer objetivo específico

11.3. Prueba CRTIB

Dado que la ley ecuatoriana considera que los lodos son un desecho peligroso, se envían a una prueba CRTIB para excluir niveles peligrosos de lodos; Para ello, el análisis depende de la naturaleza del residuo, nos regimos por las normas oficiales mexicanas aplicables a la

galvanoplastia, tal como se ha aprobado la norma NOM-052-SEMARNAT-2005. Implementación, definiendo las características de los residuos peligrosos, en esta norma, los residuos que se consideran peligrosos se clasifican por actividad y proceso industrial, así como por fuente no especificada, incluyendo el código CRTIB (corrosivos, reactivos, tóxicos, inflamables, biológicos - infecciosos). Donde la mencionada norma, se encuentra correspondiente a Baños de Anodización de Aluminio menciona como clave CRTIB, realizar pruebas de toxicidad.

Es así que cumpliendo con los protocolos de muestreo que exige el laboratorio en que se realizó el servicio, para lo cual se decidió trabajar con Gruntec Environmental Services que cumple con todos los parámetros certificados, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultados análisis CRTIB de lodo de decapado (toxicidad)

PARAMETROS	Resultado Lodo	Valores Límites Permisibles	Cumple
ARSENICO mg/L	<0,005	5	Sí
BARIO mg/L	<0,28	100	Sí
CADMIO mg/L	<0,001	1	Sí
MERCURIO mg/L	<0,001	0,2	Sí
NIQUEL mg/L	<2,1	5	Sí
PLATA mg/L	<0,001	5	Sí
PLOMO mg/L	<0,0015	5	Sí
SELENIO mg/L	<0,01	1	Sí
CROMO mg/L	<0,36	0,5	Si

Fuente: Análisis de laboratorio Gruntec.

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Con base en los resultados obtenidos se puede afirmar el cumplimiento total de todos los criterios analizados con el lodo muestreado, se concluye que el mismo no tiene un carácter tóxico, haciendo referencia a la normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, se lo puede catalogar como un desecho especial.

Con base en los resultados obtenidos según la normativa US-EPA CFR 40 PARTE 503 y la normativa NOM-052-SEMARNAT-2005 son desechos que no son nocivos para la salud

humana ya que se encuentran en los parámetros permisibles y se podría reutilizar este tipo de desechos para materiales de construcción o para otros tipos de uso.

Segundo objetivo específico

11.4. Costos y dosificaciones.

Tabla 11. Costos de producción - Materia prima

Cantidad-Precio de producción				
Ítem	Material	Cant.	Unidad	Costo
1	Lodos secos	1	Kg	\$0,00
2	Cemento	50	Kg	\$7,45
3	Arena	50	Kg	\$1,75
4	Ripio	50	Kg	\$ 1,64
5	Sika	4	Kg	\$6,50
6	Agua		m ³	\$6,00
7	Luz		Kw/h	\$14
8	Molde	10		\$1000
Total				\$1.037,34

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Se puede observar en detalle en la Tabla 10 cada uno de los materiales que se usaron en los prototipos designados como D1, D2, D3, D4 y D5, con las respectivas cantidades unificadas dimensionalmente como kilogramos, a más de determinar el costo total para realizar las dosificaciones, siendo éste \$1036,56.

11.5. Materiales y resultados según Dosificación D1

Tabla 12. Materiales según Dosificación D1 10% de lodo

Ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	0	kg	0%
2	Cemento	6	Kg	32,43%
3	Arena	5	Kg	27,02%
4	Ripio	4	Kg	21,62%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	Kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 12 se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los moldes, se pesó en kg cada uno de los materiales utilizados, es así que se obtiene el porcentaje de lodo empleado en la dosificación siendo esta del 0%,

Se puede recalcar que el resultado final no tuvo ninguna presencia de fisura en su estado físico, ya que esta dosificación representa la muestra base o la dosificación habitual que utilizan para fabricar este tipo de producto, se puede observar el resultado final en la figura 13.

Fig. 13. Fachaleta Resultante con la dosificación D1 %10 Lodo.



Nota. Resultado físico y final.

11.6. Materiales y resultados según Dosificación D2

Tabla 13. Materiales según Dosificación D2 10% de lodo

Ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	2	kg	10,81%
2	Cemento	6	Kg	32,43%
3	Arena	4	Kg	21,62%
4	Ripio	3	Kg	16,21%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 13 se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los moldes, se pesó en kg cada uno de los materiales utilizados, es así que se obtiene el porcentaje de lodo empleado en la dosificación siendo esta del 10,81%,

Se puede recalcar que el resultado final no tuvo ninguna presencia de fisura en su estado físico y se podría considerar que es óptimo la dosificación, pero con el único problema que solo se utilizó una mínima cantidad de lodo, y esta no representa un porcentaje considerable en su reutilización como materia prima, se puede observar el resultado final en la figura 13.

Fig. 14. Fachaleta Resultante con la dosificación D1 %10 Lodo.



Nota. Resultado físico y final.

11.7. Materiales según Dosificación D3

Tabla 14. Materiales según Dosificación D3 20% de lodo

Ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	4	kg	21,62%
2	Cemento	6	Kg	27,62%
3	Arena	3	Kg	16,21%
4	Ripio	2	Kg	10,81%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 14 se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los moldes, se pesó en kg cada uno de los materiales utilizados, es así que se obtiene el porcentaje de lodo empleado en la dosificación siendo esta del 21,62 %,

Se puede recalcar que esta dosificación no tuvo ninguna presencia de fisuras en su estado físico, y representa un porcentaje considerable en la reutilización como materia prima, se puede observar el resultado final en la figura 14.

Fig. 15. Fachaleta Resultante con la dosificación D2 %20 Lodo.



Nota. Resultado físico y final.

11.8. Materiales según Dosificación D4

Tabla 15. Materiales según Dosificación D3 30% de lodo

Ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	6	kg	32,43%
2	Cemento	6	Kg	32,43%
3	Arena	2	Kg	10,81%
4	Ripio	1	Kg	5,40%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los moldes, se pesó en kg cada

uno de los materiales utilizados, es así que se obtiene el % de lodo empleado en la dosificación siendo esta del 32,43%,

Se puede recalcar que el resultado final no tuvo ninguna presencia de fisura en su estado físico, y se podría considerar que de todas las dosificaciones realizadas es la que mayor cantidad de lodo en su composición tiene, se observar el resultado final en la figura 15.

Fig. 16. Fachaleta Resultante con la dosificación D3 30% de Lodo



Nota. Resultado físico y final.

11.9. Materiales según Dosificación D5

Tabla 16. Materiales según Dosificación D5 50% de lodo

ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	9	kg	48,64%
2	Cemento	5	Kg	27,02%
3	Arena	1	Kg	5,40%
4	Ripio	0	Kg	0%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los moldes, se pesó en kg cada

uno de los materiales utilizados, es así que se obtiene el % de lodo empleado en la dosificación siendo esta del 48,64%,

Se puede recalcar que esta concentración no es favorable, ya que se evidencio fisuras en la etapa de secado, y al desmoldar la fachaleta se rompió, es decir que, al aumentar la cantidad de lodo durante el proceso de mezclado, disminuye el endurecimiento y la pérdida de plasticidad del hormigón razón por la cual no tenga una buena resistencia, se observar el resultado final en la figura 16.

Fig. 17 Fachaleta Resultante con la dosificación D4 %50 de Lodo.



Nota. Resultado físico y final.

11.10. Análisis estadístico para definir la mejor dosificación.

A continuación se realizara un análisis estadístico de las 5 dosificaciones utilizadas con la fórmula de la varianza y la desviación estándar, para verificar el nivel de confiabilidad de la mezcla que se asemeje a la dosificación inicial la cual es la mezcla D1 y sea rentable utilizar en el análisis del tercer objetivo del proyecto.

11.11. Análisis estadístico de la dosificación D1.

Materiales	D1
Lodos	0 kg
Cemento	6 kg
Arena	5 kg
Ripio	4 kg
Agua + Sika	3,5kg
Total	18,5kg
N° de Datos	5

Varianza

$$s^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{(0 - 3,7)^2 + (6 - 3,7)^2 + (5 - 3,7)^2 + (4 - 3,7)^2 + (3,5 - 3,7)^2}{5 - 1}$$

$$s^2 = \frac{13,69 + 5,29 + 1,69 + 0,09 + 0,04}{4}$$

Media

$$s^2 = 5,2 \text{ kg}^2$$

D. Estándar

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n = 1Xi}{n}$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 6 + 5 + 4 + 3,5}{5}$$

$$S = \sqrt{5,2 \text{ kg}^2}$$

$$S = 2,28 \text{ kg}$$

$$\bar{x} = 3,7$$

11.12. Análisis estadístico de la dosificación D2.

Materiales	D2
Lodos	2 kg
Cemento	6 kg
Arena	4 kg
Ripio	3 kg
Agua + Sika	3,5kg
Total	18,5kg
N° de Datos	5

Varianza

$$s^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{(2 - 3,7)^2 + (6 - 3,7)^2 + (4 - 3,7)^2 + (3 - 3,7)^2 + (3,5 - 3,7)^2}{5 - 1}$$

$$S^2 = \frac{2,89 + 5,29 + 0,09 + 0,49 + 0,04}{4}$$

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n = 1Xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 6 + 5 + 4 + 3,5}{5}$$

$$\bar{x} = 3,7$$

$$S^2 = 2,2 \text{ kg}^2$$

D. Estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{2,2 \text{ kg}^2}$$

$$S = 1,48 \text{ kg}$$

11.13. Análisis estadístico de la dosificación D3.

Materiales	D3
Lodos	4 kg
Cemento	6 kg
Arena	3 kg
Ripio	2 kg
Agua + Sika	3,5kg
Total	18,5kg
N° de Datos	5

Varianza

$$S^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{(4 - 3,7)^2 + (6 - 3,7)^2 + (3 - 3,7)^2 + (2 - 3,7)^2 + (3,5 - 3,7)^2}{5 - 1}$$

$$S^2 = \frac{0,09 + 5,29 + 0,49 + 2,89 + 0,04}{4}$$

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n = 1Xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 6 + 5 + 4 + 3,5}{5}$$

$$\bar{x} = 3,7$$

$$S^2 = 2,2 \text{ kg}^2$$

D. Estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{2,2 \text{ kg}^2}$$

$$S = 1,48 \text{ kg}$$

11.14. Análisis estadístico de la dosificación D4.

Materiales	D4
Lodos	6 kg
Cemento	6 kg
Arena	2 kg
Ripio	1 kg
Agua + Sika	3,5kg
Total	18,5kg
N° de Datos	5

Varianza

$$S^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{(6 - 3,7)^2 + (6 - 3,7)^2 + (2 - 3,7)^2 + (1 - 3,7)^2 + (3,5 - 3,7)^2}{5 - 1}$$

$$S^2 = \frac{5,29 + 5,29 + 2,89 + 7,29 + 0,04}{4}$$

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n = 1Xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 6 + 5 + 4 + 3,5}{5}$$

$$\bar{x} = 3,7$$

$$S^2 = 5,2 \text{ kg}^2$$

D. Estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{5,2 \text{ kg}^2}$$

$$S = 2,2 \text{ kg}$$

11.15. Análisis estadístico de la dosificación D5.

Materiales	D4
Lodos	9 kg
Cemento	6 kg
Arena	0 kg
Ripio	0 kg
Agua + Sika	3,5kg
Total	18,5kg
N° de Datos	5

Varianza

$$S^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{(9 - 3,7)^2 + (6 - 3,7)^2 + (0 - 3,7)^2 + (0 - 3,7)^2 + (3,5 - 3,7)^2}{5 - 1}$$

$$S^2 = \frac{28,09 + 5,29 + 13,69 + 13,69 + 0,04}{4}$$

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n = 1Xi}{n}$$

$$S^2 = 15,2 \text{ kg}^2$$

D. Estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{15,2 \text{ kg}^2}$$

$$S = 3,89 \text{ kg}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 6 + 5 + 4 + 3,5}{5}$$

$$\bar{x} = 3,7$$

Valor de z estadística para nivel de confianza.

Tabla 17 valor z para nivel de confianza

Nivel de confianza	Nivel de significancia	Z
0,9	0,1	1,64
0,91	0,09	1,70
0,92	0,08	1,75
0,93	0,07	1,81
0,94	0,06	1,88
0,95	0,05	1,96
0,96	0,04	2,05
0,97	0,03	2,17
0,98	0,02	2,33
0,99	0,01	2,58

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Con los anteriores resultados analizados se puede verificar que la dosificación D4 tiene un nivel de confianza de 97% a 98%, que es similar a la dosificación D1 la cual es la mezcla habitual en la elaboración de estas piedras decorativas, por esta razón se plantea que la dosificación con el 30%(D4) es la indicada para realizar los análisis del tercer objetivo específico del proyecto.

En la dosificación D2 Y D3 tiene un porcentaje de confiabilidad menor del 90% por tal razón no son óptimas en la reutilización de lodo, a diferencia de la dosificación D5 la cual supera los rangos de confiabilidad planteados y por los resultados físicos principalmente analizados no es recomendable realizar el análisis con esta dosificación.

10.3. Análisis estadísticos de las dosificaciones con lodo

El siguiente cuadro nos permite aceptar o rechazar la hipótesis, con la comparación entre medias o tratamientos, el cual el único dato que tiene significancia es la interacción de los lodos, ya que posee un signo menor que en el p-valor (<0.0001) y las demás interacciones no son significativos ya que no hay diferencia estadística para repeticiones.

Tabla 18 Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Repeticiones	39,88	2	19,94	1,38	0,2554
Lodo	16476,16	4	4119,04	285,42	<0.0001
Moldes	147,67	6	24,61	1,71	0,1261
Lodo*Moldes	315,43	24	13,14	0,91	0,5874
Error	1630,79	113	14,43		
Total	20074,94	149			

CV= 34,6%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la Tabla 19, se observa la comparación de rangos para la determinación de la mejor dosificación en la incorporación de lodos en la mezcla, aplicando la prueba de Tukey. Se toma en cuenta que el tratamiento L1 es el punto cero o la base de comparación para el análisis de las distintas dosificaciones ya que esta no posee lodo en su estructura y es la mezcla que habitualmente se usa en la fabricación, como factor de comparación fue el número de fisuras que se poseían cada uno de las fachaletas, estadísticamente los porcentajes de lodo que ingresan en las mezclas, sean determinado que el tratamiento L4 es la que menor fisuras posee y la que mayor cantidad de lodo tiene en su composición, después le sigue el tratamiento L3 y L2, y en el caso de la peor dosificación fue el tratamiento L5 ya que tiene más fisuras en la composición físicas de las fachaletas.

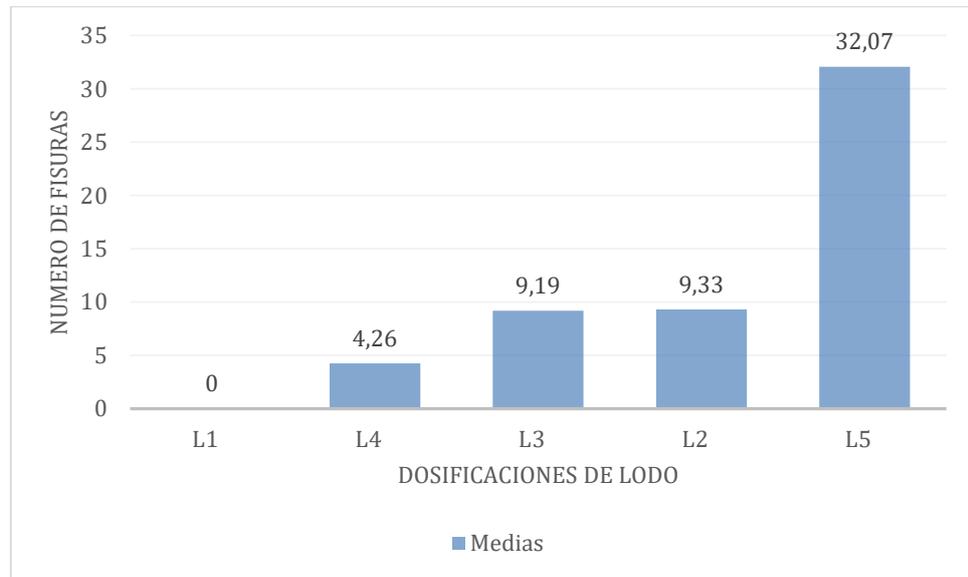
Tabla 19 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en las dosificaciones de lodo

Lodo	Medias			
L1	0	A		
L4	4,26		B	
L3	9,19			C
L2	9,33			C
L5	32,07			D

Nota: Las medias con letras A Y B indican que no hay diferencia significativa entre sí al nivel de significancia.

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Fig. 18 Cantidad de lodo que ingresa en los distintos tratamientos.



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

10.4. Análisis de los tipos de moldes

En la Tabla 20, se observa la comparación de rangos entre los tipos de moldes empleados, sin embargo al no poseer una diferencia estadística no se puede realizar un análisis con esta variable ya que no es significativo.

Tabla 20 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en los tipos de moldes

Moldes	Medias			
3,2	9,63	A		
0,6	9,73	A	B	
0,82	10,73	A	B	C
7,5	11,1	A	B	C
0,76	11,27	A	B	C
10	12,07		B	C
1,74	12,27			C

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

10.5. Análisis de Aceptación

El siguiente cuadro nos permite analizar las siguientes variables si es posible realizar un análisis de aprobación.

Tabla 21 Cuadro de Análisis de aceptación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repeticiones		0	2	0	0 >0.9999
Lodo		0	4	0	0 >0.9999
Moldes		159	6	26,5	18,15 <0.0001
Lodo*Moldes		0	24	0	0 >0.9999
Error		165	113	1,46	
Total		324	149		

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la Tabla 21. Se puede observar que todos los datos son iguales en el p-valor y el único valor que tiene una diferencia es la variable de los moldes.

10.6. Análisis de Aceptación de los tratamientos de los lodos.

Tabla 22 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la aceptación de los lodos

Lodo	Medias	
L5	2,57	A
L4	2,57	A
L3	2,57	A
L2	2,57	A
L1	2,57	A

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la siguiente tabla se analiza que todos los tratamientos de lodo tienen el mismo valor y no tiene diferencia, todos son iguales.

10.7. Análisis de Aceptación de los tipos de moldes.

En la siguiente tabla se puede determinar el número de aceptación de las personas en el tema del diseño de cada molde, con una escala del 1 al 5 de las cuales son : 5 Absolutamente satisfecho, 4 ligeramente satisfecho, 3 medianamente satisfecho, 2 nada satisfecho o 1 extremadamente nada satisfecho.

Tabla 23 Prueba de Tukey, para la comparación de rangos en la aceptación de los moldes

Moldes	Medias				
10	1	D			
0,82	1	D			
0,76	2		C		
7,5	3			B	
3,2	3,5			B	A
1,74	3,5			B	A
0,6	4				A

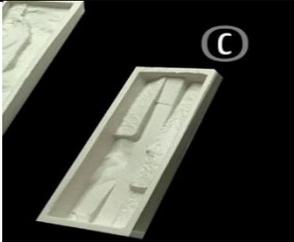
Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 23. se puede analizar que la mejor aceptación de las personas en la opinión de la forma o modelo del molde es el modelo que tiene un volumen de 0,6 kg, y esta ordenado de forma descendente siendo que la peor aceptación tiene es la que posee un volumen de 10kg y la de 0,82kg.

10.8. Tipos de moldes

En esta tabla se indica los diferentes moldes que se usaron para las distintas dosificaciones, la cual contiene las dimensiones, áreas, profundidades, volúmenes y el peso de la fachaleta al desmoldar. La cual nos permite hallar la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, si ingresa 18.5kg de materia prima a la mezcla y se divide por el peso de la fachaleta terminada de 0,6kg se determina que saldrían 30 fachaletas, con este razonamiento se realizaría el número de fachaletas con cada uno los moldes y cuantas fachaletas se necesita para completar una pared de 4m².

Tabla 24. Tipo de moldes

Nombres	Dimensiones	Área	Profundidad	Volumen	Peso de la fachaleta	N° de fachaletas	N° de fachaletas a 4m ² .	Costo
 Molde 1	30x10 cm	300 cm ²	3 cm	600g	0,6kg	30	133 piezas	\$28,9
 Molde 2	29,5 x 29,5cm	870,25 cm ²	3 cm	1740,5g	1,74 kg	10	46	\$28,9
 Molde 3	40 x 40 cm	1600 cm ²	3 cm	3,200g	3,2kg	5	25	\$28,9

Nombres	Dimensiones	Área	Profundidad	Volumen	Peso de la fachaleta	N° de fachaletas	N° de fachaletas a 4m ² .	Costo
 Molde 4	40 x 40 cm	1600 cm ²	3 cm	3,200g	3,2kg	5	25	\$28,9
 Molde 5	50 x 50 cm	2500 cm ²	5 cm	10000g	10kg	1	16	\$ 46,24
 Molde 6	Lados de 10cm. Apotema 8,5cm Dimensión 17cm	255 cm ²	4cm	1,040g	1,04kg	17	156	\$ 57,8
 Molde 7	Lados de 10cm. Apotema 8,5cm Dimensión 17cm	255 cm ²	3cm	765g	0,76kg	24	156	\$40,46
 Molde 8	24 x 17 cm	408m ²	2cm	816g	0,816	22	98	\$ 28,9

Nombres	Dimensiones	Área	Profundidad	Volumen	Peso de la fachaleta	N° de fachaletas	N° de fachaletas a 4m ² .	Costo
 Molde 9	50 x 50 cm	2500 cm ²	3cm	7500g	7,5kg	2	16	\$ 46,24
 Molde 10	50 x 50 cm	2500 cm ²	3cm	7500g	7,5kg	2	16	\$ 46,24

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Tercer objetivo específico

10.9. Balance de masa y Punto de equilibrio

Cálculo del balance de masa

Para el Balance de Masa de la fabricación de las fachaletas se toma en cuenta los datos del ingreso de la materia prima, como las horas de trabajo y analizamos el porcentaje de desperdicio, pérdida y eficiencia, con ello se procede a valorar el rendimiento de cada material, en la tabla 25 se representa las cantidades de materiales de la dosificación D4 30%, la cual es la dosificación óptima para la producción.

Tabla 25. Datos para el Balance de Masa

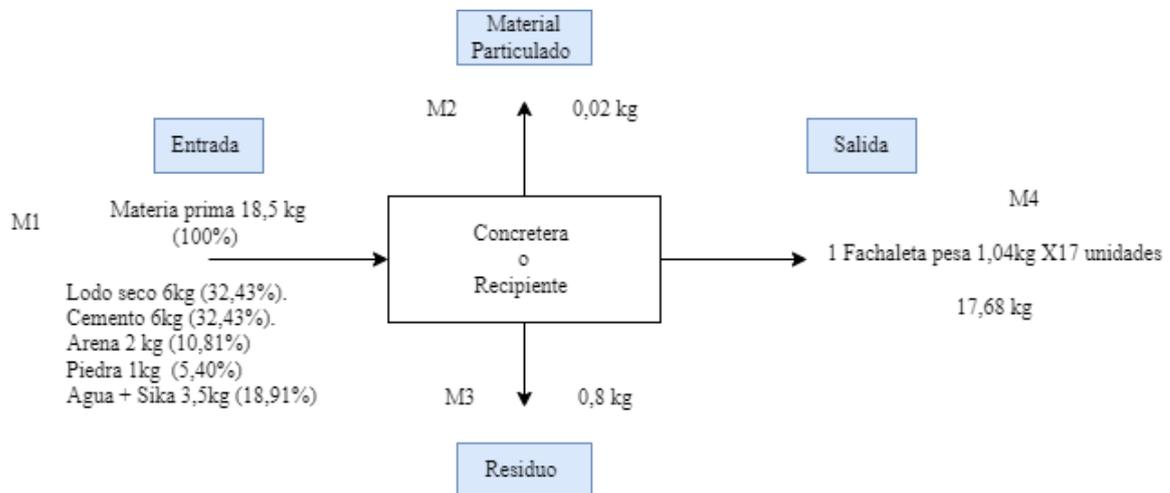
Ítem	Material	Peso	Unidad	%
1	Lodos secos	6	kg	32,43%
2	Cemento	6	Kg	32,43%
3	Arena	2	Kg	10,81%
4	Ripio	1	Kg	5,40%
5	Sika + Agua	3,5	Kg	18,91%
TOTAL		18,5	kg	100%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Diagrama de Balance de Materia

Se presenta en la figura 20 las masas que entran y salen en el Diagrama de Balance para la producción de las fachaletas.

Fig. 19. Diagrama de Balance de Masa



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

- Cálculo del porcentaje de residuo.

$$\% \text{Residuo} = \frac{M3}{M1} * 100$$

$$\% \text{Residuo} = \frac{0,8kg}{18,5kg} * 100\% = 4,32\%$$

Para realizar el cálculo se toma en cuenta el peso del residuo (M3), dividiéndolo con el peso total de la materia prima (M1) y luego multiplicándolo por 100%, en este caso fue de 0,8 kg el residuo y se divide con el peso total que es de 18,5kg, obteniendo el resultado de 4,32%, el cual no representa una gran pérdida de material.

- Cálculo del porcentaje de pérdida.

$$\% \text{Pérdida} = \frac{M2}{M1} * 100$$

$$\% \text{Pérdida} = \frac{0,02kg}{18,5kg} * 100\% = 0,11\%$$

Para realizar el cálculo se toma en cuenta el peso de la pérdida (M2), dividiéndolo con el peso total de la materia prima (M1) y luego multiplicándolo por 100%, en este caso fue de 0,02 kg la pérdida y se divide con el peso total que es de 18,5kg, obteniendo el resultado de 0,11%, como se indica en el resultado existe un pequeño déficit en la mezcla que entra con respecto a la masa que sale.

- Cálculo del porcentaje de Eficacia

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{M4}{M1} * 100$$

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{17,68 \text{ kg}}{18,5 \text{ kg}} * 100\% = 95,56\%$$

Para realizar el cálculo se toma en cuenta el peso de la salida (M4), dividiéndolo con el peso total de la materia prima (M1) y luego multiplicándolo por 100%, en este caso fue de 17,68 kg la salida y se divide con el peso total que es de 18,5kg, obteniendo el resultado de 95,56 % que representa más del 90% de eficiencia en el consumo de la materia prima.

- Balance global

$$\text{Balance Global} = M2 + M3 + M4 = M1$$

$$\text{Balance Global} = 0,02 \text{Kg} + 0,8 \text{Kg} + 17,68 \text{Kg} = 18,5 \text{Kg}$$

$$\text{Balance Global} = 18,5 \text{Kg} = 18,5 \text{Kg}$$

- Balance global de porcentajes

$$\text{Balance Global} = 0,11\% + 4,32\% + 95,56\% = 100\%$$

$$\text{Balance Global} = 99,99\% = 100\%$$

Para realizar el cálculo se toma en cuenta el peso de salida (M4) sumándolo con el peso de la pérdida (M2) y también sumando el peso del residuo (M3) y se compara con el peso total (M1), obteniendo las mismas cantidades de ingreso como de salida, y de igual manera el balance global de porcentajes dándonos un resultado del 99,99%.

- N° de fachaletas fabricadas por un turno de trabajo

$$17,68 = \frac{kg}{h} = \frac{8h}{\text{Turno}} * \frac{1 \text{ Turno}}{\text{Día}} = 141.44kg/Día$$

$$N^{\circ} \text{ de fachaletas al día} = \frac{141.44 \text{ Kg/Día}}{1,04 \text{ kg}} = 136 \text{ fachaletas}$$

Para realizar el cálculo se toma en cuenta el peso de salida (M4) que es de 17,68 kg, se multiplica con las horas que tiene un turno de trabajo, que en este caso el turno de trabajo es de 8 horas y se lo relaciona con los números de turnos de trabajo que tiene en el día, en este caso solo se considerara un solo turno de trabajo, dándonos un resultado de 141.44kg/día, obteniendo el resultado de producción al día se debe de dividir por el peso de cada fachaleta en este caso es 104kg, dándonos el total de fachaletas fabricadas al día de 136 unidades.

Rendimiento de los materiales

18,5 kg total

6 kg de lodo / $X_L = 0,32 \text{ Kg}_L / \text{Kg}_T$ (1:1)

6 kg de cemento / $X_L = 0,32 \text{ Kg}_C / \text{Kg}_T$ (1:1)

2 kg de Arena / $X_L = 0,108 \text{ Kg}_A / \text{Kg}_T$ (3:1)

1kg de Ripio / $X_L = 0,054 \text{ Kg}_R / \text{Kg}_T$ (6:1)

3,5kg de Agua + Sika / $X_L = 0,32 \text{ Kg}_{AS} / \text{Kg}_T$ (0,542:1)

- Formulas

$$n_a (m_{entrada} * x_a^{entrada}) = G_a$$

n = es el rendimiento expresado tanto por uno a.

m_1 = es el caudal de entrada.

x = es la fracción másica de a de entrada.

G = es la generación de la especie química a

La ecuación se debe de despejar y remplazar los términos como se muestra a continuación:

$$\frac{\mathbf{GAS}}{(0,189)(0)} = \frac{\mathbf{GP}}{(0,054)(0)} = \frac{\mathbf{GA}}{(0,108)(0)} = \frac{\mathbf{GC}}{(0,32)(1)} = \frac{\mathbf{GL}}{(0,32)(1)}$$

Rendimiento de la piedra

$$\frac{\mathbf{GP}}{(0,054)(1)} = \frac{\mathbf{GL}}{(0,32)(6)}$$

$$\mathbf{GP} = \frac{\mathbf{GL} * (0,054)}{1,92}$$

$$\mathbf{GP} = \mathbf{GL} * (0,028)$$

$$\mathbf{nP} (m1 * xP) = \mathbf{GP}$$

$$\mathbf{nP} = \frac{\mathbf{GP}}{m1 * xP} = \mathbf{nP} = \frac{10,028 * (6)}{(18,5) * (0,054)} = 16,8\%$$

Rendimiento de la Arena

$$\frac{\mathbf{GA}}{(0,108)(1)} = \frac{\mathbf{GL}}{(0,32)(3)}$$

$$\mathbf{GA} = \frac{\mathbf{GL} * (0,108)}{0,96}$$

$$\mathbf{GA} = \mathbf{GL} * (0,1125)$$

$$\mathbf{nA} (m1 * xA) = \mathbf{GA}$$

$$\mathbf{nA} = \frac{\mathbf{GA}}{m1 * xA} = \mathbf{nA} = \frac{0,1125 * (6)}{(18,5) * (0,054)} = 33,78\%$$

Rendimiento del Agua + Sika

$$\frac{\mathbf{GAS}}{(0,189)(0,542)} = \frac{\mathbf{GL}}{(0,32)(1)}$$

$$\mathbf{GAS} = \frac{\mathbf{GL} * (0,1024)}{0,32}$$

$$\mathbf{GAS} = \mathbf{GL} * (0,32)$$

$$\mathbf{nAS} (m1 * xAS) = \mathbf{GAS}$$

$$\mathbf{nAS} = \frac{\mathbf{GAS}}{m1 * xAS} = \mathbf{nAS} = \frac{0,32 * (6)}{(18,5) * (0,108)} = 96\%$$

Rendimiento del Cemento

$$\frac{GC}{(0,32)(1)} = \frac{GL}{(0,32)(1)}$$

$$GC = \frac{GL * (0,32)}{0,32}$$

$$GC = GL * (1)$$

$$nC (m1 * xC) = GC$$

$$nC = \frac{GC}{m1 * xC} = nC = \frac{1 * (6)}{(18,5) * (0,32)} = 99\%$$

Rendimiento de los lodos

$$nl (m1 * xl) = Gl$$

$$nl = \frac{Gl}{m1 * xl} = nl = \frac{1 * (6)}{(18,5) * (0,32)} = 99\%$$

Se obtiene los porcentajes de rendimiento de cada uno de los materiales con la relación de la cantidad de lodo que se coloca en la mezcla, el cual los porcentajes obtenidos de cada material se encuentran dentro de un rango aceptable, habiendo que el único porcentaje que se encuentra menos del 25% es la utilización de la piedra en la mezcla, siendo esta del 16,8%, la se podría aumentar la cantidad de piedra en la mezcla para aumentar el % de rendimiento.

11.16. Cálculo del punto de equilibrio.

El objetivo principal de realizar el punto de equilibrio en la producción de las fachaletas, es el análisis de la rentabilidad del número mínimo de unidades que se necesita vender para que el beneficio en ese momento sea cero. Es decir, cuando los costos totales igualan a los ingresos totales por venta.

En la tabla 26 presenta la dosificación que se empleó con la muestra D4, por lo que se tiene en detalle el precio de producción y el precio unitario de cada uno de los materiales,

resultando un gastó total de \$5,78 para producir las 17 fachaletas con el 30% de lodos, la cual se considera como costos variables.

Tabla 26. Costos Unitarios

Precios Unitarios por hora de producción				
Ítem	Material	Cant.	Unidad	Costo
1	Lodo seco	6	Kg	\$0
2	Cemento	6	Kg	\$0,90
3	Arena	6	Kg	\$0,21
4	Ripio	1	Kg	\$0,033
5	Sika	0,5	Kg	\$0,81
6	Agua	3	Kg (m ³)	\$0,20
7	Luz eléctrica	1	Kw/h	\$0,09
				\$1,77
8	Mano de obra	2personas	1hora	+1,77
Total				\$5,78

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 27 se detalla los costos fijos que son aquellos cuyos costos serán asumidos por la empresa de manera constante así no se produzca o distribuye, los cuales se promedió según los gastos de servicios básicos, mano de obra y pagos de funcionamiento que se consideró como otros gastos, obteniendo un total de \$14.440,00 anuales, estas cantidades son aproximados a lo real.

Tabla 27. Costos Fijos

Costos Fijos mensuales			Costos Fijos anuales		
Ítem	Material	Costos	Ítem	Material	Costos
1	Agua	\$6,00	1	Agua	\$72,00
2	Luz	\$14,00	2	Luz	\$168,00
4	Otros gastos	\$0	4	Otros gastos	\$1.000,00
3	Mano de obra	\$550	3	Mano de obra	\$13.200,00
Total		\$1445	Total		\$14.440,00

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

En la tabla 28 se detalla los costos de venta de las fábricas dedicadas a la producción de piedras decorativas o Fachaletas, y comparamos el costo que designamos a nuestras fachaletas el cual es el doble de los costos variables dándonos \$ 13.

Tabla 28. Comparación de costos

Costos de la competencia 4 m2	Costos de nuestra fachaleta 4m2
\$48	\$ 35

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

Cálculo del punto de equilibrio.

$$Qf = \frac{Cf}{P - CV}$$

CF= Costos Fijos

CV= Costos Variables

P= Precio de Venta

Tabla 29. Punto de equilibrio

Costos Fijos	\$ 14.440,00
Precio	\$ 35,00
Costos Variables	\$ 5,78
utilidades	\$ 0

Punto de equilibrio Q	494
Punto de equilibrio \$	\$ 17.296,37

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

$$Qf = \frac{15420}{13 - 6,1}$$

$Qf = 2209$ Paquetes de 17 fachaletas anuales

$$Q\$ = Qf * P$$

$$Q\$ = 2209 * 13 = \$ 28.713,04$$

$$Qf = \frac{14440}{35 - 5,78}$$

$$Qf = 494 \text{ Paquetes de 25 piezas por } 4m^2$$

$$494 * 25 = 12,350 \text{ fachaletas se debe de fabricar al año}$$

$$Q\$ = Qf * P$$

$$Q\$ = 494 * 35 = \$ 17.296,37$$

En la tabla 22 se representa el resultado del punto de equilibrio la cual nos dice que se debe de vender 494 paquetes anuales, es decir vender 17.296,37 para recuperar lo invertido y si vendemos más de lo determinado en el punto de equilibrio en el año eso se considerara como ganancias.

10.10. VAN Y TIR

A continuación se realizara un análisis financiero con la implementación del VAN y TIR, para comprobar si es factible o no invertir en este tipo de proyectos, y cuál expresar la mínima tasa de interés que se puede ofrecer.

Tabla 30 Análisis de resultados del VAN Y TIR en el periodo de 5 años.

Datos	16277,45							
Inversión	1550						Tasa de descuento 10,00%	
Tipo de producto	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN	TIR
Inversión 1	\$ -16.277,45	\$12.500,00	\$10.000,00	\$8.700,00	\$7.500,00	\$2.100,00	16313,62	54%
Inversión 2	\$ -16.277,45	\$8.500,00	\$5.000,00	\$4.000,00	\$1.000,00	\$ 500,00	-419,21	8%

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

El valor actual neto de la inversión N°1 en este momento es 16.313,62 dólares. Como es positiva, conviene que realicemos la inversión.

El valor actual neto de la inversión N°2 en este momento es -419,21 dólares. Como es Negativo, no conviene que realicemos la inversión.

Tabla 31 Diferentes tasas de descuento

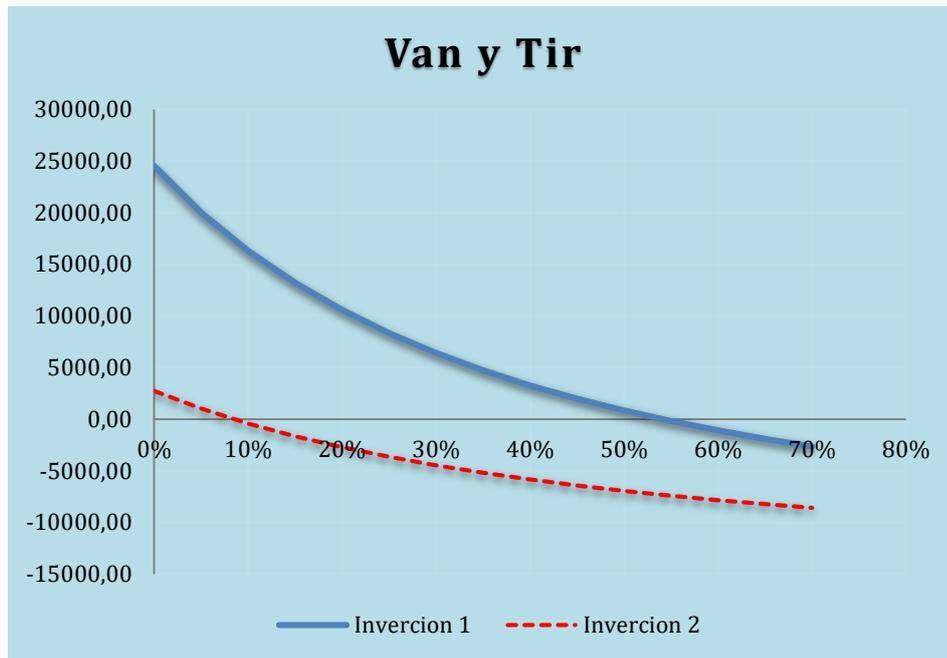
Tasa de descuento	Valor actual neto	
	Inversión 1	Inversión 2
0%	24522,55	2722,55
5%	20028,67	1022,75
10%	16313,62	-419,21
15%	13206,16	-1655,02
20%	10579,22	-2723,89
25%	8337,08	-3656,01
30%	6406,59	-4474,95
35%	4731,16	-5199,33
40%	3266,49	-5844,00
45%	1977,49	-6420,97
50%	836,13	-6940,00
55%	-180,23	-7409,13
60%	-1090,00	-7834,99
65%	-1908,29	-8223,14
70%	-2647,61	-8578,23

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

La inversión N°1 podemos resolver y resulta que la TIR es Mayor al 10%, es decir una rentabilidad o tasa interna de retorno del 54%.

La inversión N°2 podemos resolver y resulta que la TIR es Menor al 10%, es decir una rentabilidad o tasa interna de retorno del 8%, la cual no es rentable.

Fig. 20. Comparación de la inversión 1 como la inversión 2



Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

10.11. Validación de las preguntas científicas o hipótesis

En función a los resultados obtenidos en los diferentes ensayos o dosificaciones realizados en esta investigación se pudo confirmar la hipótesis planteada anteriormente, verificando que si se puede fabricar fachaletas mezclando concreto con lodo seco del proceso de anodizado. La hipótesis que se planteó y se comprueba de manera que, realizando la optimización mediante metodología del balance de masa y el análisis estadístico, se verifica que la concentración del 32,43% de lodo para la fabricación es la más adecuada.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Impactos técnicos

En la reutilización de los lodos generados de las plantas de tratamiento, se impulsará y se capacitará a las empresas como a la ciudadanía en la implementación de los lodos como materia prima enfocado para la construcción que suelen ser viables económicos. Una desventaja

de la tecnología de la reutilización de los lodos es la percepción de las industrias, quienes están acostumbrados a disponer estos desechos en rellenos sanitarios, y se olvidan de sus efectos socio-ambientales.

11.2. Impactos sociales

La inclusión de las empresas que desean reutilizar los lodos de las plantas de tratamiento como materia prima, generara empleo para la población como también el ingreso económico, las personas podrán innovar nuevas tecnologías en el uso de los lodos como material de construcción, por esta razón se ha llevado a cabo la exhibición de la fachaletas en diferentes casas abiertas organizadas por el GAD provincial, como el GAD Municipal y otras organizaciones.

11.3. Impactos ambientales

Todos los esfuerzos de conservación del medio natural a más de las implicaciones económicas, tiene su fin ambiental proponer estrategias de prevención, correctoras, compensatorias de acuerdo a los impactos que se requiere mitigarlos para de esa manera asegurar el uso adecuado en la disposición final de los lodos, lo que conlleva una disminución importante en los efectos negativos en el ambiente como es la degradación de los suelos y la contaminación de cuerpos de agua.

11.4. Impactos económicos

Se reduce los costos de las empresas por la disposición final que le dan a los lodos, y se crea una nueva área de producción que brindara fuentes de trabajo para la población, así mismo se brindara costos más bajos y altos estándares de calidad para su distribución, generando utilidades económicas que ayudaran a actividades productivas sostenibles.

12. PRESUPUESTO

Tabla 32. Presupuesto

Ítem	Material	Cant.	Unidad	Costo
1	Lodos secos	1	Kg	\$0,00
2	Cemento	50	Kg	\$7,45
3	Arena	50	Kg	\$1,50
4	Ripio	50	Kg	\$ 2,00
5	Sika	4	Kg	\$6,50
6	Agua	7	Kg	\$6,00
7	Luz			\$14
8	Molde	10		\$1000
9	Prueba CRTIB			\$500
Total				\$1.537,45

Elaborado: (León, L. & Viera, G., 2022).

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- Los lodos del proceso de anodizado en la legislación ecuatoriana se considera al lodo un residuo peligroso, por esta razón se envió a realizar una prueba CRTIB o muestra de lixiviado de desecho sólido a un laboratorio acreditado para descartar la peligrosidad de los lodos; para ello, el análisis se basó en la caracterización de los residuos, rigiéndonos a la normativa oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, con base en los resultados obtenidos se lo puede catalogar según la normativa como un desecho especial y se concluye que el mismo no tiene un carácter tóxico.
- Se determinó que la dosificación D3 y D4 fueron las más óptimas para la elaboración de fachaletas, dando resultados positivos en el estado físico sin demostrar alguna fisura en su composición, utilizando en sus dosificaciones las siguientes composiciones: (Dosificación D3) 21,62% lodo, 32,43% cemento, 16,21% arena, 10,81% ripio, y 18,91% agua + Sika, y la (Dosificación D4) 32,43% lodo, 32,43% cemento, 10,81%

arena, 5,40% ripio, y 18,91% agua + Sika, siendo esta composición la que más lodo se implementó en la mezcla, las alternativas presentadas en esta investigación para la reutilización de lodos, se obtuvo resultados positivos por lo cual si se puede utilizar el lodo como material agregado para fachaletas.

- De acuerdo con los cálculos del Balance de Masa que se realizó, el porcentaje de pérdida es de 0,11% y el residuo es de 4,32 %, es decir del total de la masa que ingresa en la mezcla solo el 4,43% se pierde, y con ello se estaría trabajando con una eficiencia del 95,56%, por lo tanto el proceso es eficiente, en el rendimiento de los materiales se obtuvo las siguientes porcentajes: la piedra obtuvo 16,8%, la arena 33,48%, el agua + Sika 96%, el cemento 99% y el lodo 99%, las cuales son promedios mayores que el 15% y son óptimas en su utilización, y se concluye que en el punto de equilibrio si esta producción saldría a la venta es necesario comercializar 2209 paquetes de 17 fachaletas anuales para no obtener pérdidas algunas.

13.2. Recomendaciones

- Utilizar la información de la presente investigación como línea base para el desarrollo de otras alternativas para el reúso de lodos como agregados para materiales decorativos o de construcción, o realizar pruebas mecánicas a los materiales finales debido a las grandes ventajas que puede ofrecer los residuos antes mencionados.
- Para lograr estos objetivos, se recomienda iniciar con el aprovechamiento de lodos también en plantas medianas, con capacidades desde los 200 l/s hasta 1,000 l/s.
- Realizar un manual donde se observe el flujo de proceso y diagramas de balance de masa; para ver cómo está estructurado el proceso de producción y allí constar los tiempos en lo que cada subproceso debería demorarse y la cantidad que se desperdicia

en cada subproceso para tener más cuidado con ello y reducir la contaminación al medio ambiente.

- Se sugiere que a la empresa CEDAL continúe con este tipo de investigaciones, ya que existen algunas opciones para la recuperación de lodos, y se deja planteada la probabilidad de continuar con estos proyectos y generando un vínculo entre la academia y la industria para futuras investigaciones.
- Se recomienda remplazar el granzón por piedra pómez como material agregado para analizar los cambios físicos que se podría evidenciar en la experimentación.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, L. (2009). *Contaminación Ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos*. México.
- Alcántar, G. H. (2007). Elaboración de vitrocerámicos a partir de cenizas de activados y residuos de anodizado.
- Aleman, J. P. (2018). *Aprovechamiento De Lodos Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Municipio De Funza, Como Insumo De Cultivo Y Mejoramiento Del Suelo*. Bogotá.
- Chavez, & Fiderman. (2007). *Reciclaje de lodos de plantas de anodizado como materia prima en la elaboración de cerámicas refractarias*. Colombia: Universidad del Valle.
- Comisión Ambiental Metropolitana GTZ TUV ARGE - MEX. (1998). *Manual de Minimización, Tratamiento y Disposición; Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el giro de la galvanoplastia*. México.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2000). *Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial*. Santiago, Chile.
- CONDORCHEM. (2012). Vertido cero en líneas de pretratamiento a pintura mediante técnicas de evaporación. España.
- Díaz, A. A., Lorenzo, E. V., & Venta, M. B. (2014). *Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones*.
- Drozda, T. M., & Charles, W. (1998). *Tool and manufacturing engineers handbook: Forming*. Michigan: SME.
- EPA/SEDESOL. (1993). *La Minimización de Residuos en la Industria del Acabado de Metales*. California.
- EXTRALUM . (2009). Proceso de Anodizado de perfiles de aluminio. San José, Costa Rica.
- Extralum. (2009). *Proceso de anodizado de perfiles de aluminio*. Costa Rica: Extralum.
- Férrnandez Conesa, V. (1996). *Instrumentos de la Gestión Ambiental en la Empresa*. Madrid: Mundi Prensa.
- Flores J, L. M. (1995). *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente*. México.
- Fundación Proyecto PARIA. (2007). *Contaminación ambiental, Manejo de desechos sólidos*. Caracas: Letras para la vida.

- FUNDES. (2001). *Guía de Buenas Prácticas para el sector Galvanotécnica*. Colombia.
- García, R. L. (2015). *Balances de masa y energía*. Universidad Técnica de Pereira.
- Herrera, C. (2007). *Plan de Manejo de Residuos Sólidos*. Chile.
- Iranzo, C. (2003). *Procedimiento de fabricación de sulfato de aluminio y sus derivados a partir de lodos de hidróxidos de aluminio procedentes de las plantas de anodizado*. España: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- Lara Melo, R. (2006). Sistema Integral de recolección, separación, manejo y disposición final de residuos sólidos. *Seminario*. Latacunga.
- Lizarbe, R. (1964). *Oxidación anódica, coloración y sellado del aluminio*. Madrid : Grafimad.S.A.
- Macías, J. G. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales*. Guadalajara, Jalisco.
- McCann. (2000). Metalurgia y Metalistería. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo* (pág. 66).
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO . (2009). *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de tratamiento de superficies metálicas y plásticas*. España.
- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI, Calidad Ambiental, Anexo VI. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Ecuador .
- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI: Calidad Ambiental, Anexo I. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Ecuador.
- ONU, O. P. (14 de 05 de 2012). *System of Environmental-Economic Accounting 2012*. Obtenido de Experimental Ecosystem Accounting: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_eea_final_en_1.pdf?fbclid=IwAR2BiGyeU0DQuvKh3oX544XwrWDbb9O6GoWlnb3dqMz5cfx3r4qUqvLtfQ4
- ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2008). Manual de producción más limpia.

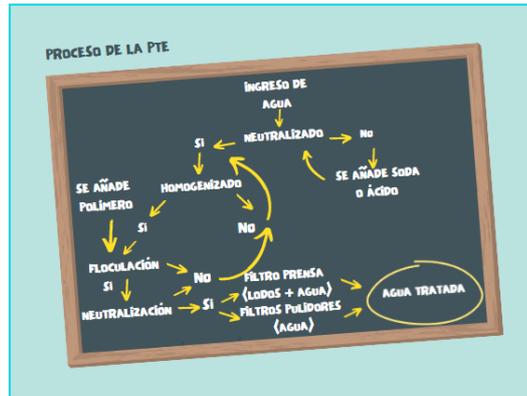
- Ortiz Vargas, G. (2004). *Punto de equilibrio*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/30/epe.htm>
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. España: Reverté.
- Ribera, J., & Bosch, F. (2006). Manual de minimización y buenas prácticas en el sector de Galvanotecnia. (pág. 126). España: AIMME.
- Rubin, R. L. (2010). Estadística para Administración y Economía. En R. Levin, & D. Rubin, *Estadística para Administración y Economía*. México: Pearson.
- Salazar Doreen, B. (2003). *Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos*. El Salvador: AIDIS.
- Satti, P. S. (2015). *Metodos de Análisis de lodos, tratamiento, disposicion y uso*.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2012). Producción Más Limpia., (pág. 48). Argentina.
- SEMARNAT. (1993). Normas Oficial Mexicana. *NOM-052-SEMARNAT-1993*. Mexico: Uninet.
- SIDASA. (2011). *Tratamiento de Aguas*. España.
- Sosa, A. (2006). *Planes de Manejo Sustentables*. GEMI.
- Tchobanoglous, G., Theisen, & Hilary, V. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw-Hill.
- US-EPA. (1995). *40 CFR Part 503 - STANDARDS FOR THE USE OR DISPOSAL OF SEWAGE SLUDGE*. Obtenido de <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-503>
- Vargas, M. (2006). *Estudio del uso del lodo residual de la empresa Extralum S.A. como material alternativo en la fabricación de cementos especiales*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

15. ANEXOS.

ANEXO A

Procesos de la planta de tratamiento de efluentes

Fig. 21. Flujo de procesos de la planta de tratamiento de efluentes (PTE).



Fuente: CEDAL

Fig. 22. Homogeneizador.



Fuente: CEDAL

Fig. 23. Sedimentador.



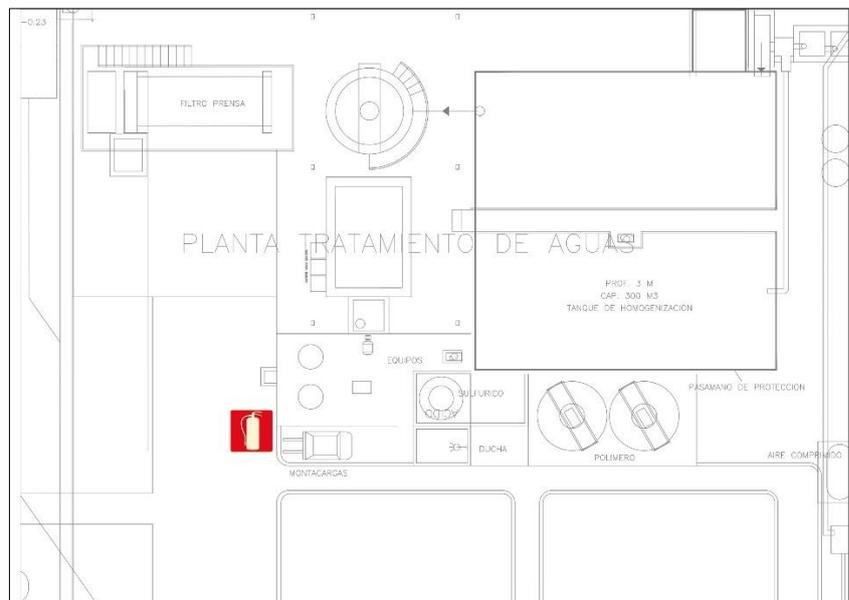
Fuente: CEDAL

Fig. 24. Filtro prensa.



Fuente: CEDAL.

Fig. 25. Planta de tratamiento de efluentes CEDAL S.A.



Fuente: CEDAL, AutoCAD 2019.

Anexo B

proceso para la elaboración de lodo como materia prima.

Fig. 26. Sacado de lodo filtro prensa.



Fuente: CEDAL.

Fig. 27. Lona de Big Bag con lodo



Fuente: CEDAL.

Fig. 28. Almacenamiento de lodos



Fuente: CEDAL.

Fig. 29. Secado de lodo



Fuente: CEDAL.

Fig. 30. Lodo seco molido



Fuente: CEDAL.

ANEXO C

Fotografías procesos elaboración de Fachaletas con material de lodo residual de la PTE.

Fig. 31. Pesaje de los materiales



Fuente: CEDAL.

Fig. 32. Mezcla de lodo.



Fuente: CEDAL.

Fig. 33. Colocación de la mezcla en los moldes



Fuente: CEDAL.

Fig. 34. Desmoldado de las fachaletas



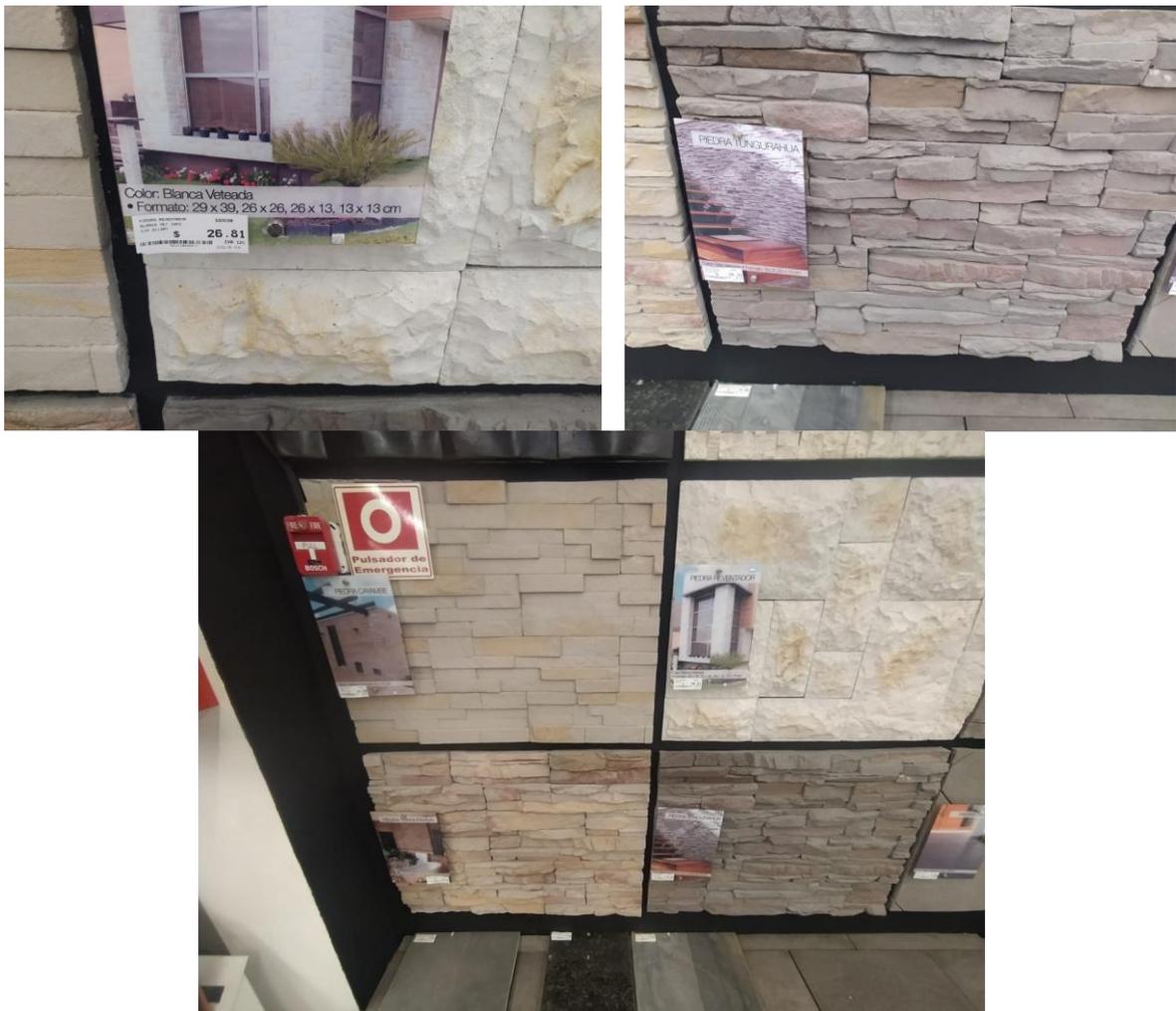
Fuente: CEDAL.

Fig. 35. Acabado final de las fachaletas



Fuente: CEDAL.

Fig. 36. Varios tipos de Fachaletas en kiwi ubicado en la ciudad de Latacunga



Fuente: kiwi ubicado en la ciudad de Latacunga

ANEXO D.

Fig. 37 Presentación de las fachaletas en diversas ferias o casa abiertas.



Nota: Feria Ambiental Organizado por el gobierno provincial de Cotopaxi



Nota: Feria del día del reciclaje organizado por EPAGAL.



Nota: Feria del día del agua organizado por el gobierno provincial de Cotopaxi.

ANEXO E.

Fig. 38. Certificado de ensayos de laboratorio.



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL
Av. De la Prensa N51-270 y Florida
Telf: 0328 12610

Atn: Ing. Iván Granda

Proyecto: Monitoreo Trimestral de Desechos

Muestra Recibida: 07-jun.-22

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Lixiviado de Desecho Sólido

Análisis Completado: 15-jun.-22

Número reporte Gruentec: 2206053-DS001

Fecha de Emisión: 16-jun.-22

Identificación de la muestra:	LODO "2PTE"	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	07-jun.-22	
No. Reporte Gruentec:	2206053-DS001	
Parámetros realizados en el Laboratorio		
Metales en lixiviado (TCLP EPA 1311):		
Arsénico mg/l ⁽¹⁾	<0.005 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Bario mg/l ⁽¹⁾	0.28 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Cadmio mg/l ⁽¹⁾	<0.001 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Cromo mg/l ⁽¹⁾	0.36 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Mercurio mg/l ⁽¹⁾	<0.001 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Níquel mg/l ⁽¹⁾	2.1 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Plata mg/l ⁽¹⁾	<0.001 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Plomo mg/l ⁽¹⁾	0.015 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Selenio mg/l ⁽¹⁾	<0.01 ⁽¹⁾	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. SAE LEN 05-008

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

11) La muestra presenta características que hicieron necesario aplicar dilución 10X.

Todos los parámetros presentados fueron realizados en el Laboratorio Matriz Quito, exceptuando los marcados con las letras r1), s1) ó t)

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en lixiviado = 28%

Cálculo: C +/- (UxC/100) en donde: C=valor medido; U= incertidumbre %.

ISABEL
LAURA
ESTRELLA
SORIA

Firma digital de ISABEL
LAURA ESTRELLA SORIA
EN CN=ISABEL LAURA ESTRELLA
SORIA+O=SECURITY DATA
SA SINGAPORE DE INFORMACION
WORKSPACE este documento
liberado:
Fecha: 2022/06/21 12:36:05:00

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Esta información podría afectar la validez de los resultados, Gruentec Cia. Ltda. no se responsabiliza por dicha información.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruentec Cia. Ltda., se adjunta el Registro de Toma de muestra y mediciones in situ como parte del informe. La identificación de la muestra, y el nombre del proyecto es información entregada por el cliente, Gruentec no se responsabiliza por la misma.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo P.O.Box 17-22-20064 Quito-Ecuador- Telfs.:(02) 601-

4371- Email:info@gruentec.com

www.gruentec.com

ANEXO F Aval de Traductor