

**PREPARACIÓN DE UN ADITIVO A BASE DE CÁSCARA DE PIÑA PARAREducir
EL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS CORTES DE PERFORACIÓN EN LOS
CATCH TANK.**

**ANA MARÍA AMAYA RAMÍREZ
SERGIO ANDRÉS PARRA BERNAL**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
Ingeniero de Petróleos**

Director

**Juan Evangelista Sánchez
Ingeniero de Petróleos**

Orientadora

**Adriana Milena Henao Bejarano
Geóloga**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BOGOTÁ D.C**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma del presidente

Nombre

Firma Jurado

Nombre

Firma Jurado

Bogotá, D.C., Agosto de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro
Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional
Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones
Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero
Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General
Dr. JOSE LUIS MACIAS RODRIGUEZ

Decano General Facultad de ingenierías
Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería de petróleos
Ing. JUAN CARLOS RODRIGUEZ ESPARZA

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi familia y novio, quienes me acompañaron durante todos los tiempos buenos y malos. Primero que nada, quiero agradecerle a Dios por permitirme cumplir un logro más en mi carrera profesional.

A mi madre Marisol Ramírez, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ella entre los que se incluye este. Me formo con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motiva constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi abuela Martha Escobar, mi compañera de infancia y segunda mamá, quien inculco en mí, los valores de gratitud, disciplina, perseverancia, optimismo, honestidad, respeto, amor y responsabilidad. Adicional, me enseñó que teniendo fe en Dios todos los sueños y propósitos se logran.

A mi tío Francisco Ramírez, mi consejero, un papá incondicional y mi ejemplo a seguir, donde me enseñó que hay que soñar, siempre y cuando tenga claro que metas quiero lograr, que trabajando duro e incansablemente, creyendo mis capacidades y conocimientos, y sin miedo al fracaso se cumplen los sueños.

A mi tía Patricia Ramírez, mi cómplice y amiga, que me enseñó que antes de ser profesional debo ser persona, tener buenos sentimientos y siempre estar dispuesta ayudar a los demás.

A mi novio Álvaro Vargas, mi consejero y amigo, quien me enseñó el respeto y la honestidad hacia los demás, que sin importar los errores y los obstáculos que se presenten en el camino se debe perseverar para triunfar. También, agradecerle por la ayuda y compartir su conocimiento para el desarrollo del análisis financiero.

Finalmente, a mi compañero Sergio Parra quien con la misma paciencia y dedicación permitió que se lograra esta meta. En este trabajo se refleja cada uno de los esfuerzos y sacrificios realizados a través de estos cinco años de carrera y así mismo uno de mis primeros logros como ingeniera.

Ana María Amaya Ramírez

DEDICATORIA

Este proyecto se lo quiero dedicar primero a Dios, quien me ha dado la vida y guíapara la culminación de esta etapa como profesional. A mis padres Mariana Constanza Bernal Laverde y Jorge Oswaldo Parra Agudelo pilares fundamentales en mi formación como persona, inculcándome los valores y principios para ser lo que soy hoy en día. A ellos que mediante su esfuerzo, compañía y consejos me ayudaron a afrontar cada situación difícil presentada en el camino.

A mi abuela Magdalena Laverde, la cual es como una segunda mamá para mí, que, gracias a su amor, apoyo y consejos dados a lo largo de mi vida, me ha hecho crecer como persona. No importaron los obstáculos siempre estuvo ahí con tu sabiduría

A mi hermana Juliana Andrea Parra Bernal compañera de vida desde pequeño que con cada una de sus risas me alegraron mis días. Haciendo que cada meta que logro, lo haga con esfuerzo y dedicación para poder ser un ejemplo de vida para ella.

A mi novia Valentina Rubio Gómez quien estuvo en las buenas y en las malas, que sin importar las circunstancias siempre me impulso a dar lo mejor de mí. No fue fácil, pero con la actitud motivadora llegue a culminar esta etapa.

Finalmente, a mi compañera de tesis Ana María Amaya por la oportunidad de desarrollar el trabajo de grado, que, ante los retos y desafíos presentados a lo largo del proyecto, siempre fuimos resilientes llevándonos a culminar de la mejor forma.

Sergio Andrés Parra Bernal

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Universidad de América, directivos, empleados y todas las personas que conforman la institución, los cuales fueron parte fundamental en nuestra formación personal y académica como ingenieros de petróleos durante estos años.

Se agradece a la empresa HOLSAN SAS primero que todo por confiar en nosotros para el desarrollo del proyecto. Así mismo agradecemos por la información proporcionada, orientación profesional recibida y los recursos suministrados para llevar a cabo todo el estudio del proyecto.

Se agradece a Juan Evangelista Sánchez nuestro director de tesis, quien nos brindó tiempo, apoyo y orientación profesional en la construcción y terminación del proyecto.

Se agradece Geol. Adriana Milena Henao, quien fue la docente y orientadora encargada de guiarnos en la construcción de nuestro trabajo de grado, sin su ayuda habría sido más difícil llegar a lo que tenemos hoy en día.

Finalmente se agradece a la ing. Yenny Hernández por el apoyo práctico y teórico brindado en las prácticas desarrolladas en el laboratorio.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados y el cuerpo docente no se hacen responsables por los criterios e indicios expuestos en este documento, esta responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1. Control de sólidos	19
1.1.1. <i>Zaranda vibratoria</i>	20
1.1.2. <i>Limpiador de lodo o 3 en 1</i>	21
1.1.3. <i>Zaranda de malla fina</i>	21
1.1.4. <i>Bomba centrífuga</i>	21
1.2. Cortes de perforación	21
1.3. Manejo y disposición	23
1.4. Catch tank	23
1.5. Aditivos Orgánicos	24
1.5.1. <i>Aditivos orgánicos usados en la industria</i>	25
1.6. Piña (Ananás Comosus L)	25
1.7. Piña Gold MD2	25
1.8. Mercado nacional de la piña	27
1.9. Composición química	28
1.10. <i>Biomasa</i>	31
1.11. <i>Fibras Naturales</i>	32

1.12. Materiales lignocelulósicos	32
1.12.1. Lignina	33
1.12.2. Celulosa	34
1.12.3. Hemicelulosa	35
2. METODOLOGIA Y DATOS	37
2.1. Pretratamiento físico	38
2.1.1. Secado	38
2.1.2. Molienda	41
2.1.3. Tamizado	43
2.2. Pretratamiento químico	45
2.2.1. Determinación de Humedad	45
2.2.2. Determinación de Extraíbles	47
2.2.3. Lignina Insoluble en Ácido	49
2.2.4. Lignina Soluble en Ácido	53
2.2.5. Determinación de la Holocelulosa	56
2.2.6. Determinación de la Celulosa y Hemicelulosa	57
2.3. Capacidad de Adsorción del Aditivo	59
2.4. Medición de Humedad de los Cortes de Perforación	60
2.5. Medición del pH de los cortes de perforación	61
2.6. Medición de Humedad de los Cortes en Presencia del Aditivo	61

3. VIABILIDAD FINANCIERA	63
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	66
4.1. Pretratamiento químico	66
4.1.1. <i>Determinación de Humedad</i>	66
4.1.2. <i>Determinación de Extraíbles</i>	67
4.1.3. <i>Determinación de Lignina Insoluble en Ácido</i>	68
4.1.4. <i>Determinación de Lignina Soluble en Ácido</i>	69
4.1.5. <i>Determinación de la Holocelulosa</i>	72
4.1.6. <i>Determinación de la Celulosa y Hemicelulosa</i>	72
4.2. Capacidad de Adsorción del aditivo	76
4.3. Medición de Humedad de los Cortes de Perforación	78
4.4. Medición del pH de los cortes de perforación	79
4.5. Medición de Humedad con el Aditivo	79
5. VIABILIDAD FINANCIERA	93
6. CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Sistema de control de sólidos	19
Figura 2. Objetivos principales de la zaranda vibratoria	20
Figura 3. Sistema de circulación en la industria petrolera	22
Figura 4. Catch tank usado en la industria petrolera	23
Figura 5. Esquema de producción de un aditivo	24
Figura 6. Aspecto físico de la piña Gold	26
Figura 7. Panorama de la producción de piña	27
Figura 8. Principales productores de piña	28
Figura 9. La obtención de productos de químicos de biomasa vegetal	31
Figura 10. Fibras naturales	32
Figura 11. Representación esquemática de los materiales lignocelulósicos	33
Figura 12. Estructura de la Lignina	34
Figura 13. Estructura de la Celulosa	35
Figura 14. Estructura de la Hemicelulosa	36
Figura 15. Diagrama experimental	37
Figura 16. Residuos de piña recolectada	38
Figura 17. Secado de los residuos de piña	39
Figura 18. Biomasa de la piña seca	40
Figura 19. Etapas de secado	41
Figura 20. Molino usado para cortar los residuos	42
Figura 21. Residuos triturados	43
Figura 22. Proceso de tamizado	44
Figura 23. Mufla usada para el secado	46
Figura 24. Montaje Soxhlet	48
Figura 25. Proceso de la hidrólisis ácida	50
Figura 26. Hidrolizado de las muestras	53
Figura 27. Baño maría de las muestras en agitación constante	56
Figura 28. Calentamiento de las muestras	58
Figura 29. Balance de materia	59

Figura 30. Equipo de retorta	61
Figura 31. Mezclas de las muestras con los aditivos	62
Figura 32. Humedad de cada tamaño de partícula	67
Figura 33. Comportamiento de la absorbancia	70
Figura 34. Mediciones de absorbancia	71
Figura 35. Eficiencia de adsorción del aditivo	78
Figura 36. Variación del aditivo en la malla 20	81
Figura 37. Variación del corte en la malla 20	82
Figura 38. Variación de aditivo malla 30	84
Figura 39. Variación de corte malla 30	85
Figura 40. Variación de aditivo malla 40	86
Figura 41. Variación de corte malla 40	88
Figura 42. Variación de aditivo malla 50	90
Figura 43. Variación de corte malla 50	91
Figura 44. Diagrama de flujo (pesos Mcte)	96

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Composición de la piña la parte comestible	29
Tabla 2. Composición química de la cáscara de piña	30
Tabla 3. Composición química de la corona de la piña	30
Tabla 4. Cantidad y tamaños de partícula seleccionados	44
Tabla 5. Valores de cada partícula al pasar por el desecador	46
Tabla 6. Pesos constantes de las muestras	48
Tabla 7. Dilución al 72%	51
Tabla 8. Dilución al 4%	51
Tabla 9. Dilución al 72%	51
Tabla 10. Dilución al 4%	51
Tabla 11. Dilución al 72%	52
Tabla 12. Dilución al 4%	52
Tabla 13. Dilución al 72%	52
Tabla 14. Dilución al 4%	52
Tabla 15. Valores malla N°20	54
Tabla 16. Valores malla N°30	54
Tabla 18. Valores malla N°50	55
Tabla 19. Escenarios utilizados para medir la humedad final	62
Tabla 20. Humedad de las muestras	66
Tabla 21. Cuantificación de extraíbles	68
Tabla 22. Cuantificación de la lignina insoluble en ácido	69
Tabla 23. Cuantificación de la lignina soluble en ácido	69
Tabla 24. Cuantificación de la Holocelulosa	72
Tabla 25. Cuantificación de la celulosa	73
Tabla 26. Cuantificación de la Hemicelulosa	73
Tabla 27. Composición química de la malla N°20	74
Tabla 28. Composición química de la malla N°30	75
Tabla 29. Composición química de la malla N°40	75
Tabla 30. Composición química de la malla N°50	76

Tabla 31. Capacidad de adsorción de las muestras	77
Tabla 32. Humedad inicial de los cortes	79
Tabla 33. Variación de piña	80
Tabla 34. Variación de corte	81
Tabla 35. Variación de aditivo	83
Tabla 36. Variación de corte	84
Tabla 37. Variación de aditivo	86
Tabla 38. Variación de corte	87
Tabla 39. Variación de aditivo	89
Tabla 40. Variación de corte	90
Tabla 41. Cuenta de resultados (pesos Mcte)	94
Tabla 42. Cuenta analítica (pesos Mcte)	94
Tabla 43. Amortización (pesos Mcte)	95
Tabla 44. Flujo de caja neto (pesos Mcte)	97
Tabla 45. Valores de TIR y WACC	97
Tabla 46. Cálculo de WACC	98
Tabla 47. Valor terminal del proyecto (pesos Mcte)	99

RESUMEN

El control de sólidos es una de las áreas más importantes en la operación petrolera, la cual se encarga del manejo de los desechos provenientes de la perforación de pozos con el fin de preservar el medio ambiente. Al momento de cerrar el ciclo de los cortes de perforación mediante el uso de un aditivo orgánico, se logra obtener una operación más limpia y al mismo tiempo la no afectación de los lugares dispuestos para la disposición final.

Los cortes al no contar con una humedad óptima después de pasar por un control de sólidos, se convierten en una problemática para la operación ya que no cumplen con las normativas ambientales. Es por eso que se evaluó la capacidad de adsorción de humedad que posee la cáscara de piña sobre los cortes de perforación, dado que el exceso de humedad, ocasiona el uso de aditivos químicos y maquinarias lo que conlleva a presentar sobrecostos. El proceso consistió en tres etapas, pre tratamiento físico, pre tratamiento químico y la capacidad de adsorción del residuo orgánico. El desarrollo del proyecto se realizó mediante la variación del tamaño de partícula (0.85 mm, 0.60 mm, 0.43 mm y 0.3 mm) en donde se colocó el aditivo orgánico en el medio acuoso durante un mismo período de tiempo (5 horas) para observar su eficiencia. Se encontró que a medida que se disminuye el tamaño del material adsorbente, el rendimiento de adsorción es mejor, lo que permite corroborar lo que dice la literatura, entre menor sea el diámetro de la partícula mayor área de contacto tendrá, generando un mayor porcentaje de remoción de humedad en los catch tank.

De acuerdo a los resultados, el mejor escenario que se obtuvo fue el de malla N°50 (0.3 mm) donde mostraron valores finales de humedad del 28% y 30% en una relación 1:1. Se concluye que el uso de las cáscaras de piña como un aditivo adsorbente de humedad, puede generar beneficios económicos y ambientales para el sector petrolero teniendo un desarrollo confiable y eco-amigable en sus operaciones a nivel de campo.

PALABRAS CLAVE: Cáscara de piña, preparar, aditivo, cortes de perforación, humedad, pruebas de retorta, adsorción, catch tank, control de sólidos, tamaño de partícula, normativa ambiental.

INTRODUCCIÓN

A través de los años el tratamiento de los cortes de perforación ha sido un proceso importante en la industria de los hidrocarburos, siendo este un factor medioambiental el cual se debe tener en cuenta mientras se está perforando un pozo. Adicionalmente, se puede evidenciar la problemática que se presenta en los cortes provenientes de la operación de perforación. Este problema surge al de llevara cabo los procesos de control de sólidos, los cuales no son suficientes al momentode hablar del contenido de humedad presente en cada residuo, los cuales muestranelevados porcentajes en los catch tank. Lo vertido en las piscinas pasa a convertirse en una traba al momento de querer cerrar el ciclo de los cortes, debido a los posibles sobrecostos y altos tiempos operativos, que conlleva al uso de la Cal o equipos para así poder cumplir con dichas normas ambientales regidas en Colombia. Los cambios tecnológicos y ambientales creados con el paso del tiempo, lleva a la industria petrolera a buscar nuevas alternativas que ayuden a tener un desarrollo confiable y eco-amigable de sus operaciones a nivel de campo.

Hoy en día una de las mejoras que se tiene es la implementación de aditivos a base de desechos orgánicos, logrando así una menor contaminación ambiental y a su vez el cumplimiento de normativas estipuladas en sus procedimientos previamente; un claro ejemplo de aditivos orgánicos que se tiene es el uso de la cascarilla de nuez, la sábila, la yuca entre otras, las cuales se han venido empleando con el fin de poder realizar operaciones más limpias, pero igual de eficientes.

Es por eso que la idea de preparar e implementar un aditivo con la biomasa de la piña puede ser la solución a esta problemática, debido a las diversas investigaciones llevadas a cabo en los últimos años, donde ha sido aplicado en diferentes industrias como lo es en la textil, mostrando resultados positivos en cuanto a la reducción de humedad. Además, gracias a las propiedades con las que cuenta la piña, como lo es la presencia de las fibras naturales, ayuda a que se tenga una alta viabilidad en el uso a gran escala como un aditivo adsorbente en los cortes, dejando a un lado los aditivos químicos usados a lo largo de los años.

Con la cáscara de piña se pretende mejorar una filosofía operacional en el área de control de sólidos de la empresa HOLSAN SAS, donde se evidencia un alto contenido de

humedad en los cortes de perforación. Es por esto que, con los materiales lignocelulósicos presentes en la cáscara y corona de la piña, se puede reducir el uso de tratamientos térmicos como lo es la unidad de desorción térmica directa, donde se someten los residuos sólidos permitiendo la evaporación del agua presente en la corriente que es alimentada, entregando una corriente con sólidos inertes y un bajo contenido de humedad. Lo anterior muestra un sobre costo en el uso adicional de Diésel y productos químicos (cal), a su vez tiempos más largos de operación debido a la desconfiguración de la unidad de desorción térmica y la recirculación de la corriente en el sistema. Todos los procesos anteriores se llevan a cabo con el fin de poder cumplir con normativas ambientales (Louisiana 29B- Decreto 4741 de 2005) ya estipuladas, las cuales hablan de la operación petrolera y establecen el cumplimiento del porcentaje de humedad que se debe cumplir, siendo este igual o menor al 30%. De no ser así, se presenta un incremento en gastos operacionales, retrasos en tiempos y multas. Esto nos llevó a desarrollar un proyecto eco-amigable con la finalidad de poder mostrar nuevas tecnologías a la industria petrolera, mediante un aditivo orgánico, pero con la misión de mejorar una filosofía en campo que se ha venido desarrollando de una manera ya estipulada a través de los años.

La investigación se desarrolló en dos etapas, la primera etapa, consistió en realizar el pretratamiento físico y químico de la biomasa, con el fin de poder tener un manejo más fácil de los residuos que permitieran el estudio de los materiales lignocelulósicos presentes en la cáscara y corona de la piña. Toda la primera parte del estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Fundación Universidad de América de Bogotá. La segunda etapa se analizó la viabilidad que tenía el aditivo orgánico en cuanto a la adsorción de humedad presente en los cortes de perforación, lo cual se realizó mediante pruebas de laboratorio en las instalaciones de la empresa HOLSAN SAS.

Para la preparación del aditivo a base de cáscara de piña para reducir el porcentaje de humedad presente en los cortes de perforación en los catch tank, para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Preparar el aditivo a partir de la cascara de piña.
- Desarrollar las pruebas de retorta y pH en los cortes de perforación a tratar a nivel

laboratorio, con el fin de identificar el porcentaje de humedad con el que son recolectados los residuos de los catch tank.

- Analizar la eficiencia de adsorción que se obtiene por parte del aditivo, en comparación con otros aditivos ya implementados en campo.
- Evaluar la viabilidad financiera del uso del aditivo representados en tiempo y costos de operación, mediante el método de valoración basado en el descuento de los flujos de caja.

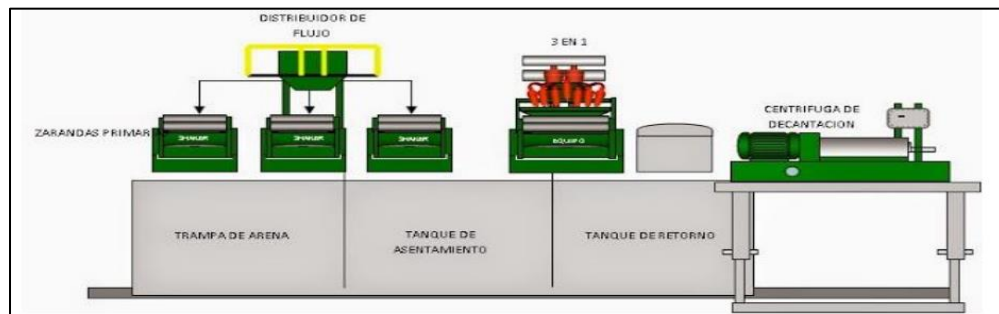
1. MARCO TEÓRICO

1.1. Control de sólidos

«El control de sólidos es la función más importante en el tratamiento de un fluido de perforación, es una función preventiva que busca mantener en un porcentaje mínimo los sólidos provenientes de la formación. La eficiencia de este proceso para remover sólidos perforados pueden ser evaluados de dos maneras: la eficiencia al remover los sólidos perforados y la eficiencia en la conservación del fluido» [1].

«El sistema de control de sólidos se compone de diferentes equipos que deben ser instalados en una secuencia correcta para hacer un trabajo eficiente en la remoción de sólidos en el fluido de perforación utilizado en la operación. La secuencia de instalación de los equipos debe seguir un orden, el cual lo determina el tamaño de grano, la instalación comienza por equipos que remueven sólidos de mayor tamaño y finaliza con equipos que remueven menor tamaño de sólidos» [2].

Figura 1.
Sistema de control de sólidos



Nota. La imagen muestra los componentes que tiene un sistema de control de sólidos en campo. Tomado de: S. Botero G., L. J. Tovar G., *Evaluación técnico- financiera de la implementación de las mallas piramidales en el sistema de control de sólidos primario durante la perforación de un pozo en la sección 12 ¼ en el campocastilla.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación universidad de América, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6667>

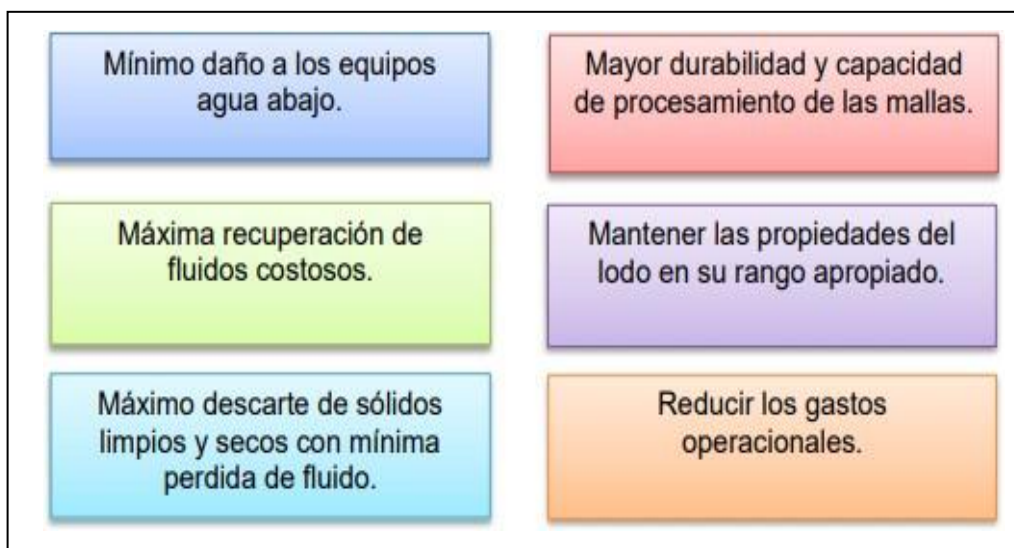
A continuación, se hará una explicación de los equipos que componen el control de sólidos en una operación:

1.1.1. Zaranda vibratoria

“Es la primera etapa del sistema del control mecánico de sólidos, pues recibe el fluido proveniente del pozo que fluye a través del Flow line. La zaranda consiste de una canasta que vibra a partir de fuerzas generadas por motores eléctricos” [2]. El movimiento generado por la vibración, permite la separación de una manera más rápida de los cortes presentes en el fluido de perforación, gracias a las mallas con las que cuenta la zaranda.

Figura 2.

Objetivos principales de la zaranda vibratoria



Nota. El diagrama muestra los principales objetivos que tiene una zaranda vibratoria al momento de estar realizando su trabajo. Tomado de: S. Botero G., L. J. Tovar G., *Evaluación técnico-financiera de la implementación de las mallas piramidales en el sistema de control de sólidos primario durante la perforación de un pozo en la sección 12 ¼ en el campo castilla.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6667>

1.1.2. Limpiador de lodo o 3 en 1

El limpiador de lodo o como se le conoce a este equipo de control de sólidos el 3 en1, se divide en los siguientes equipos:

1.1.2.a. Desarenador o Desander. Es un dispositivo hidro ciclónico que se encarga de remover sólidos (alta porción de partículas de 44 a 74 μ) del lodo de perforación [2].

1.1.2.b. Desarcillador o Desilter. Es un dispositivo hidro ciclónico muy similar al desarenador de control de sólidos, encargado de remover limo y arena fina API (alta porción de partículas de 15 a 35 μ) del fluido de perforación [2].

1.1.3. Zaranda de malla fina

Es el último componente del mudcleaner el cual, “recibe los recortes húmedos provenientes del desander y desilter, removiendo, las partículas del fluido de perforación, que queda remanente” [2].

1.1.4. Bomba centrífuga

“Es una máquina hidráulica que se compone básicamente por un impulsor rotativo cerrado o abierto con paletas radiales. Se utiliza en el taladro de perforación y su función es alimentar el desarenador y el desarcillador” [2].

1.1.5. Centrífuga decantadora

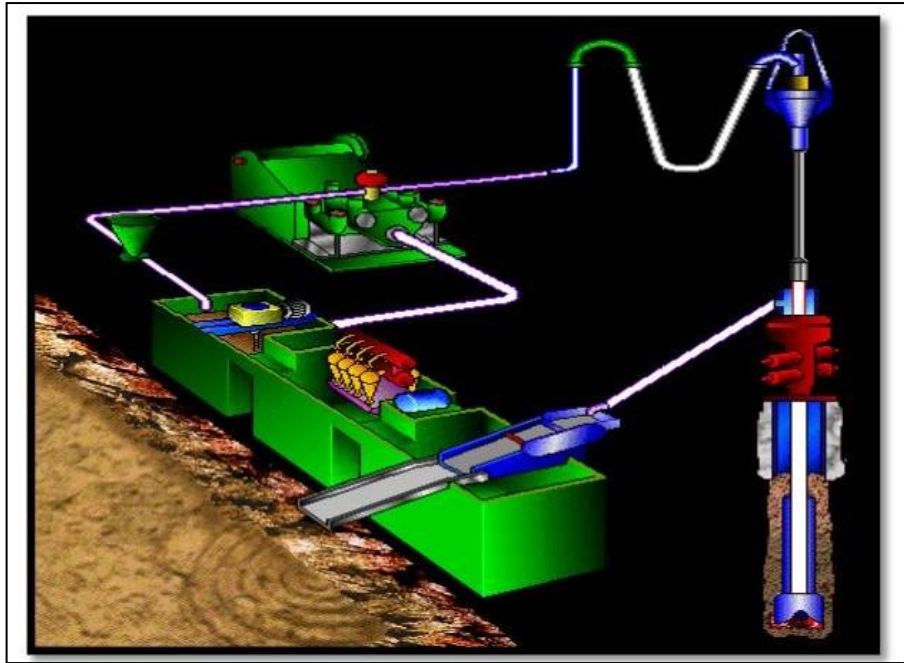
“Una centrífuga decantadora es un equipo de control de sólidos que remueve sólidos por centrifugación. Su diseño se basa en un recipiente de forma cónica o cilíndrica que gira en su propio eje por una fuerza “G” que permite la separación mecánica de fases de diferentes gravedades específicas y/o tamaño de partículas (tamaño de sólidos de 6 μ)” [2].

1.2. Cortes de perforación

“Los cortes de perforación son un residuo sólido no peligroso típico de la actividad de perforación que tiene como características ser una roca extraída del subsuelo durante la perforación, contaminada con fluido de perforación” [3].

Figura 3.

Sistema de circulación en la industria petrolera



Nota. La imagen muestra todo el recorrido que realiza el lodo de perforación desde el pozo hasta las piscinas lugar donde son depositados los cortes producto de la operación. Tomado de: J.A. Lizarazo S., C. H. Leal B., *Estudio para la implementación de reinyección de cortes durante la perforación de pozos*, tesis pre., Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible: https://uidsprimo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/1gjmsqs/uids_bucaramanga158761

“Estos residuos presentan una fase semisólida y proviene de diferentes equipos del sistema del control de sólidos variando el diámetro de partícula que lo contiene. Se caracteriza por ser temporalmente almacenados en tanques para después ser trasladados a las piscinas para su tratamiento” [4].

1.3. Manejo y disposición

« El manejo de los cortes residuales, inicia una vez el lodo sale del pozo y es dirigido al sistema de remoción primario de control de sólidos, compuesto por zarandas primarias y tres secundarias, estos equipos remueven los cortes más grandes que se encuentren en el lodo (mayores a 75 micrones), luego se encuentra el sistema de remoción secundario de control de sólidos, compuesto por desarenadores, desarcilladores y centrífugas; estos equipos se encargan de la remoción de las partículas más finas del lodo (menores a 75 micrones). Cada unidad descarga los sólidos a una línea que lleva los cortes retirados a un tanque de residuos llamado Catch Tank» [3].

En los tanques dispuestos para los residuos se procede a realizar diferentes procesos que ayudan a la deshidratación de cada corte, entre estas opciones podemos encontrar desde el uso de aditivos, los cuales son añadidos a las piscinas con el fin de disminuir la humedad, en otros casos se puede usar una unidad de desorción térmica, que busca entregar el corte en cenizas con una humedad muy baja. Estos procesos permiten cerrar el ciclo de los cortes de perforación para poderlo disponer.

1.4. Catch tank

Tanque de almacenamiento temporal para el pretratamiento de los efluentes. En ellos son depositados los cortes provenientes de la perforación después de pasar por el sistema de control de sólidos, para luego ser trasladados a un posterior tratamiento, con la finalidad de poder cerrar el ciclo y disponer de los sólidos.

Figura 4.

Catch tank usado en la industria petrolera

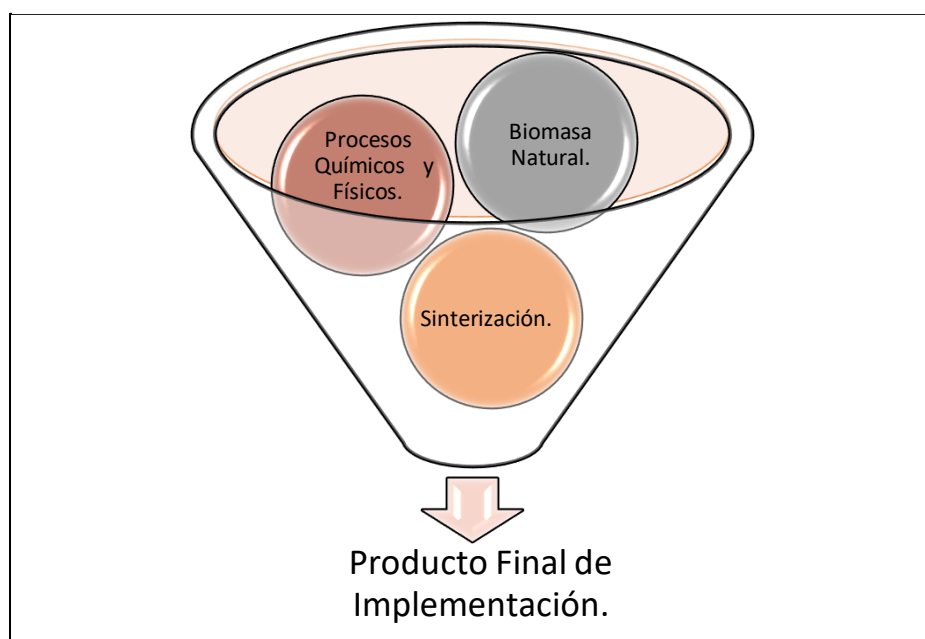


Nota. En la imagen se ve el equipo usado para almacenar y tratar los cortes provenientes de la perforación con el fin de poder cumplir con normativas ambientales. Tomado de: En territorio. "Glosario". [En línea]. https://uidsprimo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/1gjmsqs/uids_bucaramanga158761. [Acceso: Marzo 5, 2021].

1.5. Aditivos Orgánicos

«Los aditivos orgánicos son compuestos que proceden de varias fuentes: plantas, animales o minerales; o producirse sintéticamente. Los de origen vegetal pueden ser como los espesantes extraídos de semillas, frutas, plantas y algas marinas. También se pueden obtener a partir de productos idénticos a la naturaleza, elaborados por síntesis o biosíntesis, tales como ácido ascórbico de la fruta, Además, existen los aditivos artificiales, tales como antioxidantes, colorantes y edulcorantes entre otros» [5].

Figura 5.
Esquema de producción de un aditivo



Nota. Diagrama que muestra los tres componentes fundamentales para la sinterización de un aditivo.

Todos los aditivos orgánicos se crean con la intención de poder desempeñar de la misma o mejor manera una operación ya establecida en la industria. A través de los años ha tomado fuerza el estudio de aditivos orgánicos, ya que permite tener operaciones más limpias y eficaces en una industria la cual es atacada por el cuidado de medio ambiente. Con la implementación de los aditivos orgánicos a gran escala se puede ayudar al medio ambiente no solo desde el punto de vista industrial, si no desde el beneficio mundial, donde se evita la acumulación de desechos que produzcan gases de efecto invernadero.

1.5.1. Aditivos orgánicos usados en la industria

En los últimos años la industria de los hidrocarburos ha venido estudiando diferentes formas de desarrollar sus operaciones de campo, mediante la posible implementación o el uso de aditivos orgánicos, entre algunos de ellos están:

- La sábila.
- La nuez.
- El arroz.
- Almidón de yuca.

Estos son algunos ejemplos de aditivos orgánicos que se han venido estudiando en los últimos años, con el fin de cumplir una función similar a la ya establecida como lubricantes, filtros, geles e incluso ser reemplazados algunos productos químicos como los polímeros que son utilizados en los fluidos de perforación.

1.6. Piña (Ananás Comosus L)

“La piña o Ananás Comosus es una de las frutas tropicales, de mayor importancia debido a su alta demanda, tanto en forma fresca como procesada en los distintos ámbitos industriales” [6]. Adicionalmente posee un gran número de propiedades las cuales ayudan a que el organismo tenga un buen funcionamiento gracias al aporte de vitaminas y minerales. Hoy en día, se tienen más de 1400 especies cultivadas en diferentes partes de América Latina en zonas donde se tengan climas cálidos ya que se puede tener cosecha en cualquier parte del año, siendo una ventaja que dispone el fruto.

1.7. Piña Gold MD2

La piña Golden MD2 u oro miel como se le conoce en el mercado colombiano, es una de las frutas que ha venido creciendo en su producción en los últimos años, con el fin de tener una mejor proyección a nivel internacional en cuanto a sus ventas. “Una de sus principales características es el color dorado de su corteza exterior. La fruta es rica en azúcares, fibras y un alto contenido en agua, llevándole a tener un buen sabor y aroma” [7].

El fruto cuenta con un peso promedio de 1,5kg siendo más pequeño que otras variedades, “está constituida por ser una de doble propósito, debido a su proceso y mercado fresco, esta variedad logra la mayor aceptación a nivel mundial por su gran cantidad de Grados Brix (Niveles de Dulzura), esta fruta posee una forma más simétrica y uniforme, un color amarillo atractivo” [8].

Figura 6.

Aspecto físico de la piña Gold



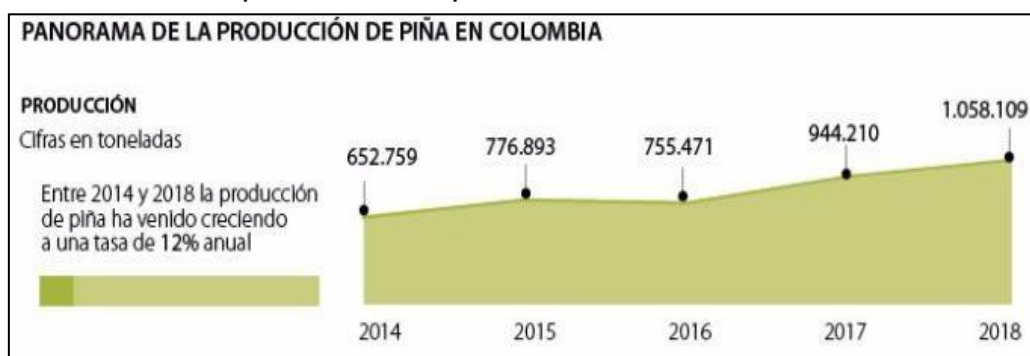
Nota. Aspecto que presenta el fruto en la parte interna. Tomado de: Green Fresh Food Market. “Piña MD2”. [En línea]. <https://www.green.com.do/producto/pina/>. [Acceso: marzo 10, 2021].

1.8. Mercado nacional de la piña

La producción de piña en el territorio colombiano se ha venido incrementando en los últimos años, y se ha convertido en unos de los principales productos en el mercado nacional e internacional. “El éxito de la piña es tal que, entre 2014 y 2018 la producción aumento a una tasa de 12% anual, pasando de 652.759 toneladas a 1,05 millones de toneladas” [9]. Hoy en día Colombia se encuentra posicionado como el tercer país latinoamericano con más hectáreas de frutales cultivadas, logrando ser una fuente importante de suministro en el mundo.

Figura 7.

Panorama de la producción de piña



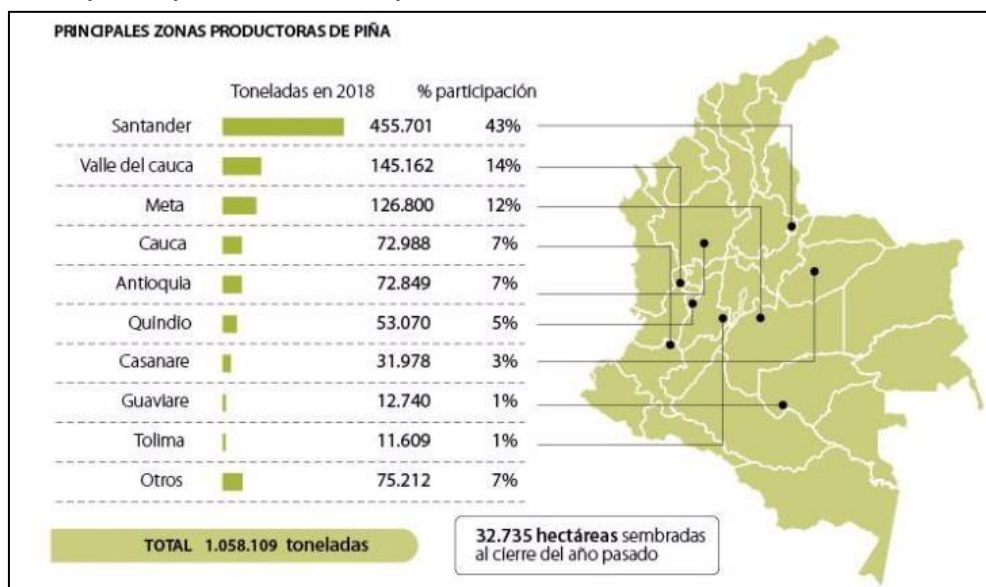
Nota. La figura presenta el aumento que se ha venido presentando en la producción de piña en últimos años en Colombia. Tomado de: Agronegocios. “La producción de piña en Colombia llegaría a 1,18 millones de toneladas al finalizar el año”. [En línea].

<https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-ano-2895397>. [Acceso: febrero 27, 2021].

El aumento de la producción de piña trae consigo muchos beneficios al país, desde los económicos hasta los de generar un número grande de empleos para la población rural. Conscientes de la importancia de alcanzar un mercado más fuerte, en Colombia se está trabajando “para que la producción de piña Golden aumente y logre los estándares fitosanitarios y de calidad exigidos para ingresar a cadenas de valor y nuevos mercados. Con esta apuesta se espera que la piña logre la meta de ventas por US\$216 millones a 2032” [9].

Actualmente la piña que se produce en Colombia por su calidad y sabor [4], se da en mayor cantidad en los departamentos de Santander, Valle del cauca, Meta, Cauca y Antioquia lo que lo hace posicionarse en “los mercados de Italia (20%), Chile (20%) y Reino Unido (10%), además de Eslovenia (9%), España (6%), Países Bajos (5%), Alemania (5%), Estados Unidos (5%), Portugal (4%) y otros (10%)” [9].

Figura 8.
Principales productoras de piña



Nota. La figura muestra las principales zonas productoras de piña en Colombia. Tomado de: Agronegocios. “La producción de piña en Colombia llegaría a 1,18 millones de toneladas al finalizar el año”. [En línea]. <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-año-2895397>. [Acceso: febrero 27,2021].

1.9. Composición química

La piña es una fruta rica en agua, azúcares, vitaminas, sales minerales y ácidos que soportan los beneficios con los que cuenta. La parte comestible de la piña está constituida por un 90% de agua, 8% de azúcares las cuales se dividen entre sacarosa (6%), glucosa y fructuosa (4%). Su contenido de proteínas y grasas es muy bajo al igual que el de los ácidos con 1%, con una presencia casi nula de almidón.

Tabla 1.*Composición de la piña la parte comestible*

Parámetro	Cantidad
Humedad (%)	85.1-90
Carbohidratos (%)	8.37-14
Proteínas (%)	0.4-0.62
Grasa (%)	0.1-0.4
Potasio (µg)	0-113
Calcio (µg)	18-57
Fósforo (µg)	7-12
Hierro (µg)	0.4-0.52
Vitamina A (µg)	0-12
B caroteno (µg)	0-60
Tiamina (mg)	0.04-0.09
Riboflavina (mg)	0.03-0.05
Niacina (mg)	0.16-0.4
Vitamina C (mg)	0-15

Nota. Esta tabla muestra la composición nutricional de la piña por 100g de porción comestible. Tomado de: J. M. Jiménez B., *Aprovechamiento de residuos celulósicos de piña para la producción de carbón activado.*, tesis pre., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 2014. [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/38846862-Universidad-veracruzana-tesis.html>

Por otro lado, la piña cuenta con una parte no comestible la cual está constituida por las fibras dietéticas que “proviene de las paredes celulares y láminas medias de tejidos que conforman las frutas y hortalizas, por lo que participan en su composición celulosa, hemicelulosa, lignina y compuestos pépticos” [10]. “Estas fibras se pueden ver en la cáscara y la corona las cuales la hacen ser no comestibles para los humanos, pero potencialmente aprovechables para obtener otros productos de valor agregado” [11].

A continuación, en la tabla 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos de un estudio donde se identificaron los materiales lignocelulósicos presentes en la cáscara y la corona en la piña Golden.

Tabla 2.*Composición química de la cáscara de piña.*

Parámetro	% en base seca
Humedad	6.5
Celulosa	71.51
Hemicelulosa	14.24
Lignina	7.2
Materiales solubles en agua	2.094
Cenizas	0.27

Nota. La tabla muestra la composición química de la cáscara de la piña realizado en un estudio en base seca. Tomado de: J. M. Jiménez B., *Aprovechamiento de residuos celulósicos de piña para la producción de carbón activado.*, tesis pre., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 2014. [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/38846862-Universidad-veracruzana-tesis.html>

Tabla 3.*Composición química de la corona de la piña.*

Parámetro	% en base seca
Celulosa	56-62
Hemicelulosa	16-19
Pectinas	2-2.5
Lignina	9-13
Materiales solubles en agua	1.15
Grasa y cera	4-7
Cenizas	2-3

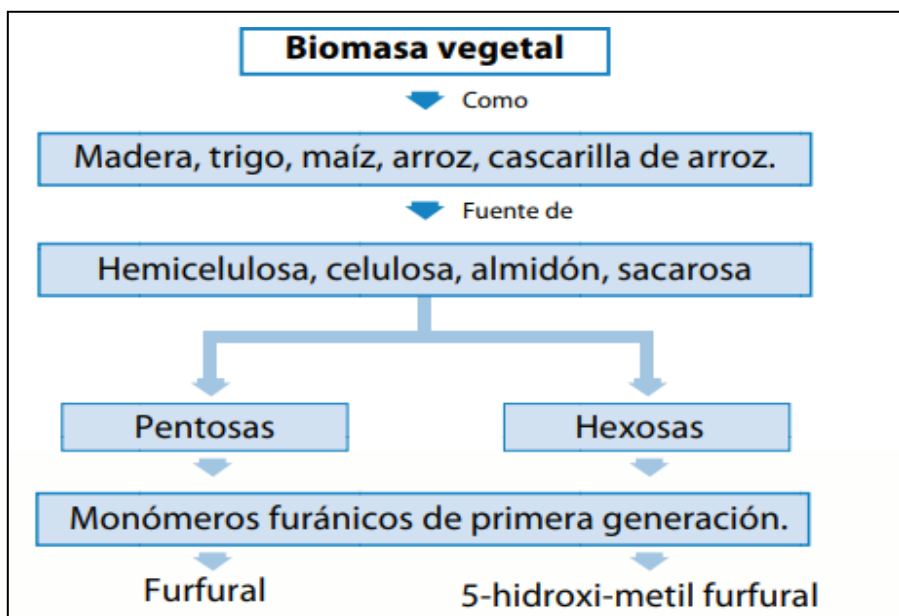
Nota. La tabla muestra la composición química de la corona de la piña Gold realizado en un estudio en base seca. Tomado de: J. M. Jiménez B., *Aprovechamiento de residuos celulósicos de piña para la producción de carbón activado.*, tesis pre., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 2014. [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/38846862-Universidad-veracruzana-tesis.html>

1.10. Biomasa

“El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros)” [12].

Figura 9.

La obtención de productos de químicos de biomasa vegetal



Nota. El esquema muestra el proceso que sufren diferentes biomazas vegetales para poder generar nuevos productos. Tomadode: W. G. Cortes O., “Materiales lignocelulósicos como fuente de biocombustibles y productos químicos”, *Revista de Tecnología Aeronáutica*, vol.16, no.1, pp. 41-46, Dic, 2011, [En línea] https://d2r89ls1uje5rg.cloudfront.net/sites/default/files/TECNOE_SU_FA%20VOL%2016.pdf. [Acceso Feb. 19, 2021].

«La biomasa que puede ser usada para la producción de energía cubre un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran

escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles. Adicionalmente es pertinente reconocer que dicha biomasa no solamente se puede emplear para la producción de energía, también puede servir como materia prima para la producción de múltiples sustancias químicas de gran valor comercial» [12].

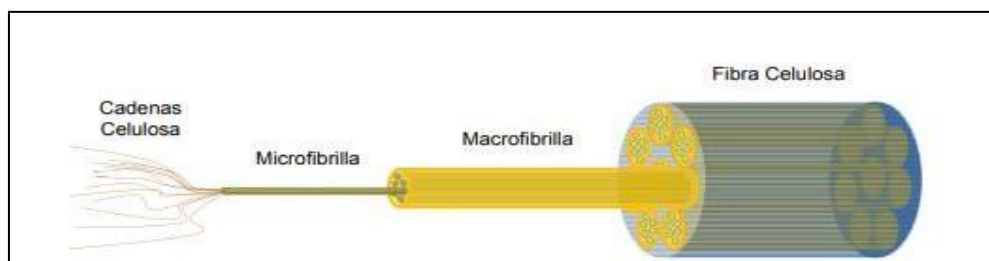
1.11. *Fibras Naturales*

Las fibras naturales se presentan con una apariencia similar a la de un cabello, la cual está conformada por varios filamentos alargados formando así unas ramificaciones de varias fibras como lo son los hilos o las cuerdas.

«Las fibras naturales son fibras de celulosa que consisten en microfibrillas dentro de una matriz amorfa de lignina y hemicelulosa. Estas fibras consisten en el conjunto de varias fibrillas que recorren toda la longitud de la misma fibra. Los enlaces de hidrogeno y otros enlazamientos proporcionan la resistencia y rigidez necesaria a las fibras. Su composición varía dependiendo del tipo de fibra; inicialmente las fibras contienen celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina» [13].

Figura 10.

Fibras naturales



Nota. La imagen muestra la estructuración de las fibras naturales en las plantas. Tomada de: A. Rico C, *Deslignificación enzimática de materiales lignocelulósicos de interés industrial.*, tesis doct., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, 2014. [En Línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/11441/71157>

1.12. *Materiales lignocelulósicos*

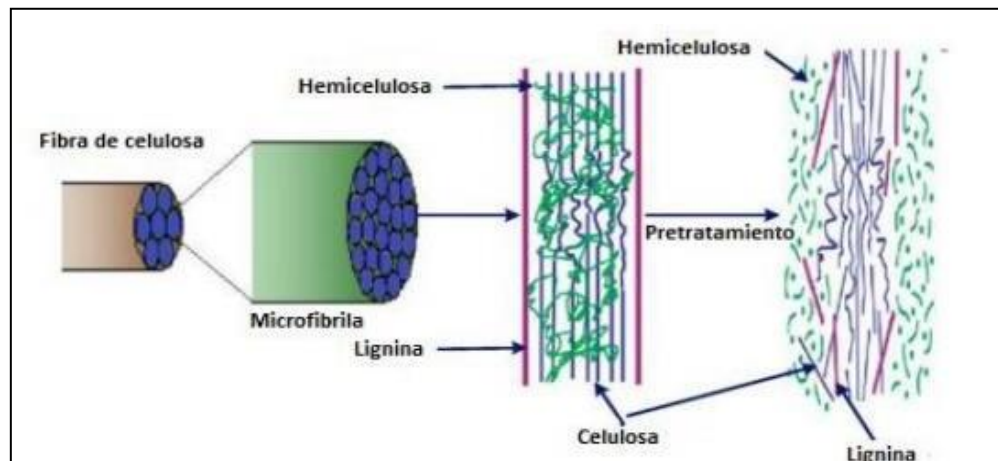
Los materiales lignocelulósicos presentes en la naturaleza se encuentran divididos en la celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales se han convertido en una gran fuente de

estudio, debido a las propiedades con las que cuenta cada uno de sus componentes. Adicionalmente otro factor importante que se tiene es evitar la acumulación de la biomasa en la superficie terrestre, ya que pueden generar problemas ambientales desde el llene de vertederos hasta la generación gases de efecto invernadero, todo esto por ser un país agricultor.

“Dichos materiales son el resultado de procesos agroindustriales como el cultivo de frutos o alimentos, donde quedan como componentes de descarte cáscaras, hojas y tallos” [14]. Es por eso que a través de los años se ha venido trabajando en el desarrollo de métodos que ayuden al aprovechamiento de estos residuos.

Figura 11.

Representación esquemática de los materiales lignocelulósicos



Nota. La imagen muestra un esquema de las fibras naturales como se encuentran en cada biomasa vegetal. Tomada de: M. A. Vergara M., *Sacarificación de Residuos Lignocelulósicos Pretratados con Peróxido de Hidrógeno Para la Obtención de Azúcares Fermentables.*, tesis pre., Facultad de Química Ambiental, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/11634/32079>

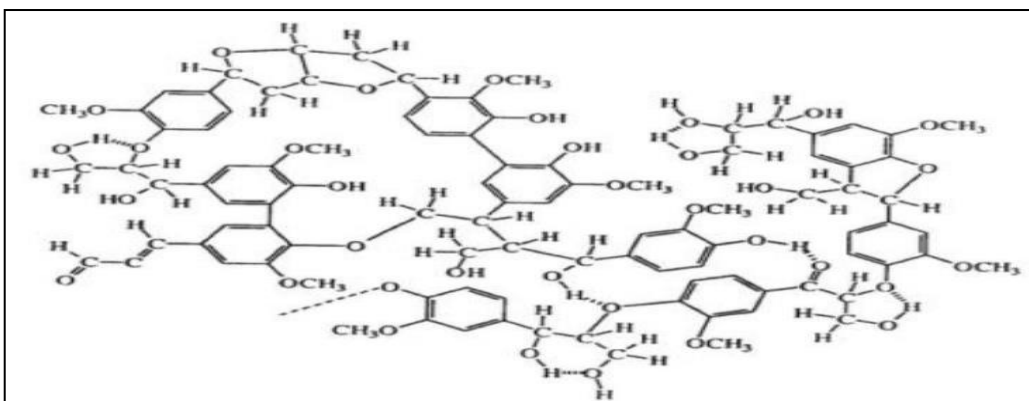
1.12.1. Lignina

«La lignina es el biopolímero que abunda en la pared celular de las plantas junto con la celulosa y la Hemicelulosa, la cantidad de componentes dentro de la pared varía dependiendo del tipo de planta. Se forma mediante reacciones químicas que suceden

en el periodo de fotosíntesis, de modo que se considera como un recurso renovable, de fácil recolección y de potencial uso industrial» [15].

“Es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales. Se concentra en la lámina media y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta” [16]. “Es el segundo biopolímero más abundante de la tierra después de la celulosa, su significado proviene del latín *lignum* que traduce madera. Es una sustancia hidrofóbica que elimina el agua de las paredes celulares de la planta, facilita las operaciones de transporte de nutrientes de la célula y le proporciona resistencia tanto mecánica como resistencia a ser penetrada por bacterias” [15].

Figura 12.
Estructura de la Lignina



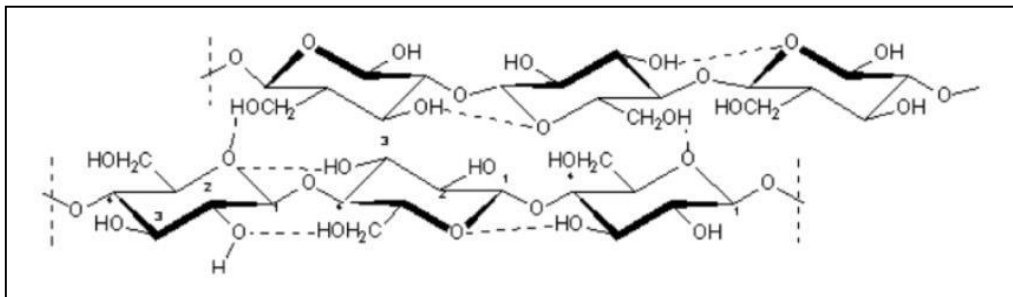
Nota. La imagen representa la estructura química que tiene la Lignina como material lignocelulósico. Tomada de: C. M. Gutiérrez J., L. F. Sabogal P., *Propuesta de adecuación de la planta de biocombustible a partir de biomasa para el procesamiento de residuos lignocelulósicos en el CTAS de la Universidad de la Salle.*, tesis pre., Facultad de Ingeniería, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1848

1.12.2. Celulosa

«La celulosa es el componente que se encuentra en mayor cantidad en los materiales lignocelulósicos y también es uno de los componentes orgánicos más abundantes en la Tierra. Es considerado un biopolímero ya que forma parte de estructuras biológicas vegetales, formado por subunidades de D-glucosa, unidas por β -1,4 glucosídicos,

disposición bastante rígida, estable y ordenada que le proporciona su inercia química. Posee dos estructuras una cristalina o nativa, caracterizada por un alto grado de cristalinidad u ordenamiento y de polimerización, por lo cual, es insoluble y otra amorfa o modificada, la cual es soluble y su grado de cristalinidad y polimerización es menor» [17].

Figura 13.
Estructura de la Celulosa



Nota. La imagen representa la estructura química que tiene la Celulosa como material lignocelulósico. Tomada de: C. M. Gutiérrez J., L. F. Sabogal P., *Propuesta de adecuación de la planta de biocombustible a partir de biomasa para el procesamiento de residuos lignocelulósicos en el CTAS de la Universidad de la Salle.*, tesis pre., Facultad de Ingeniería, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1848

1.12.3. Hemicelulosa

“La Hemicelulosa es una estructura compleja y heterogénea de carbohidratos, su estructura posee diferentes polímeros de pentosas y hexosas, principalmente D- xilosa, L-arabinosa, D-manosa, D-glucosa, D-galactosa, y ácido D-galacturónico entrelazadas entre si glucosídica mente que aparecen en las paredes celulares de forma amorfa” [17].

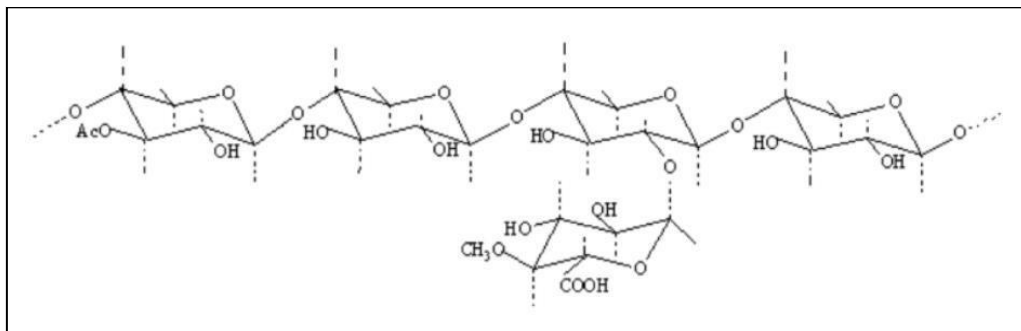
“Tiene como función dentro de la pared celular almacenar las sustancias de reserva y servir de interfase entre la lignina y la celulosa, además tiene funciones reguladoras, estructurales y de control en la expansión celular” [16].

«La Hemicelulosa tiene diversas propiedades como: biodegradabilidad, biocompatibilidad, bioactividad, entre otras, por lo cual se emplea en diferentes áreas

como la industria alimenticia, en la medicina, para la producción de energía en la industria química, en materiales poliméricos, biosurfactantes, y como aditivo en la producción del papel, entre otros. Actualmente está siendo investigada potencialmente para la producción de biocombustibles, puesto que la Hemicelulosa representa aproximadamente más de un tercio del peso seco de las células vegetales» [16].

Figura 14.

Estructura de la Hemicelulosa



Nota. La imagen representa la estructura química que tiene la Hemicelulosa como material lignocelulósico. Tomada de: C. M. Gutiérrez J., L. F. Sabogal P., *Propuesta de adecuación de la planta de biocombustible a partir de biomasa para el procesamiento de residuos lignocelulósicos en el CTAS de la Universidad de la Salle.*, tesis pre., Facultad de Ingeniería, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1848

2. METODOLOGIA Y DATOS

El proyecto consta de 6 etapas, donde se observa la metodología que se empleará para dar resultado a los objetivos planteados del actual proyecto, entre los cuales están un pretratamiento físico, una caracterización química, la medición de la capacidad de adsorción de la biomasa, la medición de humedad de los cortes solos y homogenizados con la cáscara de piña y una evaluación financiera. A continuación, en el esquema 1, se muestra un diagrama en el cual se explica el paso a paso que se desarrollará para obtener un menor porcentaje de humedad en los cortes a partir del aditivo de piña y evaluando su viabilidad financiera.

Figura 15.

Diagrama experimental



Nota. Orden metodológico del proyecto, iniciando con el pretratamiento físico y finalizando con la viabilidad financiera

Esta metodología se expone para evaluar y conocer las características de adsorción que posee el desecho orgánico mediante el estudio de los materiales lignocelulósicos que contiene la fruta (piña). El proyecto en primera instancia, pretende proponer una mejora operativa y ambiental en la industria petrolera con la implementación del aditivo, viéndose reflejado en bajos costos operativos y el incumplimiento de normativas lo que hace que se convierta en una solución.

2.1. Pretratamiento físico

Previamente a realizar el pretratamiento químico, es necesario realizar un pretratamiento físico el cual consta del secado, molienda y tamizado de cada residuo recolectado de piña (Cáscara, hoja y corona), con el fin de facilitar el manejo de la muestra y permitir la selección de cada tamaño de partícula para las respectivas pruebas. Al momento de la selección de las muestras representativas se tuvo en cuenta su maduración, con la finalidad de poder evitar descomposiciones tempranas que afectaran el desarrollo experimental del proyecto.

Figura 16.

Residuos de piña recolectada



Nota. Despulpada de las piñas recolectadas para realizar el lavado y selección de la muestra y así evitar descomposición temprana

2.1.1. Secado

Para iniciar con el secado de las muestras recolectadas, se hizo un lavado de los residuos para retirar posibles contaminantes que alteraran la composición de la biomasa. Luego los 47.5kg de cáscara de piña se empezaron a acomodar en bandejas de 2,63 kg cada una, para poder así iniciar con un secado directo mediante el horno Nabertherm More than Heat 20-3000 °C, permitiendo tener un control de las temperaturas y un secado

homogéneo en todas las bandejas. El secado se realiza a una temperatura de 80°C, siendo esta una temperatura recomendada para secar tejidos vegetales, ya que si se trabaja a temperaturas menores pueden quedar residuos de humedad, o si se trabaja a temperaturas muy altas se puede generar una descomposición térmica dañando el residuo orgánico. El proceso del secado tuvo una duración de 120 horas, donde se tenía como objetivo poder retirar la mayor cantidad de humedad presente en los materiales lignocelulósicos para poder manejar el aditivo con pesos secos pudiendo obtener mejores resultados al momento de actuar como adsorbente.

Figura 17.
Secado de los residuos de piña



Nota. Bandejas de los residuos de piña introducidos en el horno para empezar a su secado directo.

Al colocar la biomasa de piña en el horno, se observó que se generaba una reducción de volumen en las cáscaras, esto se debe, a que la biomasa de la piña cuenta aún con parte del fruto adherido a ella, donde hay una alta presencia de humedad gracias a que la piña es rica en agua. Como se ve en la figura 19 el proceso se realizó con la finalidad de la conservación del desecho orgánico evitando una descomposición temprana del residuo y a su vez afectando las fibras las cuales contienen las propiedades lignocelulósicas que se comportan como un medio adsorbente.

Figura 18.

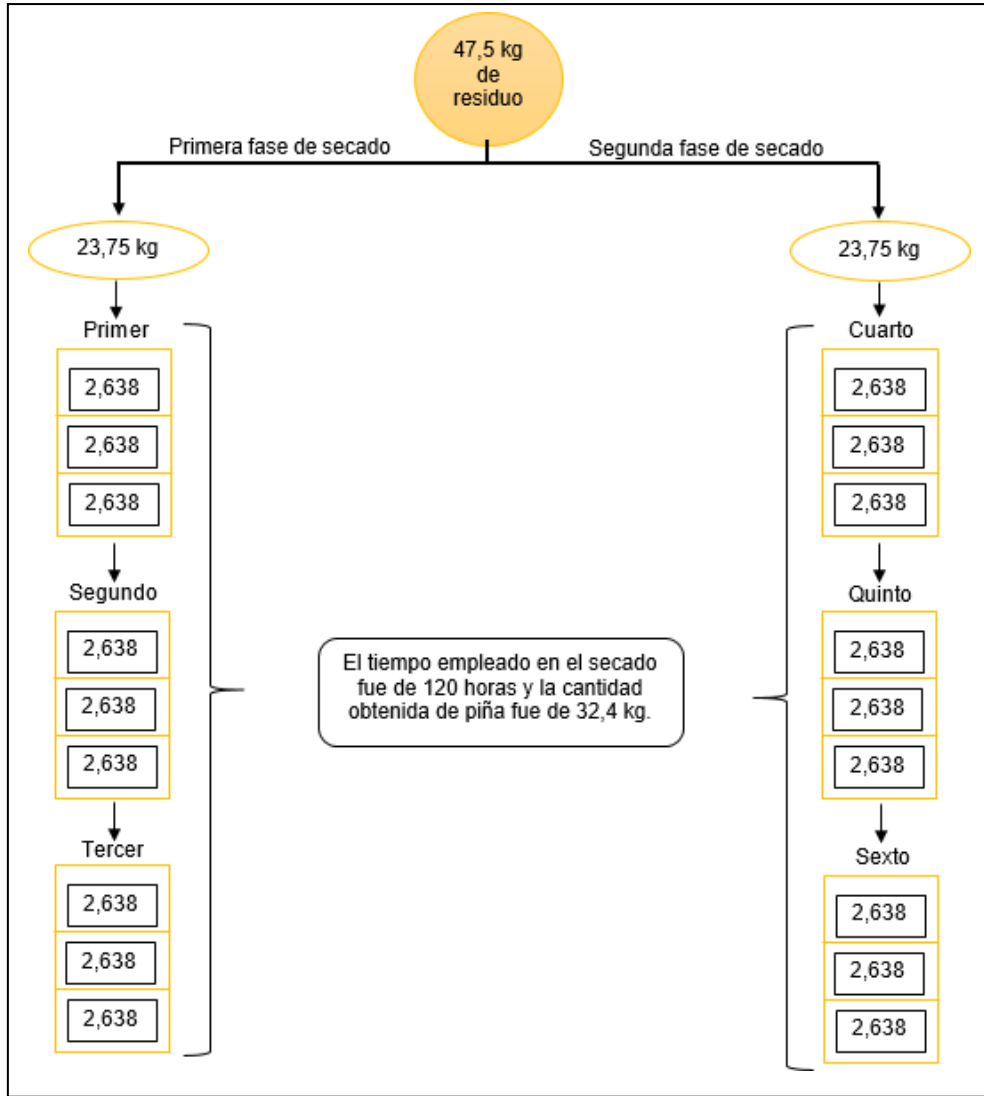
Biomasa de la piña seca



Nota. Aspecto físico después del secado directo

Como se puede observar en el esquema 2 de los 47,5 kg de residuos de piña recolectados son sometidos a dos etapas de secado para la reducción de agua libre (esto quiere decir, el nivel de agua disponible para los microorganismos, las mismas reacciones químicas que se pueden generar, entre otros) después del periodo de 120 horas a 80°C.

Figura 19.
Etapas de secado



Nota. En esta figura se podrá interpretar de forma más clara y esquemática de cómo se llevó el proceso del secado teniendo en cuenta la repartición de los 47,5 kg del residuo orgánico.

2.1.2. Molienda

Posterior al secado se realizó el proceso de molienda, donde se utilizó un molino de martillos (siemens, motor 1LF3, 2HO, 1710 RPM), esto se llevó a cabo para obtener un tamaño de partícula menor y así mismo, facilitar un mejor manejo de los residuos

aumentando el área de contacto del aditivo con los cortes de perforación logrando lograr una mayor eficiencia de adsorción.

Figura 20.

Molino usado para cortar los residuos



Nota. Equipo usado para triturar los residuos de piña después del secado para el facilitar el manejo de las muestras.

Al pasar los 32,5 kg de piña por el molino, la cantidad de muestra triturada se redujo a 30 kg de piña, lo que muestra que después de la molienda se tuvieron pérdidas por razones como, la malla, las ranuras (el cierre del equipo o los empaque), los discos que contiene el equipo (adherencia por la pequeña presencia de humedad que posee la de piña aún). Además, al momento de alimentar el molino, en la partesuperior del equipo la misma fuerza, velocidad y aire que producía la maquina generaba mayores pérdidas.

Figura 21.
Residuos triturados



Nota. Aspecto de la biomasa de piña después de pasar por la molienda

2.1.3. Tamizado

Para obtener los diferentes tamaños de partícula a trabajar, se llevó a cabo el tamizado donde se seleccionaron cuatro números de mallas (N°20, N°30, N°40 y >N°40), con el fin de tener cuatro muestras representativas para evaluar, analizar y seleccionar la el tamaño partícula más adsorbente de humedad en los cuttings.

vibración que generaba el equipo fue seleccionando y formando los tamaños de partículas uniformes de interés. Al momento de estar realizando el tamizado se presentaron algunos problemas humanos o técnicos, entre ellos están, el mal montaje de los tamices ya que al estar mal sujetado se presentaba pérdida de piño en otro caso la misma vibración desajustaba todos los tamices generando la misma pérdida de aditivo. Debido a las pérdidas obtenidas después del tamizado se recolecto un volumen total de 28,5 kg del residuo.

Figura 22.
Proceso de tamizado



Nota. Mallas usadas para seleccionar el tamaño de partícula a trabajar

A continuación, se puede observar en la Tabla 4 los respectivos tamices que se usaron según las normas ISO/ASTM para realizar la selección de las muestras a estudiar. Además, se logra ver la cantidad del aditivo que se recolectó por cada número de malla.

Tabla 4.
Cantidad y tamaños de partícula seleccionados

ASTM (#)	Cantidad (Kg)	Tamaño de Partícula Obtenido(μm)	Tamaño de Partícula Obtenido (mm)
N°20	9,085	850	0,850
N°30	4,105	600	0,600
N°40	7,125	425	0,425
N°50	8,185	300	0,300
Total	28,5	-	-

Nota. En esta tabla se ilustra los cuatro números de mallas seleccionados con su respectiva cantidad recolectada para el desarrollo del proyecto. Los datos fueron tomados de *Tabla corporativa normas tamices ISO / ASTM*. [En línea]. Disponible: <https://www.tamices.es/wp->

2.2. Pretratamiento químico

A nivel de laboratorio se realizaron estudios experimentales los cuales sirvieron para caracterizar los residuos mediante los procesos de humedad, componentes extractivos, lignina, Holocelulosa, celulosa y hemicelulosa. Esto se realizó con el objetivo de tener valores representativos de la biomasa de manera porcentual de aquellas muestras obtenidas en el pretratamiento físico.

Con el pretratamiento físico ya desarrollado se dio inicio al pretratamiento químico, proceso en el cual mediante la técnica del cuarteo se buscó unificar la muestra de cada tamaño de partícula obtenido. Posterior a eso, se comenzó con la caracterización de los materiales lignocelulósicos (lignina, Holocelulosa, celulosa y hemicelulosa) presentes en el aditivo orgánico, por medio de las diferentes pruebas de laboratorio; esto se debe a que son de vital importancia ya que se comportan como adsorbentes gracias a las fibras que disponen. Este análisis porcentual es de vital importancia como parámetro de selección al momento de evaluar su eficiencia de adsorción.

A continuación, se mostrarán las diferentes pruebas empleadas a nivel laboratorio para poder caracterizar el aditivo orgánico.

2.2.1. Determinación de Humedad

La caracterización se inició con la determinación de humedad, donde este se convierte en la base de las diferentes pruebas de laboratorio, ya que es necesario identificar la humedad presente en la fibra del aditivo para poder seguir con el resto de los experimentos. Se tomaron 12,4gr de cada una de las muestras previamente tamizadas, luego se tomaron cuatro crisoles vacíos y se llevaron a una mufla Thermolyne con una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ por una hora, las muestras se dejan enfriar en el desecador por 20 minutos. Posteriormente se vuelven a introducirlos crisoles en la mufla Thermolyne a la misma temperatura por dos horas, al haber transcurrido ese tiempo, se trasladó el conjunto (muestra y crisol) al desecador por 20 minutos, para proceder al peso de cada muestra. El procedimiento anterior se repitió varias veces con el fin de tener un valor constante de humedad.

Figura 23.
Mufla usada para el secado



Nota. Muestras después de pasar por la mufla

En este procedimiento se verá a continuación los respectivos datos que se obtuvieron a través del experimento y a partir de eso se pudo determinar los diferentes porcentajes de humedad de cada muestra. El valor inicial tomado de cada tipo de malla fue de 12,4 g, el cual fue sometido a un secado directo en la mufla buscando secar las partículas lo más posible sin alterar sus propiedades adsorbentes, llevando así a conocer los pesos netos de fibra disponibles en el aditivo.

Tabla 5.
Valores de cada partícula al pasar por el desecador

Tamaño Partícula	1	2	3	4	5
N°20	12,379	11,989	11,583	11,108	10,995
N°30	12,128	11,802	11,565	11,295	11,227
N°40	11,951	11,715	11,682	11,569	11,485
N°50	11,932	11,928	11,920	11,909	11,902

Nota. Pesos de las muestras al pasar por la mufla y el desecador

Por último, al obtener los pesos constantes cada muestra, se aplicó la siguiente fórmula, donde esta nos dirá el porcentaje de humedad para cada tamaño de partícula.

Ecuación 1.

Determinación del Porcentaje de Humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso del agua contenida}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Nota. Fórmula empleada para hallar la humedad de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173

2.2.2. Determinación de Extraíbles

Conociendo la humedad de cada tamaño de partícula, se llevó a cabo la extracción de compuestos lipofílicos e hidrosolubles, esto es necesario ya que las fibras del aditivo de piña deben estar libre de todo tipo de extracto. Se inicio con 7,5 gr de cada una de las cuatro muestras donde cada una fue colocada en un dedal de extracción, las cuales se colocaron en un equipo de extracción tipo Soxhlet con unamezcla de 200 ml de hexano y 150 ml de etanol el cual funciona como un solvente.

Posterior a eso, la llama fue ajustada de tal forma que recirculara (sifones) el solvente 3 veces por hora (cada 20 minutos). Después de 4 horas el solvente se evaporo en un 95% y se colocaron cada una de las muestras sin extraíbles en crisoles de peso conocido. Posterior a eso, se tomaron los cuatro crisoles y se introdujeron en una mufla durante 4 horas a una temperatura de 105 +/- 3°C. Al culminar el tiempo, se colocaron los crisoles en un desecador por 20 minutos para poder conocer su peso. Este procedimiento se repitió varias veces con el fin de tener exactitud en el valor de extraíbles.

Figura 24.
Montaje Soxhlet



Nota. Montaje realizado para hallar los extraíbles en la biomasa

En la tabla 6 se puede ver los pesos de las muestras obtenidos al momento de pasar por la mufla y por el desecador en tres ocasiones hasta lograr que los pesos se mantengan constantes.

Tabla 6.

Pesos constantes de las muestras

Tamaño Partícula	1	2	3
N°20	8,24	7,57	7,26
N°30	8,45	7,23	7,17
N°40	8,52	7,44	7,04
N°50	7,28	6,68	6,71

Nota. Muestras al pasar por el desecador y tener pesos constantes

La determinación de extraíbles es importante realizarla al momento que se está caracterizando el aditivo de piña, debido que al cuantificar los extraíbles y la humedad se puede tener un valor más acertado de los materiales lignocelulósicos presentes en la fibra de la piña. Al obtener los pesos constantes, los cuales son el peso seco de la muestra sin extracto, se procede a calcular el porcentaje de extraíbles en cada muestra con la ecuación 2.

Ecuación 2.

Determinación de Extraíbles

$$\% \text{ Extraíbles} = \frac{\text{peso seco muestra} - \text{peso seco de la muestra sin extracto}}{\text{peso seco muestra}} * 100$$

Nota. Fórmula empleada para hallar los extraíbles de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

2.2.3. Lignina Insoluble en Ácido

Se tomaron 4 muestras de 500 mg libre de extraíbles y con humedad conocida. Luego se sometieron cada una de ellas a una hidrolisis acida con 5 ml de H₂SO₄ al 72% a 30°C durante 1 hora. Se continuó diluyendo con agua destilada hasta obtener una concentración de H₂SO₄ al 4%. Posterior a esto, se introdujeron a baño maría durante una hora a 110°C, al cumplir el tiempo establecido, se dejaron enfriar y reposar. Seguidamente se filtraron las suspensiones en papel filtro previamente tarado en un filtro Kitasato con una bomba de vacío. Al tener filtrado, se continuo con el lavado del filtro con agua destilada hasta obtener un pH neutro. Por último, las muestras se llevaron a secar durante cuatro horas a 100°C en la mufla.

Figura 25.

Proceso de la hidrólisis ácida



Nota. Muestras sometidas a un calentamiento para la realización de la hidrólisis ácida

Finalmente, después de las cuatro horas de mufla se obtuvieron los pesos de cada tamaño de partícula, los cuales serían los necesarios para poder calcular el porcentaje de lignina insoluble en ácido mediante la siguiente fórmula.

Ecuación 3.

Determinación de la Lignina Insoluble en Ácido

$$\% \text{ Lignina insoluble en ácido} = \frac{\text{peso de lignina}}{\text{peso seco de la muestra}} * 100$$

Nota. Fórmula empleada para hallar la lignina insoluble en ácido de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

Malla N°20

Tabla 7.

Dilución al 72%

Dilución del 98% al 72%	
C1	0,98
V1 (ml)	5
C2	0,72
V2 (ml)	6,81

Nota. Dilución

Tabla 8.

Dilución al 4%

Dilución del 72% al 4%	
C1	0,72
V1 (ml)	11,81
C2	0,04
V2 (ml)	212,58

Nota. Dilución

Al tener las diluciones hechas, se logra obtener el peso de la lignina y con la ecuación 3 se calcula el porcentaje de lignina insoluble en ácido.

Como se puede ver a continuación:

- Peso Lignina (g) = 0,0871
- Peso Extraíbles (g) = 0,464

Malla N°30

Tabla 9.

Dilución al 72%

Dilución del 98% al 72%	
C1	0,98
V1 (ml)	5
C2	0,72
V2 (ml)	6,81

Nota. Dilución

Tabla 10.

Dilución al 4%

Dilución del 72% al 4%	
C1	0,72
V1 (ml)	11,81
C2	0,04
V2 (ml)	212,58

Nota. Dilución

Al tener las diluciones hechas, se logra obtener el peso de la lignina y con la ecuación 3 se calcula el porcentaje de lignina insoluble en ácido.

Como se puede ver a continuación:

- Peso Lignina (g) = 0,091
- Peso Extraíbles (g) = 0,464

Malla N°40

Tabla 11.

Dilución al 72%

Dilución del 98% al 72%	
C1	0,98
V1 (ml)	5
C2	0,72
V2 (ml)	6,81

Nota. Dilución

Tabla 12.

Dilución al 4%

Dilución del 72% al 4%	
C1	0,72
V1 (ml)	11,81
C2	0,04
V2 (ml)	212,58

Nota. Dilución

Al tener las diluciones hechas, se logra obtener el peso de la lignina y con la ecuación 3 se calcula el porcentaje de lignina insoluble en ácido.

Como se puede ver a continuación:

- Peso Lignina (g) = 0,0929
- Peso Extraíbles (g) = 0,464

Malla N°50

Tabla 13.

Dilución al 72%

Dilución del 98% al 72%	
C1	0,98
V1 (ml)	5
C2	0,72
V2 (ml)	6,81

Nota. Dilución

Tabla 14.

Dilución al 4%

Dilución del 72% al 4%	
C1	0,72
V1 (ml)	11,81
C2	0,04
V2 (ml)	212,58

Al tener las diluciones hechas, se logra obtener el peso de la lignina y con la ecuación 3 se calcula el porcentaje de lignina insoluble en ácido.

Como se puede ver a continuación:

- Peso Lignina (g) = 0,0975
- Peso Extraíbles (g) = 0,464

Nota. Dilución

2.2.4. Lignina Soluble en Ácido

Con los hidrolizados obtenidos en la Lignina insoluble en ácido, se usó el espectrofotómetro donde se midió la absorbancia a 550 nm. Para poder utilizar este equipo se preparó el blanco, el cual se hizo a una solución de 4% m/m de H₂SO₄. Al tener listo el blanco se procedió a determinar el valor de absorbancia de cada muestra. Se tomaron 4 valores por partícula con el fin de poder tener mayor exactitud en cada medida.

Figura 26.
Hidrolizado de las muestras



Nota. Hidrolizados obtenidos de cada tamaño de partícula en la lignina insoluble en ácido

Los siguientes esquemas muestran los valores necesarios para poder aplicar la ecuación y así hallar el porcentaje de lignina soluble en ácido.

Malla N°20

Tabla 15.
Valores malla N°20

Valores de Absorbancia (AU)	
1	1,4365
2	1,4295
3	1,3755
4	1,368
5	1,3605
Promedio	1,394

Volumen Hidrolizado (ml) = 110

Peso de la Fibra Seca (g) = 0,5

Absorbancia a 550 (AU) = 1,394ξ (ml*AU/g) = 1100

Malla N°30

Tabla 16.
Valores malla N°30

Valores de Absorbancia (AU)	
1	1,399
2	1,391
3	1,402
4	1,404
5	1,405
Promedio	1,400

Volumen Hidrolizado (ml) = 110

Peso de la Fibra Seca (g) = 0,5

Absorbancia a 550 (AU) = 1,400ξ (ml*AU/g) = 1100

Malla N°40

Tabla 17.
Valores malla N°40

Valores de Absorbancia (AU)	
1	1,073
2	1,071
3	1,074
4	1,087
5	1,076
Promedio	1,076

Volumen Hidrolizado (ml) = 110

Peso de la Fibra Seca (g) = 0,5

Absorbancia a 550 (AU) = 1,076ξ (ml*AU/g) = 1100

Malla N°50

Tabla 18.
Valores malla N°50

Valores de Absorbancia (AU)	
1	1,082
2	1,084
3	1,071
4	1,068
5	1,066
Promedio	1,074

Volumen Hidrolizado (ml) = 110

Peso de la Fibra Seca (g) = 0,5

Absorbancia a 550 (AU) = 1,074ξ (ml*AU/g) = 1100

Con las mediciones de absorbancia en el espectrofotómetro y teniendo en cuenta la ley de Beer-Lambert, se determinó la Lignina soluble en ácido con la siguiente fórmula.

Ecuación 4.

Determinación de la Lignina Soluble en Ácido

$$\% \text{ Lignina soluble en ácido} = \frac{(A * V)}{(\xi * m)} * 100$$

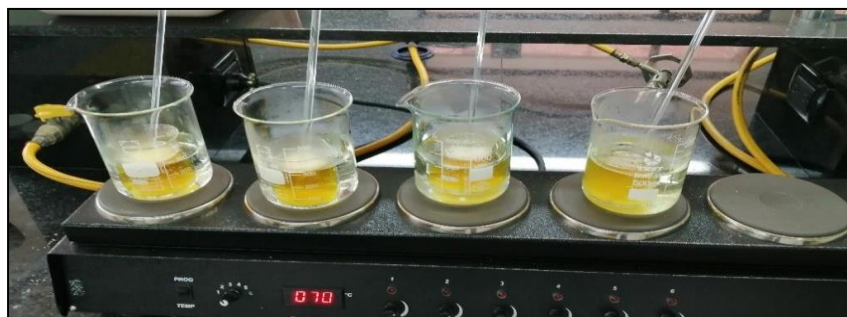
Nota. Fórmula empleada para hallar la lignina soluble en ácido de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

2.2.5. Determinación de la Holocelulosa

Para determinar la Holocelulosa se usó una cantidad de 2,5 g para cada una de las muestras tratadas, donde se le agregaron 80 ml de agua destilada caliente con 0,5 ml de ácido acético y 1 g de clorito de sodio; todas las mezclas realizadas se calentaron en baño maría a una temperatura de 70°C durante una hora en constante agitación. Después de cumplir ese tiempo se agrega nuevamente 0,5 ml de ácido acético y 1 g de clorito de sodio a cada montaje continuamente cada hora hasta que se completaron un total de 6 repeticiones.

Figura 27.

Baño maría de las muestras en agitación constante



Nota. Baño maría de las muestras en constante agitación hasta completar las 6 repeticiones con ácido acético y clorito

Al tener completadas las repeticiones se filtran las suspensiones y se lavan con acetona y agua, para poder llevarlas a la mufla y por así pesarlas en seco. Estos pesos serían de las Holocelulosas y mediante la siguiente fórmula se procede con el cálculo porcentual de Holocelulosa de cada tipo de malla.

Ecuación 5.

Determinación de la Holocelulosa

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{\text{Peso de Holocelulosa}}{\text{Peso seco de la muestra sin extractivos}} * 100$$

Nota. Fórmula empleada para hallar la holocelulosa de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

2.2.6. Determinación de la Celulosa y Hemicelulosa

Se usó una parte de la Holocelulosa (1 gr) de cada tipo de malla, donde se colocaron en un Beaker de 100 ml y se le añadieron 10 ml de NaOH al 17,5%, se agitaron y se dejaron en reposo por 2 minutos. Después de ese tiempo, se le agregaron 5 ml de NaOH al 17,5%, se agitaron y se dejaron en reposo por 5 minutos. Se adicionaron esas cantidades hasta que se completaron 25 ml de NaOH en intervalos de 5 minutos incluyendo la adición inicial. Se procedió a introducir las mezclas en baño maría a 20°C durante 30 minutos para un total de 45 minutos. Pasados los 30 minutos se le agregaron 30 ml de agua destilada a cada montaje, se agitaron y se dejaron reposar por 1 hora, posteriormente se realizó el filtro al vacío con un papel filtro previamente tarado lavándolo con agua destilada y NaOH al 17,5%.

Figura 28.

Calentamiento de las muestras



Nota. Muestras sometidas a baño maría durante 30 minutos

A las celulosas recogidas se le agregaron 15 ml de ácido acético al 10% y después de 3 minutos se continuó aplicando filtro al vacío, posteriormente se retiró el ácido acético remanente a cada una y se efectuaron lavados con agua destilada hasta que se obtuvieron una mínima concentración de ácido. Por último, las muestras de las celulosas contenidas en el papel filtro se llevaron a una mufla a 80°C +/-5°C por 4 horas. Al transcurrir el tiempo se transfirieron todos los montajes a un desecador por 20 minutos para poder pesarlos, este proceso de secado se repitió hasta que se obtuvieran pesos constantes de cada muestra.

Ecuación 6.

Determinación de la Celulosa

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{\text{Peso crisol con Celulosa} - \text{Peso crisol}}{\text{Peso seco de la muestra de Holocelulosa}} * 100$$

Nota. Fórmula empleada para hallar la celulosa de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

La cantidad de Hemicelulosa es determinada mediante la diferencia de la cantidad inicial de Holocelulosa y la cantidad de Celulosa aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 7.

Determinación de la Hemicelulosa

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \frac{\text{Peso de la Holocelulosa} - \text{Peso de la Celulosa}}{\text{Peso de la Holocelulosa}} * 100$$

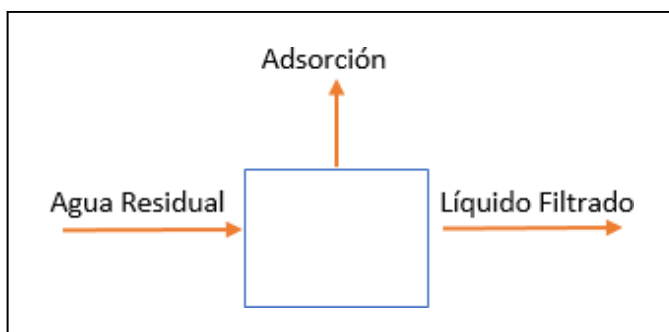
Nota. Fórmula empleada para hallar la hemicelulosa de la biomasa. Tomado de: Alfonso, s. M. R., & Nieto, m. C. R. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. 14(1), 173.

2.3. Capacidad de Adsorción del Aditivo

Para conocer la capacidad de eficiencia que posee el aditivo orgánico como adsorbente, se realizó un proceso de filtración en el laboratorio. Esta filtración se llevó a cabo con cada tipo de malla seleccionado y se inició con la toma de agua residual presente en los cortes de perforación la cual se colocó en un beaker. Posteriormente se pesaron 65 g de agua residual y 13,3 g de cada tamaño de partícula colocándolos en un embudo previamente tarado; se empieza adicionar los 65 g de agua residual dejando reposar el montaje durante 5 horas. Al haber cumplido el tiempo estipulado, se procedió al peso de piña con humedad, filtro húmedo y el líquido filtrado.

Figura 29.

Balance de materia



Nota. Balance realizado para mirar la capacidad de adsorción.

Al tener estos pesos establecidos se procedió a realizar un balance de materia como se pueden ver en la figura 31, con la finalidad de conocer la capacidad que tiene el aditivo de

comportarse como adsorbente. Este balance se realizó con el líquido (agua residual) y con cada uno de los aditivos para seleccionar el correcto, y así cumplir con el objetivo de reducir el porcentaje humedad que presentan los cortes de perforación.

Mediante la ecuación 8, se realizó el cálculo de adsorción que tiene cada una de las muestras a estudiar.

Ecuación 8.

Balance de materia de las muestras

$$(Agua residual * Humedad del agua residual) = Líquido filtrado + Adsorción$$

Nota. Fórmula empleada para el cálculo de la capacidad de adsorción del aditivo

2.4. Medición de Humedad de los Cortes de Perforación

En esta parte de la metodología la medición de la humedad de los cortes que provienen de los catch tank es muy importante, ya que es el valor de entrada con el que se espera trabajar con el fin de reducirlo al entrar en contacto con el aditivo orgánico. Para medir la humedad inicial se realizó mediante la prueba de retorta, endonde se colocó el residuo sólido en un contenedor de acero que se presenta en forma cilíndrica. La prueba se realizó a una temperatura de 627 °F por 45 minutos, después del tiempo empleado se determinó el porcentaje de humedad con la lectura de una probeta de 10 ml que presentan en los cuttings. La toma de humedad inicial se realizó 3 veces para poder sacar un promedio de los valores encontrados y así tener mayor exactitud en la prueba.

Figura 30.
Equipo de retorta



Nota. Equipo empleado para medir la humedad de los cortes

2.5. Medición del pH de los cortes de perforación

Mediante un pH-metro se logró realizar de la medición de los cortes de perforación homogenizados, provenientes de la operación de campo.

2.6. Medición de Humedad de los Cortes en Presencia del Aditivo

Para poder medir la humedad de los cortes en presencia de aditivo fue necesario realizar un montaje por cada tamaño de partícula, el cual consistió en colocar en un beaker de 100 ml el aditivo de piña con los cortes de perforación homogenizados. Para cada tipo de malla se manejaron 2 escenarios para evaluar la humedad final, en la tabla 5 se pueden ver la forma en el que se hicieron los montajes.

Tabla 19.

Escenarios utilizados para medir la humedad final

	Medición de Humedad con los Sólidos	Medición de Humedad con Agua Residual
1	Cantidad de piña constante con variación de cantidad de sólidos	Cantidad de piña constante con variación de cantidad de agua residual
2	Cantidad de sólidos constante con variación de cantidad de piña	Cantidad de agua residual constante con variación de cantidad de piña

Nota. La tabla muestra los escenarios utilizados en el proyecto, donde se manejaron cantidades de 20g, 40g y 60g para evaluar cada tamaño de partícula.

Figura 31.

Mezclas de las muestras con los aditivos



Nota. Mezclas realizadas en los beakers para evaluar los diferentes escenarios de adsorción

Al tener los montajes listos, se dejó reposar cada uno de ellos (Aditivo + Cortes) por 1 hora permitiendo que el aditivo pudiera hacer efecto, después se procedió a colocar lo homogenizado en la prueba de la retorta para realizar la prueba de humedad por 45 minutos a una temperatura de 627 °F. Finalmente se toman los valores que se obtienen en la probeta de 10 ml los cuales corresponden al porcentaje de humedad final de cada tipo de malla.

3. VIABILIDAD FINANCIERA

Teniendo en cuenta que el proyecto a ejecutar es considerado una inversión y entendiendo esta como la materialización de los recursos financieros (flujos dinerarios provenientes del capital u otros activos financieros) para obtener un bien tangible o intangible sobre el cual se espera obtener una rentabilidad. Se debe efectuar un análisis de la inversión que para el presente caso se efectuará mediante el método de valoración Free Cash Flow (FCF) y WACC (Rentabilidad exigida ponderada).

Este método consiste en actualizar los rendimientos futuros de un activo mediante la identificación de los flujos de caja que genera y /o generara el proyecto y descontarlos a valor presente utilizando la tasa de descuento denominada WACC [19].

Con respecto a los componentes del flujo de caja se pueden resumir en tres aspectos:

- Establecer el flujo de caja que, para el caso de los proyectos de inversión, serán los flujos monetarios derivados de este.
- Determinar la tasa de descuento teniendo en cuenta la relación directa entre el riesgo y la rentabilidad exigida a la inversión.
- Planear la duración con respecto a los periodos en los cuales se llevarán a cabo la inversión.

Los pasos para la evaluación de un proyecto mediante el método de flujos de caja son los siguientes.

- Establecer el encaje estratégico con el objetivo de hallar la relación de causalidad entre la dirección estratégica y la dirección financiera del proyecto. Posteriormente se procede a establecer el plan de negocio y las hipótesis de proyección respectivas.
- Elaborar el estado de resultados y el balance general proyectado con base en las hipótesis de proyección determinadas previamente.
- Elaborar el flujo de caja del proyecto en cada uno de los periodos contemplando los movimientos de la tesorería.
- Determinar la WACC (costo ponderado de capital), la cual se constituye como el costo promedio ponderado de las rentabilidades exigidas por los propietarios (K_e) y por las entidades de financiación externas (K_d). La ecuación a utilizar es:

Ecuación 9.

Costo ponderado de capital (WACC)

$$WACC = \left[\frac{E}{E + L} \right] * K_e + \left[\frac{D}{E + L} \right] * K_d * (1 - t)$$

Nota. Fórmula para hallar el costo ponderado de capital

- D= Deuda a valor de mercado.
- E= Equity (recursos propios) a valor del mercado. Ke= Rentabilidad esperado por el propietario.
- Kd= Rentabilidad materializada en el costo de la deuda con terceros.
- t= Tasa impositiva.

Establecer el valor terminal del proyecto con el objetivo de hacer un cierre a la valoración utilizando el método de la empresa en marcha mediante la ecuación.

Ecuación 10.

Valor terminal (VT)

$$VT = \frac{\text{Flujo de caja}_n * (1 + g)}{WACC - g}$$

VT = Valor terminal.

g = Tasa de crecimiento.

Nota. Fórmula empleada para hallar el valor terminal

Hallar el valor presente neto utilizando como tasa de descuento la WACC y los factores (Flujos de cajas) establecidos previamente, lo cual, finalmente arrojará información acerca de la valoración del proyecto, determinando la viabilidad de este y comparando la tasa de descuento representativa del costo de la financiación con la rentabilidad de la inversión reflejada en la TIR (Tasa interna de retorno).

Ecuación 11.

Tasa interna de retorno (TIR)

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

F_n = Flujo neto
N = Períodos

Nota. Fórmula empleada para hallar la tasa interna de retorno

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos en las diferentes prácticas de laboratorio, las que permitirán analizar de manera más exacta el aditivo permitiendo evaluar su viabilidad a gran escala.

4.1. Pretratamiento químico

Al tener las muestras de piña con los tamaños de partícula a trabajar, se procede a realizar la caracterización química del aditivo mediante las diferentes pruebas de laboratorio que serán mostradas a continuación.

4.1.1. Determinación de Humedad

A través de la mufla y el desecador se logró calcular la humedad con la que quedo el aditivo orgánico después del pretratamiento físico. Como se puede ver en la tabla 20 se tiene cada valor de humedad de cada tamaño de partícula. Los valores hallados fueron calculados mediante la ecuación 1, en donde al tener los valores de agua contenida y peso de la muestra se obtuvo el porcentaje de las muestras.

Tabla 20.

Humedad de las muestras

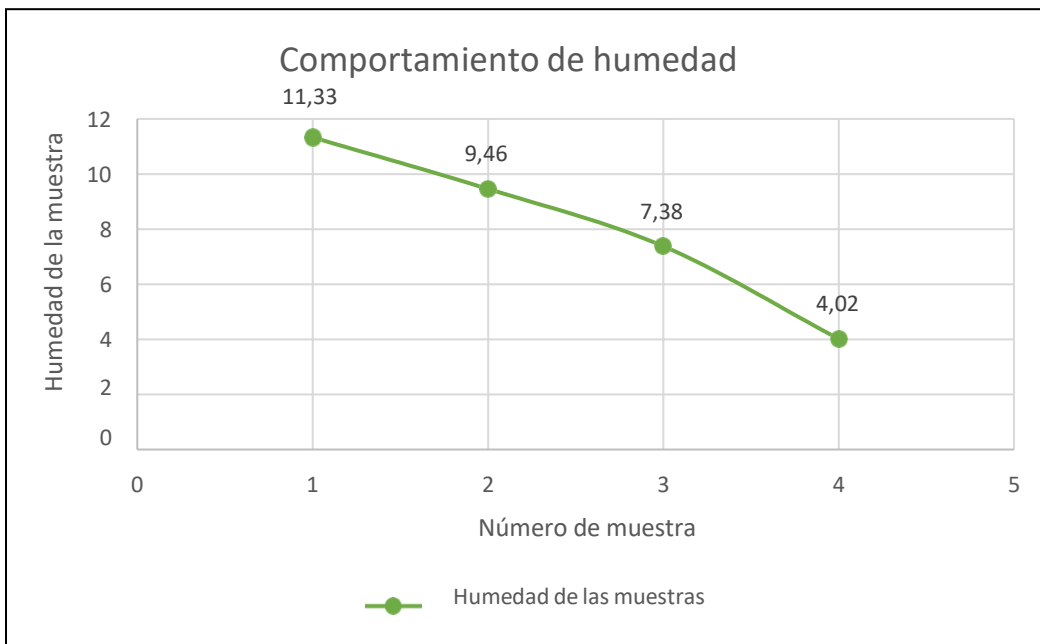
Escenario	Tipo de malla	Humedad (%)
1	N°20	11.33
2	N°30	9.46
3	N°40	7.38
4	N°50	4.02

Nota. Datos de porcentaje (%) de humedad de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de humedad.

La determinación de humedad es un proceso muy importante al momento de manejar cualquier tipo sólido, ya que sirve para poder conocer los pesos en base seca de cada muestra a estudiar. Esto permite tener una mayor exactitud al momento de realizar cálculos o en su defecto no alterar las propiedades de la materia prima logrando una

estabilidad y así evitando valores erróneos en la cuantificación de las propiedades. Es por eso que los cálculos realizados anteriormente muestran como la humedad hallada va disminuyendo a medida que el número de malla también disminuye, siendo un comportamiento directamente proporcional. En donde a menor tamaño de partícula menor humedad presenta el aditivo. A partir de eso la figura 34 muestra el comportamiento descendiente de la humedad a medida que el diámetro se va reduciendo.

Figura 32.
Humedad de cada tamaño de partícula



Nota. En este gráfico se puede observar el comportamiento de humedad en cada tamaño de partícula.

4.1.2. Determinación de Extraíbles

Después de que cada muestra pasara por el montaje Soxhlet, mufla y desecador; se pudo obtener los valores experimentales los cuales fueron reemplazados en la ecuación 2, lo que permitió tener la cantidad porcentual de los extraíbles en cada tipo de partícula como se puede ver en la tabla 21.

Tabla 21.

Cuantificación de extraíbles

Escenario	Tipo de malla	Extraíbles (%)
1	N°20	3.20
2	N°30	4.40
3	N°40	6.13
4	N°50	10.53

Nota. Datos de porcentaje (%) de extraíble de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de extraíbles.

En los cálculos realizados anteriormente se puede ver como a medida que se varía el tamaño de partícula del aditivo la cantidad de extraíbles presentes en la biomasa de piña preparada tiene un comportamiento similar, lo que muestra que la presencia de proteínas, vitaminas, lípidos, minerales y clorofila no es muy variable según la muestra que se tenga. La muestra de mayor cantidad de extraíbles presentes en la piña es la malla 50 con una cantidad del 10,53%.

Además, se puede ver que la cantidad porcentual que se tiene en cada muestra no es muy alta, esto es positivo debido a que permite que los materiales lignocelulósicos se presenten en mayor cantidad, teniendo entre el 80- 90 % todavía de espacio libre. En cambio, al estar en mayor cantidad afectarían la capacidad de adsorción que pueda presentar el aditivo orgánico.

4.1.3. Determinación de Lignina Insoluble en Ácido

Para tener la cuantificación de las ligninas, primero se caracterizó la insoluble en ácido la cual es muy importante ya que es la base para poder calcular la lignina soluble en ácido. Al tener los pesos de la lignina, se empleó la ecuación 3 la que llevo a calcular los porcentajes de lignina insoluble que posee cada tipo de malla seleccionada. En la tabla 22 se ven los valores de cada partícula.

Tabla 22.*Cuantificación de la lignina insoluble en ácido*

Escenario	Tipo de malla	Lignina insoluble (%)
1	N°20	18.77
2	N°30	19.61
3	N°40	20.02
4	N°50	21.01

Nota. Datos de porcentaje (%) de lignina insoluble de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de la lignina insoluble en ácido.

Podemos observar que hay un comportamiento ascendente y esto es porque a menor tamaño de partícula más cantidad en granulometría vamos a tener y vamos a evidenciar un porcentaje más alto.

4.1.4. Determinación de Lignina Soluble en Ácido

Al haber obtenido el hidrolizado de la Lignina insoluble en ácido, esto permitió realizar las mediciones en el espectrofotómetro, el cual necesitó de un ajuste a la longitud de onda ya que el equipo usado para realizar las mediciones de absorbancia no admitía el valor de 205 nm, para ello los valores tuvieron que ser tomados a una nueva longitud de onda, la cual fue de 550nm permitiendo tener mediciones correctas a través del espectrofotómetro. Haciendo uso de la ecuación 4 mediante la ley de Beer-Lambert se logró calcular las ligninas solubles como se puede ver en la tabla 23.

Tabla 23.*Cuantificación de la lignina soluble en ácido*

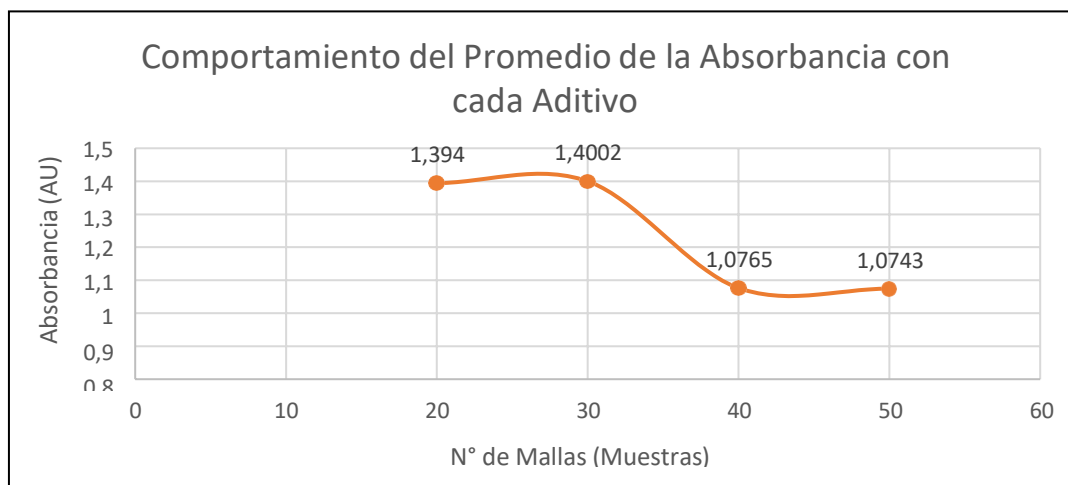
Escenario	Tipo de malla	Lignina soluble (%)
1	N°20	27.88
2	N°30	28.00
3	N°40	21.53
4	N°50	21.49

Nota. Datos de porcentaje (%) de lignina soluble de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de la lignina soluble en ácido.

Al obtener dichos valores porcentuales podemos analizar que vamos a tener un comportamiento anormal, es decir, que no observamos un comportamiento ascendente, esto se debe a que, en el promedio de absorbancia de la Malla N°40 y50 presentan un valor menor (1,0765 y 1,0743) a las otras dos Mallas (1,394 y 1,4002). Dichos valores menores se le debe a que la concentración del hidrolizado(Figura 27) que presentan es mucho mayor a los otros dos. Todo esto ocurre debido que cuando se mide la absorción en el espectrofotómetro, dicha absorción cumple la función de medir luz absorbida por la celda o analito y esa magnitud que se obtiene a su vez se relaciona con la concentración y esto se puede observar en figura 35.

El espectro de absorbancia es una representación gráfica como se observa en la figura 36 (en esta se observa el promedio de cada aditivo, los cuales van a hacer unos de los datos para calcular cada porcentaje de la lignina soluble en ácido) donde indica la cantidad de luz absorbida en cada uno de los aditivos. De esta manera la forma como se mide la absorbancia en el espectrofotómetro es con la solución (hidrolisis ácida) donde se introduce en la celda y en la otra celda le corresponde al blanco, luego la absorbancia máxima se introduce dentro del rango de medida del espectrofotómetro y luego se verán los valores de absorbancia a diferentes longitudes de onda frente al blanco.

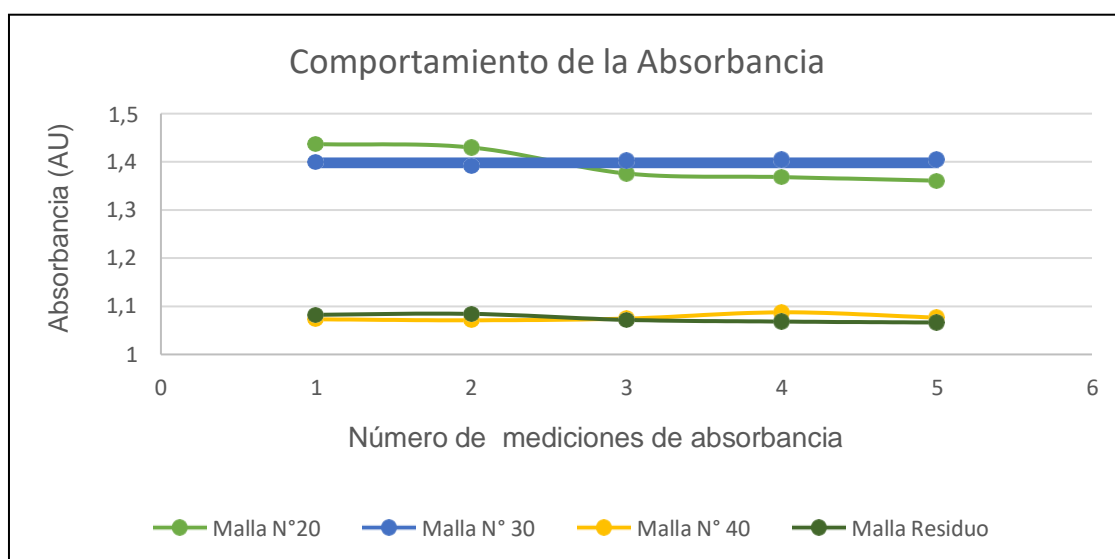
Figura 33.
Comportamiento de la absorbancia



Nota. En este gráfico se puede observar el comportamiento del promedio de la absorbancia que presentan cada muestra, que se obtuvieron del espectrofotómetro.

En este gráfico podemos observar cómo es el comportamiento de las seis mediciones que se tomaron de la absorbancia, donde se puede analizar que las mallas se encuentran divididas por dos subgrupos, donde el primero son la malla N°20 y N°30 se comportan de manera muy similar y no paralelo, pero de forma invertida, donde llegan a un punto que se entrelazan o se acotejan. Por otro lado, el otro subgrupo son la malla N°40 y N°50, donde estas tienden a comportarse como líneas rectas.

Figura 34.
Mediciones de absorbancia



Nota. En este gráfico se puede observar el comportamiento de la absorbancia que presentan cada muestra o escenario, que se tomaron cinco mediciones que arrojaba el espectrofotómetro.

Estas dos clasificaciones de ligninas (lignina insoluble en ácido y soluble en ácido) es la conformación de la lignina, donde esta, es fundamental que su concentración sea significativa y donde se encontró en un alto porcentaje en cada muestra (46,65%, 47,62%, 41,55%, 42,50%) de dicha propiedad, debido a que atraen o adsorben la humedad. Todo esto se debe a que la lignina es la base de todas las fibras, es decir, es la columna que soporta os tejidos de la planta.

4.1.5. Determinación de la Holocelulosa

Al tener cuantificados los dos tipos de lignina se procedió a calcular la Holocelulosa de cada escenario. Para obtener los porcentajes se requirió del uso de la ecuación 5, en la cual al ser remplazada cada variable se logró obtener los diferentes valores como se ven en la tabla 24.

Tabla 24.
Cuantificación de la Holocelulosa

Escenario	Tipo de malla	Holocelulosa (%)
1	N°20	29.48
2	N°30	35.04
3	N°40	41.32
4	N°50	42.52

Nota. Datos de porcentaje (%) de Holocelulosa de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de la Holocelulosa.

La Holocelulosa representa la fracción total de polisacáridos, esto quiere decir, que se clasifican en dos, la celulosa y hemicelulosa, donde ambas conforman la Holocelulosa. Este proceso se caracteriza fundamentalmente por la presencia de altos contenidos de celulosa, donde esto se puede observar en la siguiente determinación donde se evidencian altos porcentajes de dicha propiedad en las diferentes muestras representativas.

4.1.6. Determinación de la Celulosa y Hemicelulosa

Como últimas propiedades a caracterizar, pero no menos importantes se tiene la celulosa y hemicelulosa. Lo primero que se calculó fue la celulosa ya que a partir de esta se logra hallar los valores de hemicelulosa. A continuación, se puede observar los respectivos datos obtenidos con el uso de la ecuación 6 y plasmados en la tabla 25.

Al obtener estos resultados a nivel porcentual se puede indicar un alto contenido de ellos de forma general, porque esto genera una alta resistencia de las fibras debido a que actúa formando enlaces entre ellas.

Tabla 25.*Cuantificación de la celulosa*

Escenario	Tipo de malla	Celulosa (%)
1	N°20	23.08
2	N°30	28.85
3	N°40	36.54
4	N°50	38.46

Nota. Datos de porcentaje (%) de celulosa de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la determinación de la celulosa.

Es importante conocer o identificar de manera porcentual cada una de ellas, debido a que la celulosa es la estructura básica de las células de la biomasa y principal elemento de la pared celular. Por otro lado, la hemicelulosa es la que rodea aquellos filamentos de la celulosa y ayuda al desarrollo de microfibrillas, esto quiere decir, que se comporta como un material de soporte de la pared celular; es por esto que debe haber presencia de ambas propiedades, porque estas propiedades lignocelulósicas tienden a comportarse como una cadena.

Al tener la celulosa y Holocelulosa ya calculada de cada tipo de malla, se calcularon los valores de hemicelulosa mediante la ecuación 7. En la tabla 26 se ven los valores obtenidos.

Tabla 26.*Cuantificación de la Hemicelulosa*

Escenario	Tipo de malla	Hemicelulosa (%)
1	N°20	6.43
2	N°30	6.86
3	N°40	5.61
4	N°50	4.14

Nota. Datos de porcentaje (%) de hemicelulosa de cada uno de los escenarios obtenidos mediante la cuantificación de la Hemicelulosa.

En estos resultados porcentuales de cada número de malla correspondientes, se puede observar que son valores pequeños, pero dichos valores no afectarán el desarrollo del

proyecto debido a que esta propiedad se componen por diversos azúcares mientras que la celulosa se compone de la glucosa y en este proyecto degradado no se tiene ninguna relación y uso de los diversos azúcares

Todos los resultados porcentuales de cada una de las muestras representativas que se ilustraron anteriormente representan la caracterización completa del aditivo, donde esto llevo a la realización de las Tablas 27,28,29 y 30, con la finalidad analizar y de identificar en que proporción en la que esta cada componente del aditivo. La razón por la cual se caracterizó el aditivo orgánico fue para poder identificar la cantidad de materiales lignocelulósicos que tiene la biomasa de la piña, ya que este es el factor más importante para actuar como adsorbente.

Tabla 27.

Composición química de la malla N°20

Componentes	Composición (%) p/p Peso Seco
Humedad	11.33
Extraíbles	3.20
Insoluble en Ácido	18.77
Lignina	46.65
Soluble en Ácido	27.88
Holocelulosa	29.51
Celulosa	23.08
Hemicelulosa	6.43
Total (%)	90.69

Nota. Datos de porcentaje (%) de cada uno de los respectivos componentes que se realizaron a nivel experimental para la malla N°20.

Tabla 28.*Composición química de la malla N°30*

Componentes	Composición (%) p/p Peso Seco
Humedad	9.46
Extraíbles	4.40
Insoluble en Ácido	19.61
Lignina	47.62
Soluble en Ácido	28.00
Holocelulosa	35.71
Celulosa	28.85
Hemicelulosa	6.86
Total (%)	97.18

Nota. Datos de porcentaje (%) de cada uno de los respectivos componentes que se realizaron a nivel experimental para la malla N°30.

Tabla 29.*Composición química de la malla N°40*

Componentes	Composición (%) p/p Peso Seco
Humedad	7.38
Extraíbles	6.13
Insoluble en Ácido	20.02
Lignina	41.55
Soluble en Ácido	21.53
Holocelulosa	42.14
Celulosa	36.54
Hemicelulosa	5.61
Total (%)	97.21

Nota. Datos de porcentaje (%) de cada uno de los respectivos componentes que se realizaron a nivel experimental para la malla N°40.

Tabla 30.*Composición química de la malla N°50*

Componentes	Composición (%) p/p Peso Seco
Humedad	4.02
Extraíbles	10.53
Insoluble en Ácido	21.01
Lignina	42.50
Soluble en Ácido	21.49
Holocelulosa	42.60
Celulosa	38.46
Hemicelulosa	4.14
Total (%)	99.65

Nota. Datos de porcentaje (%) de cada uno de los respectivos componentes que se realizaron a nivel experimental para la malla N°50.

Al obtener cada uno de los escenarios, se puede analizar que hay una mayor presencia de lignina y Holocelulosa en cada una de las muestras representativas, donde esto nos llega a favorecer debido a que dichas propiedades lignocelulósicas se comportan como un medio adsorbente y esto a su vez permite tener un proceso óptimo para la capacidad de adsorción de dicha agua residual que se quiere retener.

Por otro lado, se puede observar en los escenarios de Malla N°40 y Malla N°50 (Tabla 12 y Tabla 13) hay cierto equilibrio porcentual entre la lignina y Holocelulosa, y ambas presentan un alto contenido de dicha propiedad (83,69% y 85,1%).

4.2. Capacidad de Adsorción del aditivo

La capacidad de adsorción fue el proceso experimental más importante realizado en el laboratorio ya que permitió saber si los materiales lignocelulósicos presentes en la biomasa de la piña poseían características como adsorbentes. Esto se pudo corroborar después de 5 horas de filtración, en donde se obtuvieron los valores gracias a la ecuación 8 con la que se seleccionó el mejor escenario hablando en términos de adsorción de humedad para evaluar su viabilidad. En la tabla 31 se observan los valores de cada malla.

Tabla 31.

Capacidad de adsorción de las muestras

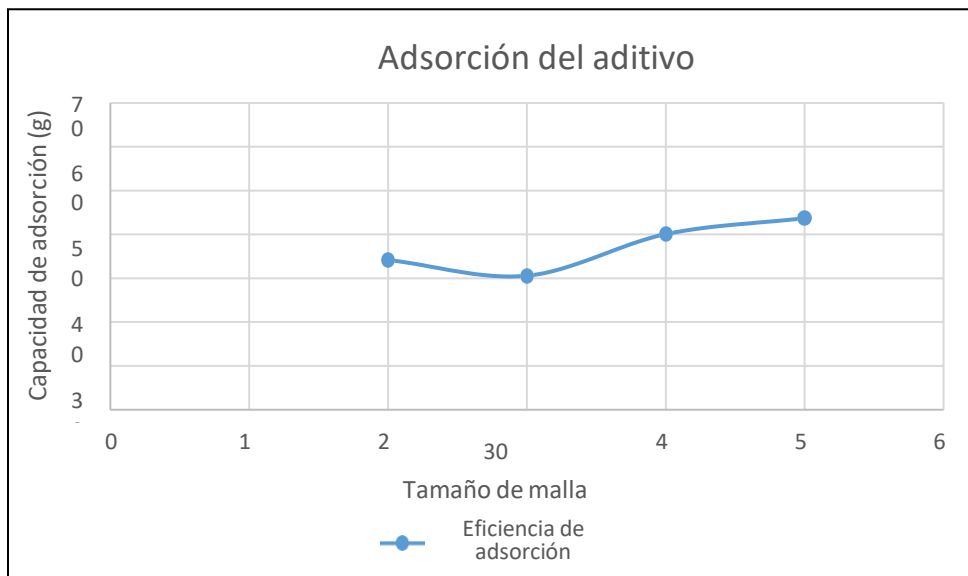
Tipo de malla	Capacidad de adsorción (g)
N°20	34.153
N°30	30.546
N°40	40.036
N°50	43.688

Nota. Cantidad de agua que es capaz de retener el aditivo

Al momento de analizar los resultados obtenidos, se puede observar que a medida que el diámetro de partícula va disminuyendo la capacidad de adsorción es mucho mejor. Esto permite pensar que entre más área de contacto tenga la partícula con el medio acuoso de los cortes mejor será el desempeño del aditivo. El mejor escenario fue el de la malla N°50 la cual corresponde al menor diámetro de partícula logrando tener un valor 43.688 g de agua retenida siendo el más óptimo de todas las 4 muestras seleccionadas. Cabe resaltar que las otras tres muestras restantes cumplen con el objetivo de adsorber humedad, lo único que las diferencia de la malla N°50 es el rendimiento inferior que poseen.

En la figura 37 muestra la tendencia en aumento que se va logrando a medida que el número de malla cambia. Los buenos adsorbentes tienen forma esférica, pequeños gránulos cuyos tamaños comprenden de 0,1mm a 12mm. Una partícula de adsorbente tiene una estructura muy porosa, con numerosos poros muy finos, cuyo volumen alcanza hasta el 50% del volumen total de la partícula. Lo anteriormente mencionado confirma lo que muestra la figura 37 debido a que el diámetro que posee la partícula de malla N°50 es de 0.300 mm. Dicho valor se encuentra en el rango de buen adsorbente llevándolo a ser la mejor opción a evaluar en su capacidad de adsorción.

Figura 35.
Eficiencia de adsorción del aditivo



Nota. En este gráfico se puede observar cual es la capacidad de adsorción que tiene cada una de las muestras.

Por otro lado, hay que mencionar que el punto obtenido de la malla N°20 se sale de la tendencia con la que se proyecta la curva, esto se pudo ocasionar a una mala práctica realizada en el laboratorio al momento de realizar la filtración. Esos problemas se pueden atribuir a una mala colocación del filtro en el embudo lo que generó un paso de excesivo de agua, llevando así a tener una mala medición de adsorción (34.153 g) siendo esta mayor en comparación a la de la malla N°30 (30.546 g).

4.3. Medición de Humedad de los Cortes de Perforación

Como bien se sabe lo primero que se realizó fue la medición de humedad tanto del corte de perforación mezclado con el agua como el agua residual precipitada después de mucho tiempo en reposo. Esto se llevó a cabo con la finalidad de tener un valor inicial de humedad con que se reciben los cortes producto de la perforación.

Tabla 32.

Humedad inicial de los cortes

Humedad (%)	
Corte de perforación	74
Agua residual	90

Nota. Valores en catch tank

Con los valores de humedad obtenidos (74% y 90%) en la tabla 32 se puede concluir que el proceso de control de sólidos efectuado en las operaciones de campo no es suficiente, en vista de que no se poseen porcentajes de humedad cercanos a 30% como lo estipulan las normativas ambientales lo que conlleva a tener factores secundarios como malos olores y sobrecostos operacionales.

4.4. Medición del pH de los cortes de perforación

Antes de iniciar con la medición de la humedad final (cortes+aditivo) se procedió a la medición del pH el cual arrojó un valor 8-8.5. Esto se realizó con la finalidad de no presentar errores al momento de evaluar la viabilidad del adsorbente orgánico pudiendo generar errores en el momento de la obtención de los datos en cada escenario.

4.5. Medición de Humedad con el Aditivo

Por último, se procedió a la medición de humedad de cada tamaño de partícula seleccionado, con el propósito de poder corroborar la capacidad de adsorción con la que cuenta el aditivo orgánico. Para conocer aquella humedad final, se realizaron diferentes montajes en donde se mezcló una cantidad del aditivo orgánico con cortes de perforación en contacto directo.

Malla N°20 - Variación de piña

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°20 con variación del aditivo en cada escenario.

Tabla 33.*Variación de piña*

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	48	44
2 a 1	40	20	20	1	39	37
3 a 1	60	20	20	1	34	33

Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

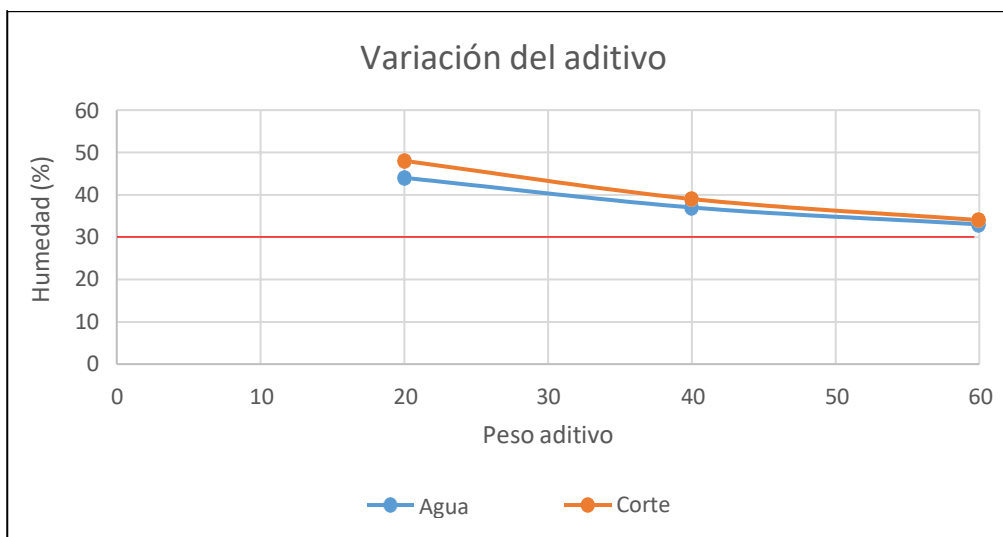
La tabla 33 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°20. Se puede ver un comportamiento descendente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de aditivo y se deja constante los cortes de perforación. Mostrando porcentajes de humedad de 34% y 33% como los mejores.

La figura 38 muestra un comportamiento descendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de aditivo en comparación al de los cortes. Esto permite analizar que el rendimiento de adsorción se incrementa, pero no alcanza a llegar al que se necesita lograr (línea roja del 30%). Además, se puede ver que las líneas de agua residual y corte son muy parecidas, esto lleva a concluir que el aditivo trabaja de la misma forma tanto en medios acuosos como líquidos, lo cual es muy importante ya que no se ve afectado su rendimiento.

Hay que mencionar que la malla N°20 no es el mejor escenario para seleccionar debido a que el mejor valor de humedad final obtenido fue entre el 33 y 34% con una relación 3:1, necesitando utilizar mucho aditivo para disminuir la humedad en un 41%.

Figura 36.

Variación del aditivo en la malla 20



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de aditivo en la malla N°20

Malla N°20 - Variación corte

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°20 con variación del corte en cada escenario.

Tabla 34.

Variación de corte

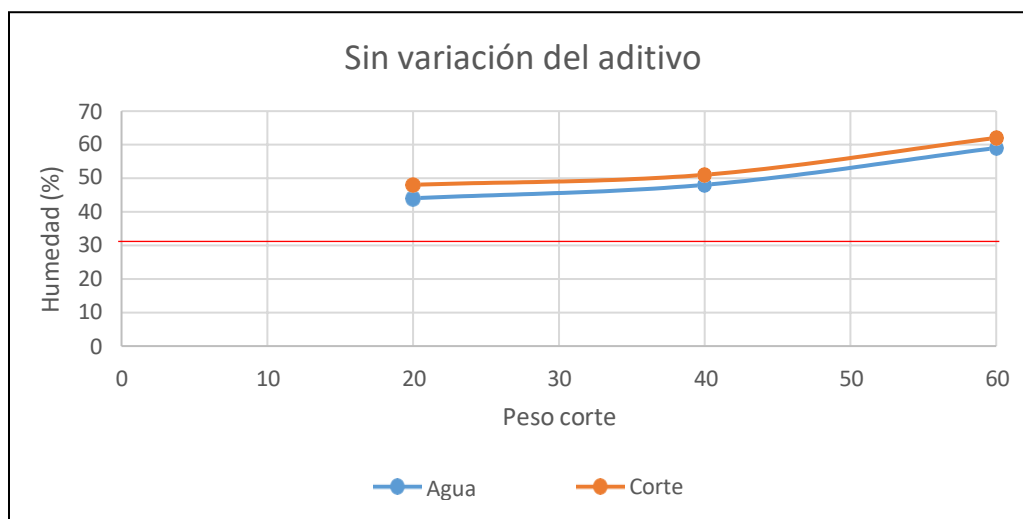
Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	48	44
2 a 1	20	40	40	1	51	48
3 a 1	20	60	60	1	62	59

Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

La tabla 34 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°20. Se puede ver un comportamiento ascendente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de cortes de perforación y se deja constante el aditivo. Mostrando porcentajes de humedad de 48% y 44% como los mejores.

Figura 37.

Variación del corte en la malla 20



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de corte en la malla N°20

La figura 39 muestra un comportamiento ascendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de corte en comparación al del aditivo. Esto permite analizar que el aditivo pierde rendimiento con el aumento de volumen de corte, teniendo una tendencia ascendente mínima, pero a partir del escenario 2 se observa un quiebre lo cual hace disparar los valores de humedad de manera pronunciada llegando a obtener una humedad final entre 59 -62 %. Estos siendo menor a la inicial en un 13%, pero aún muy alta en comparación a la esperada (línea roja del 30%).

El montaje de variación de corte en malla 20 es de mal rendimiento, debido a que como se ve en la figura 39 en ninguno de los escenarios estudiados se estuvo cerca del valor de final de humedad esperado, lo que conlleva a descartarlo como opción de selección del tamaño de partícula.

Malla N°30 - Variación de piña

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°30 con variación del aditivo en cada escenario.

Tabla 35.*Variación de aditivo*

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	44	42
2 a 1	40	20	20	1	38	35
3 a 1	60	20	20	1	32	32

Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

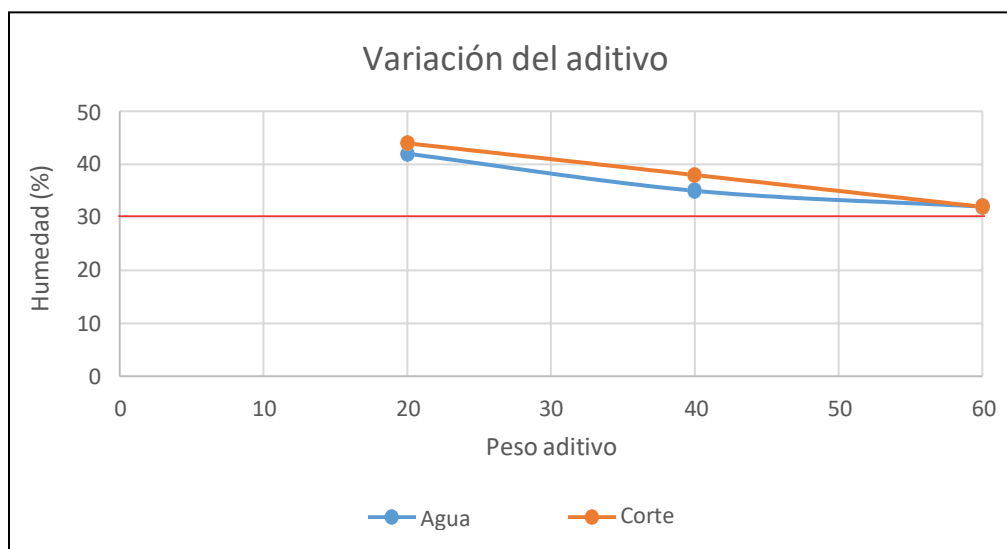
La tabla 35 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°30. Se puede ver un comportamiento descendiente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de aditivo y se deja constante los cortes de perforación. Mostrando porcentajes de humedad de 32% y 32% como los mejores.

En la figura 40 muestra un comportamiento descendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de aditivo en comparación al de los cortes. Esto permite analizar que el rendimiento de adsorción se incrementa, pero no alcanza a llegar al que se necesita lograr (línea roja del 30%). Además, se puede ver que las líneas de agua residual y corte van de manera casi paralela, pero al llegar al último escenario de estudio, los valores de humedad coinciden en el 32%. Esto lleva a concluir que la causa de que en el escenario 3 no hubiera diferencia entre agua residual y el corte se le puede atribuir a que las muestras de cortes estaban muy homogenizadas.

El segundo montaje con la variación de aditivo N°30 sigue sin ser una selección viable, dado que el mejor valor de humedad final obtenido fue entre el 32 y 32% con una relación 3:1, necesitando utilizar mucho aditivo para disminuir la humedad en un 42%.

Figura 38.

Variación de aditivo malla 30



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de aditivo en la malla N°30

Malla N°30 - Variación de corte

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°30 con variación del corte en cada escenario.

Tabla 36.

Variación de corte

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	44	42
2 a 1	20	40	40	1	47	46
3 a 1	20	60	60	1	57	55

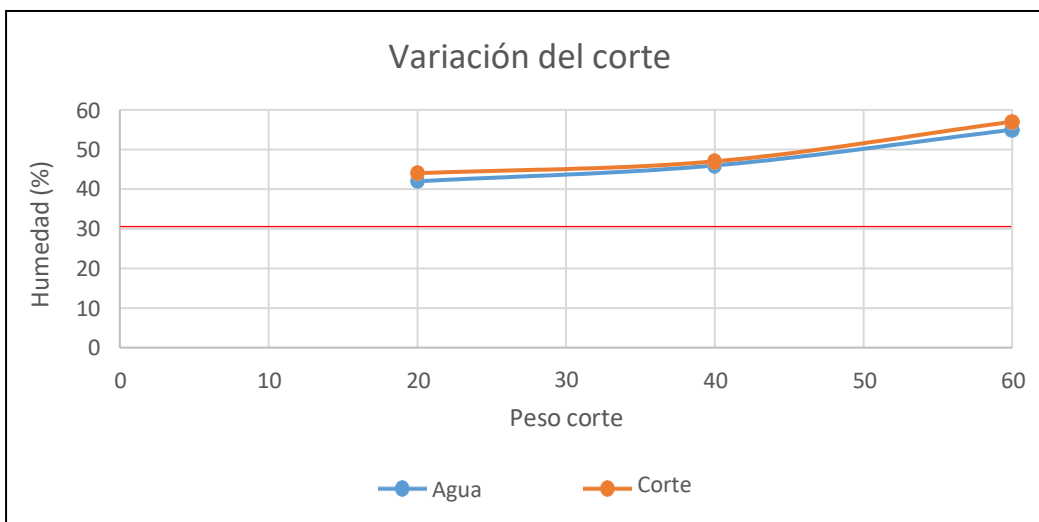
Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

La tabla 36 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°30. Se puede ver un comportamiento ascendente en los valores de humedad a medida que se

aumenta la cantidad de cortes de perforación y se deja constante el aditivo. Mostrando porcentajes de humedad de 44% y 42% como los mejores.

La figura 41 muestra un comportamiento ascendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de corte en comparación al del aditivo. Esto permite analizar que el aditivo pierde rendimiento con el aumento de volumen de corte, teniendo una tendencia ascendente mínima, pero a partir del escenario 2, en donde se observa un quiebre llevando a disparar los valores de humedad de manera pronunciada pasando de estar en 46-47% a obtener una humedad final entre 55-57%. Esto siendo menor a la inicial en un 19%, pero aún muy alta en comparación a la esperada (línea roja del 30%).

Figura 39.
Variación de corte malla 30



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de corte en la malla N°30

El montaje de variación de corte en malla 30 es de un rendimiento aún inferior al esperado, debido a que como se ve en la figura 41 en ninguno de los escenarios estudiados se estuvo cerca del valor de final de humedad esperado, lo que conlleva descartarlo como opción de selección del tamaño de partícula.

Malla N°40 - Variación de piña

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°40 con variación del aditivo en cada escenario.

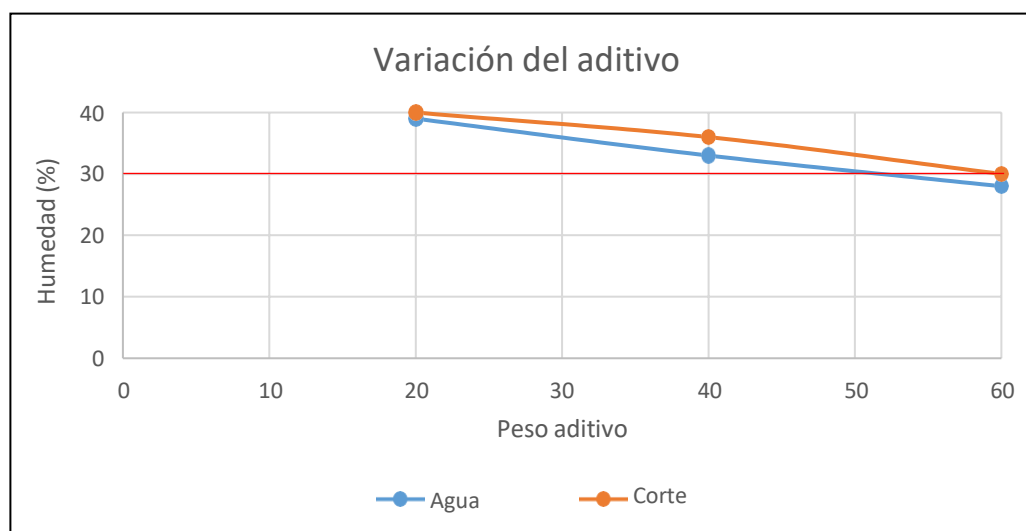
Tabla 37.
Variación de aditivo

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	40	39
2 a 1	40	20	20	1	36	33
3 a 1	60	20	20	1	30	28

Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

La tabla 37 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°40. Se puede ver un compartiendo descendiente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de aditivo y se deja constante los cortes de perforación. Mostrando porcentajes de humedad de 30% y 28% como los mejores.

Figura 40.
Variación de aditivo malla 40



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de aditivo en la malla N°40

En la figura 42 muestra un comportamiento descendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de aditivo en comparación al de los cortes. Esto permite analizar que el rendimiento de adsorción se incrementa, pero no alcanza a llegar al que se necesita lograr (línea roja del 30%). Además, se puede ver que las líneas de agua residual y corte van de manera casi paralela y en ningún momento se llegan a tocar o cruzar. En este montaje se puede ver que desde los 53 g de aditivo se obtienen valores iguales o menores al 30%, esto lleva a concluir que el campo de aceptación es mucho más grande, ya no es solo el escenario 3. Esto es de gran interés porque se empieza a reducir la cantidad de aditivo necesario para poder llegar al valor establecido inicialmente (30%). El tercer montaje con la variación de aditivo N°40 empieza a mostrar mejores resultados en la relación masa-humedad, llevándolo a hacer viable. El mejor valor de humedad final obtenido fue entre el 28 y 30% con una relación desde 2.5:1 hasta 3:1, necesitando utilizar mucho menos aditivo para disminuir la humedad en un 45%.

Malla N°40 - Variación de corte

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°40 con variación del corte en cada escenario.

Tabla 38.

Variación de corte

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	40	39
2 a 1	20	40	40	1	44	45
3 a 1	20	60	60	1	53	54

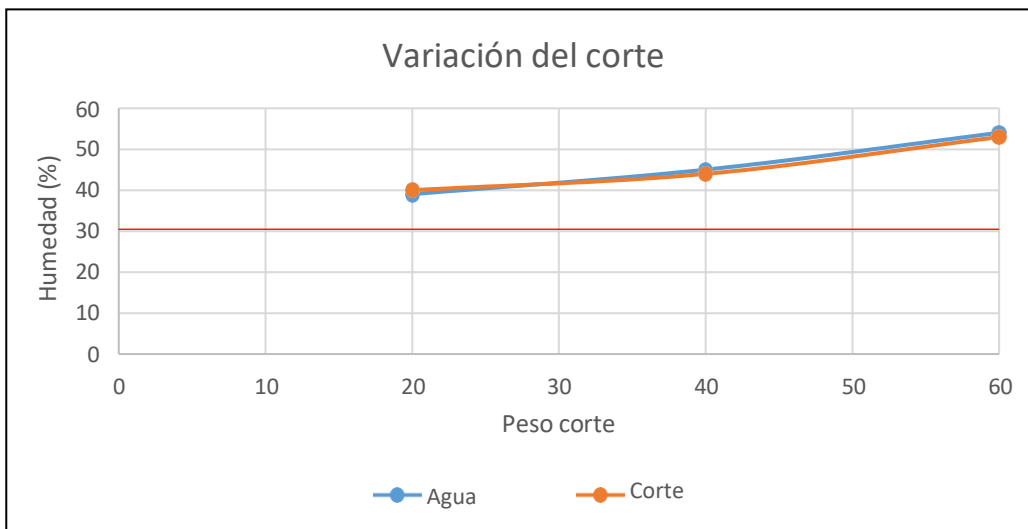
Nota. *Valores obtenidos de humedad en el laboratorio*

La tabla 38 muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°40. Se puede ver un comportamiento ascendente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de cortes de perforación y se deja constante el aditivo. Mostrando porcentajes de humedad de 40% y 39% como los mejores.

La figura 43 muestra un comportamiento ascendente en la curva a medida que se

incrementa el volumen de corte en comparación al del aditivo. Esto permite analizar que el aditivo pierde rendimiento con el aumento de volumen de corte, teniendo una tendencia ascendente mínima, pero a partir del escenario 2 se observa un quiebre no muy marcado comparado a los que se presentaban en los anteriores montajes de malla 20 y 30. Esto se ve reflejado en los valores de humedad finales los cuales no se disparan de forma pronunciada, pasando de estar en 44-45% a obtener una humedad final entre 53-54% %. Estos siendo menor a la inicial en un 21%, pero aún muy alta en comparación a la esperada (línea roja del 30%).

Figura 41.
Variación de corte malla 40



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de corte en la malla N°40

El montaje de variación de corte en malla 40 es de un rendimiento aún inferior al esperado, debido a que como se ve en la figura 43 en ninguno de los escenarios estudiados se estuvo cerca del valor de final de humedad esperado, lo que conlleva descartarlo como opción de selección del tamaño de partícula. Hay que recalcar que en este montaje la tendencia de incremento de la curva no fue tan pronunciada, esto lleva a deducir que el rendimiento del aditivo orgánico no se decae tan rápido, lo cual es bueno dado que se necesitará menos cantidad de piña para reducir significativamente la humedad.

Malla N°50 - Variación de piña

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°50 con variación del aditivo en cada escenario.

Tabla 39.
Variación de aditivo

Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	28	30
2 a 1	40	20	20	1	26	28
3 a 1	60	20	20	1	23	24

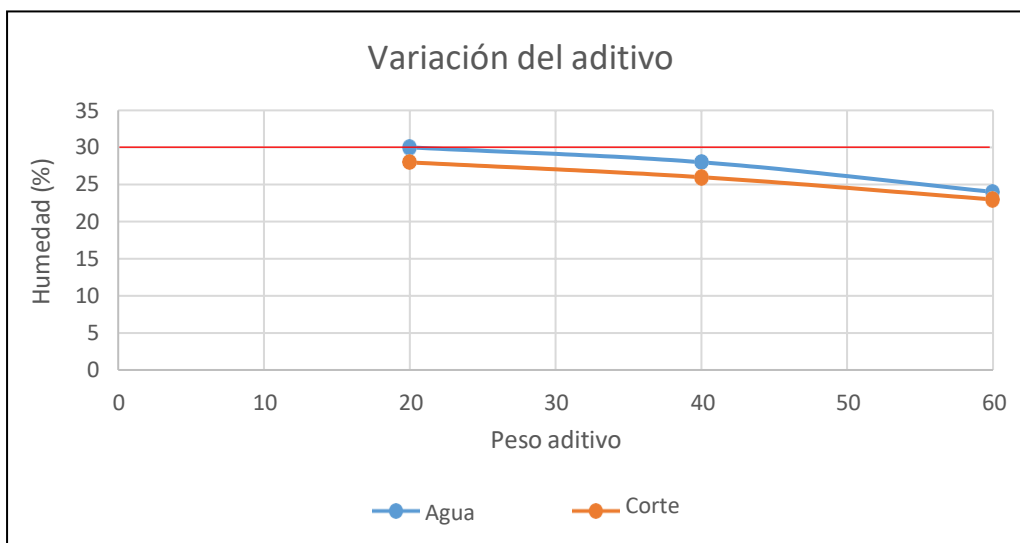
Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

La tabla muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°50. Se puede ver un comportamiento descendente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de aditivo y se deja constante los cortes de perforación. Mostrando porcentajes de humedad de 23% y 24% como los mejores.

La figura 44 muestra el mejor escenario de estudio que se obtuvo, en donde se ve un comportamiento descendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de aditivo en comparación al de los cortes. Esto permite analizar que el rendimiento de adsorción se incrementa desde una relación 1:1 ya que se empieza a obtener valores iguales o menores al 30% como se puede ver en la línea roja en la gráfica. Además, se puede ver que las líneas de agua residual y corte van de manera paralela y en ningún momento se llegan a tocar o cruzar. En este montaje se puede ver que desde los 20 g de aditivo se obtienen valores iguales o menores al 30%, esto lleva a concluir que el campo de aceptación es mucho más grande, ya no es solo el escenario 2 y 3. Esto es de gran interés porque se empieza a reducir la cantidad de aditivo necesario para poder llegar al valor establecido inicialmente (30%).

Figura 42.

Variación de aditivo malla 50



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de aditivo en la malla N°50

El cuarto montaje con la variación de aditivo N°50 es el mejor de todos los anteriores ya que todos los valores que arroja el estudio experimental cumplen con una humedad final igual o menor al 30% en la relación masa-humedad logrando que sea viable. El mejor valor de humedad final obtenido fue entre el 23 y 24% con una relación desde 1:1 hasta 3:1, necesitando utilizar mucho menos aditivo para disminuir la humedad en un 51%.

Malla N°50 - Variación de corte

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos del montaje de malla N°50 con variación del corte en cada escenario.

Tabla 40.

Variación de corte

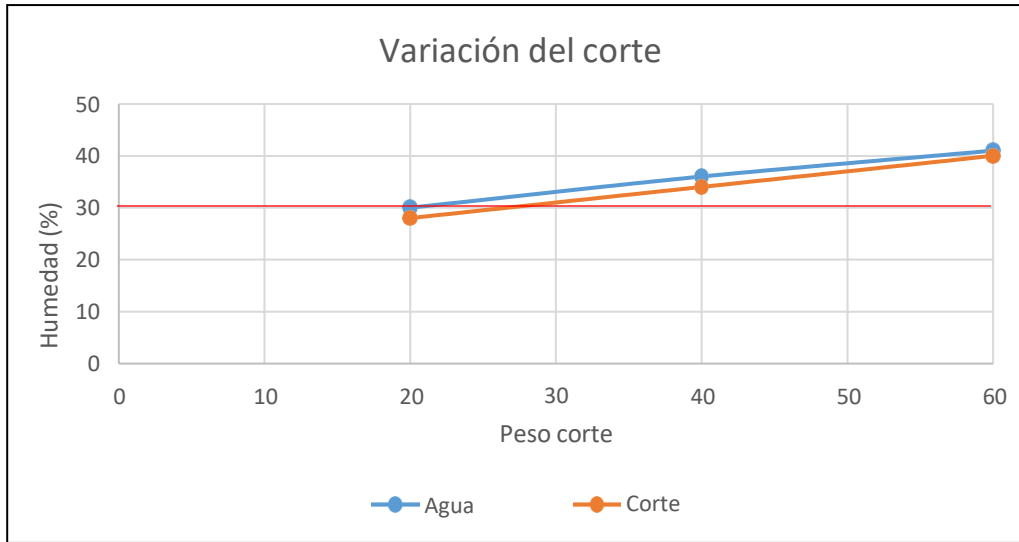
Escenario	Piña (g)	Corte (g)	Agua corte (g)	Tiempo (h)	Humedad con corte (%)	Humedad con agua residual (%)
1 a 1	20	20	20	1	28	30
2 a 1	20	40	40	1	34	36
3 a 1	20	60	60	1	40	41

Nota. Valores obtenidos de humedad en el laboratorio

La tabla muestra los diferentes escenarios propuestos para el análisis de la malla N°50. Se puede ver un comportamiento ascendente en los valores de humedad a medida que se aumenta la cantidad de cortes de perforación y se deja constante el aditivo. Mostrando porcentajes de humedad de 28% y 30% como los mejores

Figura 43.

Variación de corte malla 50



Nota. Resultados de humedad obtenidos con la variación de corte en la malla N°50

La figura 45 muestra un comportamiento ascendente en la curva a medida que se incrementa el volumen de corte en comparación al del aditivo. Esto permite analizar que el aditivo pierde rendimiento con el aumento de volumen de corte, teniendo una tendencia ascendente mínima durante toda la curva, no se observa un quiebre muy marcado comparado a los 3 montajes realizados anteriormente (N°20, N°30, N°40). Esto se ve reflejado en los valores de humedad finales los cuales no se disparan de forma pronunciada, pasando de estar en 28-30% a obtener una humedad final entre 40-41%. Estos siendo menor a la inicial en un 33%, pero aún muy alta en comparación a la esperada (línea roja del 30%). Lo más importante que se puede ver en la gráfica es que la variación en los valores finales de humedad entre el escenario 1 (1:1) y el escenario 3 (3:1) es muy mínima (11-12%), lo que lleva a concluir que el aditivo tiene un rendimiento muy alto a lo largo del montaje sin importar que haya mucha más cantidad de corte.

Se puede afirmar que la granulometría del aditivo N°50 favorece mucho el rendimiento de adsorción, ya que el área de contacto con la que cuenta es la mayor de todos los anteriores haciendo que se pueda tener una tendencia más pareja en la curva y unos resultados no tan variantes.

El montaje de variación de corte en malla 50 es de un rendimiento aún inferior al esperado, debido a que como se ve en la figura 45 la mayoría de los valores de los escenarios estudiados estuvieron cerca del valor de final de humedad esperado, lo que conlleva a descartarlo como opción de selección del tamaño de partícula. Hay que recalcar que en este montaje la tendencia de incremento de la curva no fue tan pronunciada, esto lleva a deducir que el rendimiento del aditivo orgánico no se decae tan rápido, lo cual es bueno dado que se necesitará menos cantidad de piñapara reducir significativamente la humedad.

Después de analizar los cuatro montajes realizados en el laboratorio para corroborar cuál era el más efectivo en cuanto adsorción; se puede afirmar que un factor muy importante en el rendimiento del aditivo es el tamaño de partícula ya que los materiales lignocelulósicos presentes en los granos pueden entrar en un mejor contacto con el medio acuoso de los cortes. Es por eso que el mejor montaje es el de malla número 50, mostrando resultados todos por debajo o igual al 30% en variación de piña. Por otro lado, en la variación de corte se obtuvieron algunos resultados por encima del 30% pero si se comparan con los de los otros montajes el exceso de humedad que se tiene en promedio es del 11.5 %, logrando ser muy efectivo si se compara con el valor inicial que poseían los cortes (74%).

5. VIABILIDAD FINANCIERA

Una vez realizado el análisis del proyecto de inversión aplicando el método de valoración Free Cash Flow (FCF) utilizando con tasa de descuento la WACC (Rentabilidad exigida ponderada), se procede a desarrollar cada una de las etapas que lo componen.

Encaje estratégico.

Teniendo en cuenta que el objeto social de la sociedad que se constituye consiste en producir y vender a las diferentes compañías petroleras un aditivo a base de cáscara de piña para reducir el porcentaje de humedad de los cortes de perforación en los catch tank, el proyecto que se analiza está dentro del encaje estratégico por ser este el objetivo central del mismo.

Dentro de las hipótesis de proyección que se utilizaron para establecer los flujos de caja del proyecto se encuentran las ventas, las cuales se estima tendrán un crecimiento anual del 5%, los costos de venta, los gastos operacionales y los gastos financieros derivados de la adquisición de las materias primas, mano de obra directa, costos indirectos variables, costos indirectos fijos y costos financieros asociados a la entrada en funcionamiento del proyecto que se estudia.

Para el efecto, la tasa de crecimiento de los egresos, teniendo en cuenta que la variable principal son las ventas, será del 5%.

Con respecto a las obligaciones financieras y teniendo en cuenta la asociación con la compañía HOLSAN quienes aportan el 85% de los recursos financieros, estas corresponderán al 15% de los costos totales y serán captadas a una tasa efectiva anual del 8%. Lo anterior soportado por un ROA (Rentabilidad económica) del 10,73%, 11% y 11,27% para los años 2021, 2022 y 2023 respectivamente, logrando así un apalancamiento positivo.

Para efectos del cálculo del impuesto de renta se aplicó una tarifa del 31% que corresponde a lo establecido del inciso primero del artículo 240 del Estatuto Tributario modificado por el artículo 92 de la Ley 2010 de 2019.

Respecto al estado de situación financiera, la ecuación patrimonial se compone de unos activos conformados por la materia prima y los aportes en efectivo de los socios o accionistas; un pasivo que corresponde a las obligaciones financieras descritas; y un patrimonio que corresponde a la diferencia de las partidas anteriores.

Estados financieros proyectados.

Tabla 41.

Cuenta de resultados (pesos Mcte)

EJERCICIOS	2021	2022	2023
Ventas	200.138.160,00	210.145.068,00	220.652.321,40
Costo de mercancía vendida	135.781.800,00	142.570.890,00	149.699.434,50
Margen Bruto	64.356.360,00	67.574.178,00	70.952.886,90
Gastos de personal	28.000.000,00	29.400.000,00	30.870.000,00
Otros ingresos y gastos operacionales	3.000.000,00	3.150.000,00	3.307.500,00
OPEX	31.000.000,00	32.550.000,00	34.177.500,00
EBITDA	33.356.360,00	35.024.178,00	36.775.386,90
Amortizaciones	3.563.461,08	3.741.634,13	3.928.715,84
BAII (EBIT)	29.792.898,92	31.282.543,87	32.846.671,06
Gastos financieros	2.001.381,60	2.101.450,68	2.206.523,21
Resultado Financiero	-2.001.381,60	-2.101.450,68	-2.206.523,21
BAI (EBT)	27.791.517,32	29.181.093,19	30.640.147,85
Impuesto sobre beneficios	8.615.370,37	9.046.138,89	9.498.445,83
Resultado Neto	19.176.146,95	20.134.954,30	21.141.702,01

Nota. En esta tabla se puede observar la cuenta de resultados para los años 2021, 2022 y 2023.

Tabla 42.

Cuenta analítica (pesos Mcte)

	2021	2022	2023
INGRESOS	200.138.160,00	210.145.068,00	220.652.321,40
Materias Primas	135.781.800,00	142.570.890,00	149.699.434,50
Mano de obra directa	24.000.000,00	25.200.000,00	26.460.000,00
Costes Indirectos Variables	3.000.000,00	3.150.000,00	3.307.500,00
TOTAL, COSTES VARIABLES	162.781.800,00	170.920.890,00	179.466.934,50
MARGEN CONTRIBUCIÓN TOTAL	37.356.360,00	39.224.178,00	41.185.386,90
Costes Indirectos Fijos	4.000.000,00	4.200.000,00	4.410.000,00
TOTAL, COSTES FIJOS	4.000.000,00	4.200.000,00	4.410.000,00
TOTAL, COSTES	166.781.800,00	175.120.890,00	183.876.934,50
MARGEN NETO EXPLOTACIÓN	33.356.360,00	35.024.178,00	36.775.386,90

Nota. En esta tabla se puede observar la cuenta analítica para los años 2021, 2022 y 2023.

La cuenta de resultados describe en primera instancia los ingresos por ventas, los cuales corresponden a la cobertura de los costos anuales más un margen de rentabilidad en ventas del 20%, que mediante la proyección permite incrementar el margen bruto, con lo que se evidencia que la cuota de mercado es superior a la competitividad.

Con respecto a los OPEX, están conformados por los gastos de personal (mano de obra directa e indirecta), los costos indirectos fijos y variables. Aunque la carga aumenta periodo a periodo, el crecimiento del margen bruto asociado al poder de negociación de la empresa, soporta el incremento de gastos operacionales que crecen como consecuencia del crecimiento en las ventas y debido a la necesidad de incrementar las mismas a través de marketing e innovación en la comercialización entre otros.

Las amortizaciones se configuran debido al control y uso que sobre los activos depreciables tiene la empresa y que por ende se amortizan anualmente contemplando un valor de salvamento del 10%, utilizando el método de depreciación de línea recta, contemplando como periodo de vida útil, el ciclo fiscal y obteniendo así financiación por mantenimiento.

Tabla 43.
Amortización (pesos Mcte)

ACTIVO	FECHA DE ADQUISICIÓN	DE VIDA UTIL (AÑOS)	VALOR ACTIVO	CANTIDAD	VALOR TOTAL DEL ACTIVO	DEPRECIACIÓN Y/O DETERIORO
Mufla Thermolyne	4/10/2020	10	6.200.000,00	1	6.200.000,00	558.000,00
Nevera	4/10/2020	10	919.000,00	1	919.000,00	82.710,00
Balanza Gramera Digital, cap. 3200 g	4/10/2020	10	2.975.000,00	1	2.975.000,00	267.750,00
Balanza Analítica	4/10/2020	10	6.500.000,00	1	6.500.000,00	585.000,00
Dedal de extracción	4/10/2020	10	97.000,00	1	97.000,00	8.730,00
Equipo de Extracción tipo SOXHLET	4/10/2020	10	317.000,00	1	317.000,00	28.530,00
Beaker de vidrio, graduado, de 250ml	4/10/2020	10	15.800,00	2		
Tamizadora Eléctrica, tipo Excéntrica	4/10/2020	10	2.618.000,00	1	2.618.000,00	235.620,00
Bomba de vacío	4/10/2020	10	1.624.000,00	1	1.624.000,00	146.160,00
pH-metro de mesa	4/10/2020	10	2.283.372,00	1	2.283.372,00	205.503,48
espectrofotómetro UV/VI	4/10/2020	10	4.760.640,00	1	4.760.640,00	428.457,60
Retorta determinación de sólidos en lodos, 10ml	4/10/2020	10	1.300.000,00	1	1.300.000,00	117.000,00
Laboratorio	4/10/2020	20	20.000.000,00	1	20.000.000,00	900.000,00
					DEPRECIACIÓN ANUAL	\$3.563.461

Nota. En esta tabla se puede observar la amortización que se le realizó a cada uno de los activos que se requieren para este proyecto.

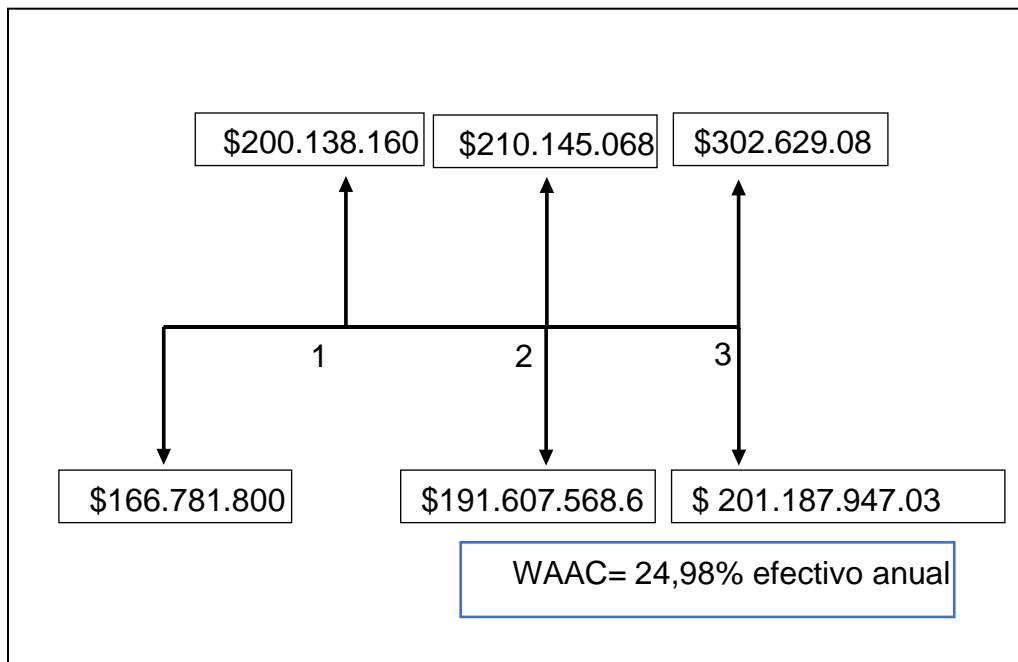
Los gastos financieros provienen de los intereses generados sobre el principal de la financiación correspondiente al 15% de los costos totales, negociados a una TAE del 8% y que por la naturaleza de los aportes son necesarios para operar, generando un apalancamiento positivo para los tres periodos previstos.

Finalmente, y a pesar del impuesto de renta, el BAI obtenido soporta la carga tributaria y permite obtener un resultado neto que cumple con la rentabilidad esperada por los accionistas (K_e) del 26.91%, un ROE del 6.91% y una ROA de ROA (Rentabilidad económica) del 10,73%.

Flujos de caja proyectados

Figura 44.

Diagrama de flujo (pesos Mcte)



Nota. Con este diagrama de flujo de efectivo nos ayuda a determinar, interpretar y analizar los ingresos y los gastos en los tres periodos determinados.

El flujo de caja proyectado corresponde en el periodo cero a la inversión inicial, conformada por los costos de ventas, los gastos de personal y los gastos operacionales. Por su parte, los aumentos de la tesorería del periodo uno, corresponden a los ingresos por ventas. Y para los periodos dos y tres, los flujos netos de caja se obtienen de las diferencias entre los aumentos y disminuciones de efectivo por concepto de ingresos y egresos, conforme al modelo de flujo de caja libre aplicado, descontados a una tasa de descuento WACC del 24.98%, que permiten obtener un VAN de \$ 6.241.638 y siendo en todo caso el costo promedio de financiación inferior a la TIR del proyecto que equivale al 29.93%.

Con lo anterior, se afirma que el proyecto es rentable atendiendo a la aplicación de las previsiones realizadas en el modelo financiero que se plantea

Tabla 44.

Flujo de caja neto (pesos Mcte)

	2021	2022	2023
FLUJO DE CAJA NETO(FCL)			
Ventas	200.138.160	210.145.068	220.652.321
Aprovisionamientos	135.781.800	142.570.890	149.699.435
Gastos de personal	28.000.000	29.400.000	30.870.000
Otros ingresos y gastos operacionales	3.000.000	3.150.000	3.307.500
Amortizaciones	3.563.461	3.741.634	3.928.716
RESULTADO DE EXPLOTACIÓN BAI	29.792.899	31.282.544	32.846.671
Impuesto marginal de beneficios	9.235.799	9.697.589	10.182.468
Amortizaciones	3.563.461	3.741.634	3.928.716
FLUJO DE CAJA DE OPERACIONES(EBITDA)	24.120.561	25.326.589	26.592.919
Inversión operativa neta	-	-	6.789.090
Inversión en activos fijos	-	-	-

Nota. En esta tabla se puede observar el flujo de caja neto que se le realiza a cada uno de los periodos determinados.

Tabla 45.

Valores de TIR y WACC

TIR	29,93%
WACC	24,98%

Nota. Resultados obtenidos

Cálculo de la WACC

Tabla 46.

Cálculo de WACC

Ke	26,91%
ROE	6,91%
ACTIVOS	277.546.330,00
Kd	8,00%
PATRIMONIO	252.529.060,00
DEUDA	25.017.270
TASA IMPOSITIVA	31%
WACC	27,41%

Nota. Esta tabla ilustra el cálculo del costo promedio de las obligaciones del proyecto.

$$WACC = \left[\frac{252.529.060}{277.546.330} \right] * 0.269 + \left[\frac{25.017.270}{277.546.330} \right] * 0.08 * (1 - 0.31)$$

D= Deuda a valor de mercado.

E= Equity (recursos propios) a valor del mercado.

Ke= Rentabilidad esperado por el propietario.

Kd= Rentabilidad materializada en el costo de la deuda con terceros.

t= Tasa impositiva.

El cálculo de la WACC proviene de la división de los recursos propios entre el total de recursos propios y ajenos, operándolos como producto de la rentabilidad esperada por los socios o accionistas. El resultado obtenido se adiciona a la proporción que ocupan los recursos financieros con terceros con respecto al total de recursos, producto del costo de la deuda y del efecto de la tasa impositiva.

Así, la tasa de descuento WACC del 24.98%, como costo promedio de la financiación, que permiten obtener un VAN de \$ 6.241.638, es inferior a la TIR (rentabilidad) del proyecto que equivale al 29.93%.

Valor terminal del proyecto

El valor terminal del proyecto entendido como el cierre de la valoración, en el que se determina el importe de recuperación de la inversión, se elabora partiendo del modelo de la empresa en marcha, en el cual se estimó el crecimiento estable perpetuo del 1% y aplicando la operación al último flujo de caja.

$$VT = \frac{19.464.374 * (1 + 0.01)}{0.2498 - 0.01}$$

VT = Valor terminal.
g = Tasa de crecimiento.

Lo anterior permite determinar el valor del proyecto como la diferencia entre los flujos de caja libre del proyecto y el valor terminal descontados a la WACC, menos las erogaciones correspondientes a los estudios iniciales del proyecto

Tabla 47.

Valor terminal del proyecto (pesos Mcte)

Valor terminal como renta perpetua	81.976.762,52
Flujo de caja en el 2023	19.464.374,37
Factor de crecimiento	1%
Valor terminal presente como renta perpetua	41.991.037,63
Valor proyecto	31.286.125,97
FCL + VT (traídos a VP)	48.232.675,97
Estudios iniciales del proyecto	\$ 16.946.550

Nota. Esta tabla ilustra el valor de recuperación de la inversión, teniendo en cuenta el método de la empresa en marcha.

Valor presente neto

El valor actual neto es la acción de descontar a valor presente los flujos netos de caja libre que se configuran en el proyecto de inversión, a la tasa de descuento, que para el efecto es la WACC de 24.98%, obteniendo como resultado \$ 6.241.638.

Con esto, como se mencionó, el proyecto es rentable puesto que el costo promedio de financiación es inferior a la rentabilidad de la inversión, logrando un VAN positivo.

6. CONCLUSIONES

Los materiales lignocelulósicos son base fundamental para la adsorción de humedad en los cortes de perforación, ya que la presencia en la granulometría es aproximadamente del 82% mostrando una alta eficiencia gracias al elevado contenido de fibras que posee cada uno de los componentes de la biomasa. Estas permiten tener una reducción de humedad en el mejor de sus escenarios del 45%.

El montaje más eficaz obtenido en el desarrollo del proyecto fue el de malla número 50, la cual mostró sus valores de humedad inferiores al 30 % en todos sus escenarios, lo que permite concluir que el tamaño de partícula sí influye en el rendimiento del aditivo debido a que va generar una estructura muy porosa lo que conlleva aumentar el área de contacto entre el aditivo y el medio acuoso.

Con respecto a la evaluación del proyecto, se llegó a la conclusión que el proyecto es VIABLE puesto que el costo promedio de financiación (WACC) es inferior a la rentabilidad de la inversión (TIR), logrando un VAN positivo con un valor de 6.241.638. Al momento de realizar el análisis del proyecto de inversión, descontando los flujos de caja libre, mediante el método free Cash Flow (FCF) utilizando una tasa de descuento WACC (rentabilidad exigida ponderada) del 24.98% y hallando una TIR del 29.93%, se afirma que el proyecto está en condiciones de ejecutarse bajo las condiciones plantadas.

Al momento de hacer la comparación con la cal y la UDT, los cuales son usados en la industria petrolera para llegar a cumplir con una humedad final del 30%, la aplicación del aditivo orgánico es una muy buena opción hablando desde el punto de vista financiero y ambiental, ya que se mejora una filosofía operacional ya estipulada.

La implementación de un aditivo orgánico en la disposición de los cortes puede ser la solución a uno de los debates que se generan en la industria petrolera desde el punto de vista de la contaminación, dado que se evitaría la generación de gases y el uso de químicos que puedan producir una alteración al medio. A su vez esta propuesta muestra una innovación la que conllevará a realizar un estudio abierto de compostaje, permitiendo recuperar zonas aledañas alteradas anteriormente.

A nivel laboratorio se pudo observar un comportamiento curioso en el proceso de la Medición de Humedad con el Aditivo, en el momento que se dejó en reposo por una hora cada muestra representativa junto con el corte de perforación, en donde se observó que a menor tamaño de partículas (en este caso, las mallas N°40 y N°50) van envolviendo de forma esférica los cortes de perforación.

En la caracterización química del aditivo orgánico de los materiales lignocelulósicos, se pudo observar que el componente que está en mayor presencia es la lignina, la cual se encuentra en un 44,58% de la cuantificación total de la biomasa.

El menor rendimiento de adsorción encontrado fue el de la malla N°20 con un diámetro de partícula 0.850 mm. El escenario evaluado con este tipo de malla muestra una reducción de humedad del 28% a la inicial. Hay que resaltar que la muestra de estudio cuenta con un comportamiento medianamente positivo ya que hay una disminución no tan efectiva como la de la malla N°50, pero se demuestra que los materiales lignocelulósicos son de gran importancia en la adsorción.

La piña es un alimento con alto contenido de agua, lo que dificulta el poder trabajar con pesos secos de cada muestra al momento de someterse al período de secado, con el fin de evitar una descomposición térmica del aditivo. Al pasar por ese proceso las partículas seleccionadas presentan aún una humedad promedio de 7.68 %.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. D. Morales O., Vesga G., *Diseño de una plataforma tecnológica para la interventoría en el contrato de control de sólidos para la campaña de perforación en tres pozos.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6266>
- [2] S. Botero G., L. J. Tovar G., *Evaluación técnico-financiera de la implementación de las mallas piramidales en el sistema de control de sólidos primario durante la perforación de un pozo en la sección 12 ¼ en el campo castilla.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6667>
- [3] X. V. Castillo V., S. D. Sáenz M., *Planteamiento de una alternativa para la puesta en marcha de un sistema que permita la separación y disposición final de los cortes industriales de perforación, en el campo castilla de Ecopetrol S.A.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/951>
- [4] O. J. Beltrán B., F. Díaz C., *Evaluación de la disposición de residuos y fluidos generados a partir del proceso de secado de cortes en la perforación de pozos petrolíferos con lodos base agua en el campo A.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/783>
- [5] PEPSAM – UNNOBA. “Taller de Alimentación y Hábitos Saludables”. [En línea]. <https://www.unnoba.edu.ar/wp-content/uploads/2020/05/alimentaci%C3%B3n-clase17-archivo2.pdf>. [Acceso: Mar 12, 2021].
- [6] J. Martín C. (2019, Jun 21). Piña [Online]. Available: <https://www.ecured.cu/Piña>.
- [7] M. I. García del Rosario. (2013). Planta de piña tropical (MD-2) [Online]. Disponible: [https://www.pitanorte.com/producto/planta-pina-tropi\[cal-md2/](https://www.pitanorte.com/producto/planta-pina-tropi[cal-md2/)
- [8] J. D. Riveros R., N. Martínez M., *Desarrollo de los procesos técnicos para la Exportación de la Fruta Pulpa de Piña Mayanes desde la región del bajo Ariari Departamento del Meta hacia la Unión Europea.*, tesis pre., Facultad de Ciencias

- Económicas y Empresariales, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible:
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9264>
- [9] Agronegocios. “La producción de piña en Colombia llegaría a 1,18 millones de toneladas al finalizar el año”. [En línea].
<https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-ano-2895397>. [Acceso: febrero 27,2021].
- [10] M. H. Ever H., *Obtención de fibra dietética a partir de piña (Ananás comosus) del cultivar cayena lisa., tesis pre.,* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Perú, 2008. [En línea]. Disponible:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2632>
- [11] J. M. Jiménez B., *Aprovechamiento de residuos celulósicos de piña para la producción de carbón activado., tesis pre.,* Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, México, 2014. [En línea]. Disponible:
<https://docplayer.es/38846862-Universidad-veracruzana-tesis.html>
- [12] W. G. Cortes O., “Materiales lignocelulósicos como fuente de biocombustibles y productos químicos”, *Revista de Tecnología Aeronáutica*, vol.16, no.1, pp. 41-46, Dic, 2011, [En línea]
<https://d2r89ls1uje5rg.cloudfront.net/sites/default/files/TECNOESUFA%20VOL%2016.pdf>. [Acceso Feb. 19, 2021].
- [13] C. E. Betancourt S., *Utilización de fibras de hoja de piña como refuerzo para biocompuestos fabricados por modelo de compresión,* tesis pre., Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10614/10068>
- [14] A. A. Ruiz C., N. Y. Piñeros C., (2014). Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica, algunas experiencias de investigación en Colombia. (1) [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Yineth-Pineros-Castro/publication/279448880_Aprovechamiento_de_biomasa_lignocelulosica_a_lgunas_experiencias_de_investigacion_en_Colombia/links/5728c00608aef5d48d2c8661/Aprovechamiento-de-biomasa-lignocelulosica-algunas-experiencias-de-

investigacion-en-Colombia.pdf.

- [15] A. M. Garzón R., *Desarrollo de una propuesta para la elaboración de un material para empaques de calzado a partir de un aglomerado compuesto de retazos de cuero y lignina extraída de hojas de maíz.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7209>
- [16] M. A. Acevedo G., I. Peñaloza Q., *Evaluación de la extracción de azúcares presentes en la pulpa de café residual para la obtención de bioproductos.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2021. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8302>
- [17] S. M. Ramírez A., M. C. Reyes N., *Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananás comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática.*, tesis pre., Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6575>
- [18] Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2005). Decreto 4741. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 4741, 30.
- [19] P. Fernández. "Valoración de Empresas por Descuento de Flujos: Diez Métodos y Siete Teorías "IESE CIIF. España, DI-766., 2008. [En línea]. Disponible: <https://media.iese.edu/research/pdfs/DI-0766.pdf>

ANEXO 1.

RECOMEDACIONES

En cuanto al transporte de las cáscaras de piña se recomienda el frigorífico con una temperatura de 7 a 8 °C y recubiertas en envoltorios plásticos, con la finalidad de la conservación de dicho desecho orgánico y no generar una descomposición temprana.

Para el análisis financiero, se sugiere tener mayor exactitud de los costos operativos de los dos métodos (Cal y UDT) que se comparan con el proyecto planteado, puesto que no se tienen datos y costos de manera detallada, para realizar una analogía explícita.

Al momento de tener un volumen grande de biomasa de piña se recomienda tenerlos hornos de secado necesarios para poder trabajar toda la muestra al mismo tiempo, esto disminuye el porcentaje de errores en las pruebas desde el punto de vista de no tener una descomposición temprana. Lo anteriormente mencionado afectará los materiales lignocelulósicos presentes en la piña y a su vez la capacidad de adsorción con la cuenta.

En cuanto a la medición de humedad de los escenarios, es muy importante que el equipo de la retorta este siempre calibrado, puesto que la medición obtenida de cada muestra puede ser muy variante lo que llevará a realizar análisis erróneos y tener que repetir las pruebas. Todo esto se verá reflejado en el gasto excesivo de materiales y el emplear más tiempo en las pruebas de laboratorio.

Como a modo de mejorar aún más la eficiencia y viabilidad del proyecto, se sugiere el poder trabajar con tamaños de partículas menores al 0.300 mm, con el propósito de poder identificar la capacidad de adsorción máxima con la cuenta el aditivo orgánico. Eso ayudará a tener que usar una menor cantidad de aditivo, llevándolo a hacer económicamente más rentable y efectivo.

A modo de consejo, es de vital importancia poder contactar despulpadoras de piña, para así no tener que comprar o adquirir los residuos en diferentes lugares para el desarrollo del proyecto, esto hará disminuir los costos y aumentará la viabilidad financiera.