

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes.

1.1. Antecedentes teóricos.

Salcedo Vera (2021), en la tesis “Elaboración de briquetas a partir de desechos de tallos de rosas y papel reciclado” (UPS, Ecuador), usó almidón de yuca como aglutinante y comparó el desempeño frente a leña y carbón tradicional. Señala ventajas físicas y operativas (buena compactación y manipulación) y evidencia de mayor rendimiento energético de las briquetas formuladas con almidón frente a opciones sin aglutinante equivalente, reforzando el criterio de seleccionar almidón de yuca como ligante principal en procesos de compactación a baja/mediana presión.

Huamán Ramos, Ramírez Sueño y Surichaqui Unchupaico (2021), en su tesis titulada Diseño y elaboración de briquetas ecológicas para la obtención de energía calorífica con residuos agrícolas generados en Masma Chicche, Jauja, evaluaron briquetas fabricadas con bagazo de maíz, paja de cebada, aserrín y papel reciclado, utilizando diversos aglutinantes (almidón de papa, almidón de maíz y gel de sábila). El tratamiento que empleó almidón de papa mostró un tiempo de combustión óptimo, menor porcentaje de humedad y mejor densidad, concluyendo que estas briquetas presentan alta eficiencia energética y manejabilidad para su transporte y almacenamiento.

Cuevas Bonilla, Hernández Montañez, Ortiz Tibaduiza y Díaz Bello (2023), en el artículo “Elaboración de briquetas a partir de aserrín y viruta de Pinos como energía alternativa en Boyacá, Colombia”, compararon combinaciones de biomasa con almidón de yuca y de maíz como aglutinantes. Concluyeron que las briquetas con aserrín + almidón de yuca (y/o mezcla yuca-maíz) mostraron mejor aglomerado y compactación que otras combinaciones, subrayando la importancia del tamaño de partícula $\leq 0,5$ mm y de la compresión mecánica para obtener resistencia adecuada. Este hallazgo apoya el uso de aglutinantes amiláceos y granulometrías finas en líneas de briquetado orientadas a rendimiento térmico y estabilidad dimensional.

1.2. Antecedentes de Campo.

Layne Asto, Padilla Rojas, Torrejón Paredes y Araujo Zambrano (2019), realizaron un proyecto titulado Elaboración de briquetas ecológicas a base de aserrín y papel reciclado, donde se buscó minimizar el impacto ambiental generado por los residuos sólidos. La investigación determinó que la proporción óptima fue 40% engrudo, 10% agua y 50% aserrín, produciendo briquetas de alta cohesión y buena combustión, lo que las hace aptas para reemplazar a los combustibles tradicionales en diversas aplicaciones domésticas e industriales.

Salcedo Vera (2021), en su trabajo titulado Elaboración de briquetas de carbón a partir de hojas del árbol de teca, evaluó la fabricación de briquetas usando residuos orgánicos forestales específicamente hojas del árbol de teca mezclados con virutas y almidón natural como aglomerante. Se comprobó la viabilidad técnica y económica de estas briquetas ecológicas, destacando su eficacia como fuente energética y su capacidad para reducir significativamente los problemas ambientales derivados del manejo de residuos forestales.

María José Pantoja Camacho (2024), en su proyecto titulado Aprovechamiento de residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente para la elaboración de briquetas como biocombustibles sólidos con aglomerantes de origen renovable, caracterizó los residuos vegetales provenientes de la poda y los combinó con aglomerantes provenientes del aceite de cocina usado. Este proyecto cumplió con estándares técnicos nacionales (NTC 2060) e internacionales, alcanzando un poder calorífico elevado (6673,3 kcal/kg), bajo contenido de cenizas y mínima emisión de humo y hollín. Los resultados demostraron una alta eficiencia energética y sostenibilidad ambiental, resaltando la viabilidad económica y técnica para la producción comercial de briquetas ecológicas.

Montenegro Santillán (2022), Evaluación del poder calorífico de briquetas de biochar obtenido a partir de residuos orgánicos (UNTRM, Perú). Comparó aglutinantes fécula de yuca vs. arcilla con relación 4:1 (biocarbón: aglutinante), compactación mecánica y

humedad final $\approx 12\%$; la briqueta con yuca mostró encendido más rápido y PCS superior = 4.750,75 kcal/kg (frente a 4.287,16 kcal/kg con arcilla), valores similares al carbón vegetal; confirma la conveniencia del almidón como aglutinante para mejorar desempeño térmico y manipulabilidad.

En el contexto nacional, se identifican experiencias empresariales de producción de briquetas en Cochabamba, Santa Cruz y Tarija, utilizando residuos de carbón, cáscara de coco y mezclas con aserrín, lo que evidencia un interés creciente por la valorización de residuos como fuente energética.

1.3. Historia de la Empresa.

La Comercializadora El TIZNAU es una empresa familiar dedicada a la venta de carbón vegetal en el municipio de Tarija, Bolivia. Si bien la razón social El TIZNAU fue formalmente constituida en enero de 2025, la actividad de comercialización de carbón se viene desarrollando de manera continua desde aproximadamente el año 2015, inicialmente como un emprendimiento familiar a pequeña escala y sin constitución legal durante ese año 2015, atendiendo principalmente a clientes locales y conocidos.

En enero de 2025, con el propósito de regularizar y formalizar una actividad que ya llevaba cerca de diez años de funcionamiento, la comercializadora se constituye oficialmente bajo el nombre El TIZNAU y se registra ante las instancias competentes, incluida la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), adecuándose a la normativa vigente para la comercialización de carbón vegetal. Desde entonces, la empresa mantiene la misma línea de negocio —venta de carbón en diferentes presentaciones (2,5 kg, 3 kg, 5 kg y 8 kg) y productos complementarios como sal parrillera e iniciadores de fuego, pero bajo una estructura formal.

1.4. Descripción de la situación problemática.

1.4.1. Introducción.

El carbón vegetal es un recurso energético ampliamente utilizado en la región de Tarija, especialmente en actividades gastronómicas como las parrilladas, que forman parte

integral de la cultura local. Su demanda ha crecido en los últimos años, convirtiéndolo en un producto de consumo recurrente tanto en hogares como en comercios y restaurantes.

En términos de producción, el Chaco tarijeño, particularmente los municipios de Yacuiba y Villa Montes, se destacan como principales productores de carbón vegetal en Bolivia. Según un informe de la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT), en los últimos cinco años se han producido 7.000 toneladas de carbón en Yacuiba y 3.000 toneladas en Villa Montes en tres años. Esta producción local abastece tanto al mercado interno como a otros departamentos del país.

En cuanto al consumo, aunque no se dispone de cifras exactas para el municipio de Tarija, se estima que el consumo anual de carbón vegetal en la ciudad podría superar las 2.000 toneladas por año, sin considerar la comercialización ilegal y sin papeles de algunas comercializadoras. Este consumo está mayormente relacionado con actividades gastronómicas, en particular el uso del carbón en parrilladas.

1.4.2. Planteamiento del problema.

La empresa El TIZNAU, ubicada en la ciudad de Tarija, se dedica a la comercialización de carbón vegetal en distintas presentaciones. En las etapas de fraccionamiento, el carbón sufre rotura y desintegración, generando partículas más pequeñas conocidas como carbonilla, que no cumplen con las características requeridas para su venta en las bolsas comerciales. Se estima que aproximadamente un 4 % de cada quintal de 25 kg de carbón manipulado se transforma en este residuo, el cual se acumula en sacos de yute y ocupa espacio físico dentro de las instalaciones.

La carbonilla se comercializa de forma eventual a un precio significativamente inferior al del carbón vegetal en trozos, lo que evidencia un aprovechamiento limitado de este recurso. Desde el punto de vista económico, este manejo de los residuos implica una pérdida de valor potencial, ya que un material que podría incorporarse en un producto diferenciado se vende como residuo a bajo costo. Además, la acumulación de esta carbonilla en el área de trabajo genera condiciones poco favorables para el personal,

asociadas a la presencia constante de carbonilla en el ambiente y a un uso ineficiente del espacio de almacenamiento, con un impacto ambiental y ocupacional que la empresa aún no gestiona de manera estructurada.

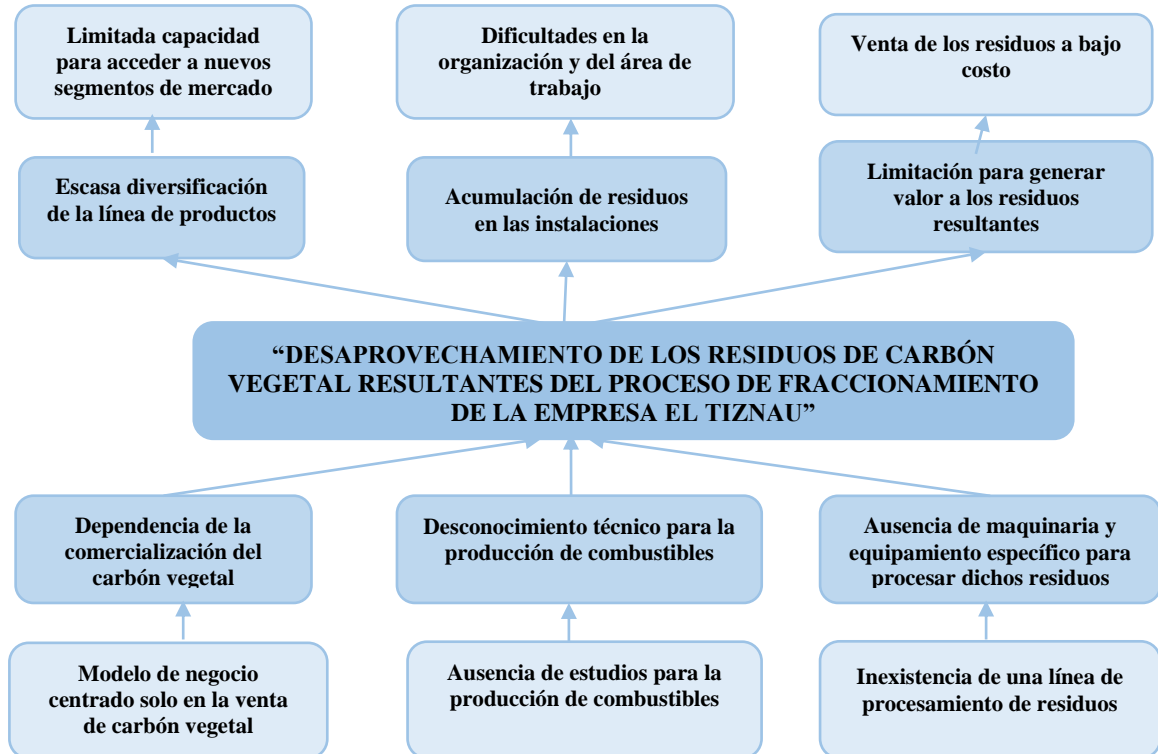
El desaprovechamiento de estos residuos se origina en el fraccionamiento de bolsas “quintaleras” de 25 kg que la empresa utiliza como unidad comercial, a partir de las cuales se obtienen las diferentes presentaciones de venta. Sin embargo, la gestión de El TIZNAU se ha orientado desde sus inicios exclusivamente a la comercialización del carbón vegetal, y no al desarrollo de procesos de producción de combustibles sólidos alternativos. Esta orientación limita la identificación de oportunidades para valorizar la carbonilla y se ve reforzada por la falta de conocimiento técnico.

Adicionalmente, la empresa no dispone de maquinaria ni de equipamiento específico que permita procesar la carbonilla de manera sistemática; en consecuencia, estos residuos no forman parte de ninguna línea productiva establecida y se venden como un residuo de bajo valor. Esta combinación de factores limita la diversificación de la línea de productos, la generación de ingresos adicionales y la reducción del impacto ambiental asociado a la acumulación de carbonilla.

1.4.3. Árbol de Problemas.

Figura 1

Árbol de Problemas

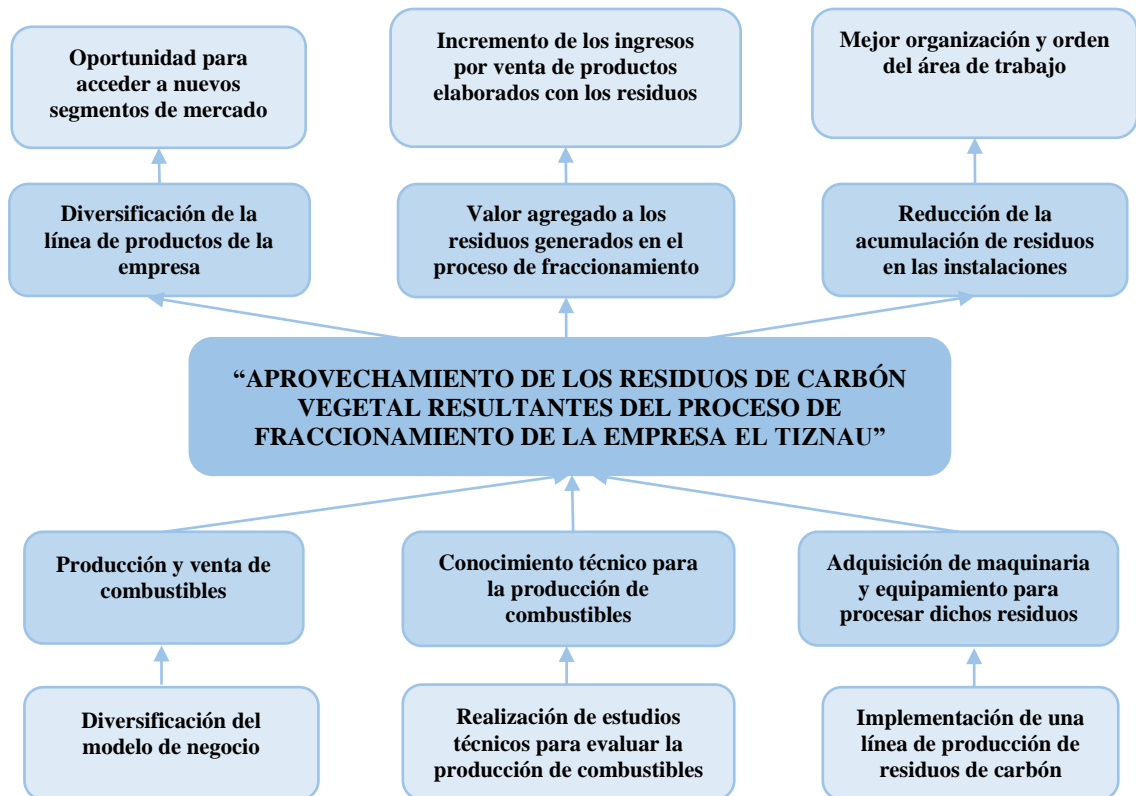


Nota. Problemas, causas y efectos que se generan en la empresa EL TIZNAU. Fuente y elaboración: propia

1.4.4. Árbol de Soluciones.

Figura 2

Árbol de Soluciones



Nota. Soluciones ante los problemas propuestos. Fuente y elaboración: Propia

1.5. Formulación de pregunta.

¿De qué manera se puede aprovechar los residuos de carbón vegetal de la empresa EL TIZNAU? De forma que incremente sus ingresos y diversifique su línea productos.

1.6. Objetivo.

1.6.1. Objetivo General.

Proponer el diseño de una línea de producción de briquetas ecológicas para la empresa EL TIZNAU de la ciudad de TARIJA, que optimice el aprovechamiento de los residuos

de carbón vegetal para la elaboración de productos con valor agregado y constituya una nueva fuente de ingresos para la empresa.

1.6.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la situación actual de la generación y manejo de residuos (residuos de carbón vegetal) en la empresa El TIZNAU, con el fin de identificar oportunidades de valorización.
- Determinar la demanda del producto mediante un estudio de mercado.
- Determinar la proporción óptima de mezcla entre los residuos de carbón vegetal y aglutinantes para la elaboración de briquetas ecológicas, a través de pruebas experimentales.
- Diseñar un prototipo de briquetas ecológicas que cumpla con los parámetros de resistencia, densidad, granulometría y humedad utilizando residuos de carbón vegetal disponible en la empresa.
- Evaluar la combustión de las briquetas ecológicas frente al carbón vegetal tradicional, mediante pruebas para demostrar su eficiencia.
- Evaluar la factibilidad económica y financiera del proyecto.

1.7 Justificación.

1.7.1. Justificación Académica.

El presente proyecto de grado contribuye de manera significativa al cuerpo de conocimientos de la ingeniería industrial, específicamente en el área de optimización de procesos productivos y valorización de residuos sólidos. La producción de briquetas ecológicas a partir de la carbonilla de carbón vegetal representa una aplicación concreta de teorías y metodologías aprendidas durante la formación académica, como la gestión de residuos, diseño de procesos, análisis de eficiencia energética y mejora continua.

Este trabajo, además, fomenta la investigación aplicada en torno a la sostenibilidad energética, integrando conceptos de economía circular, lo cual abre nuevas líneas de estudio para futuras investigaciones en el ámbito académico. También contribuye al

desarrollo de propuestas prácticas e innovadoras para abordar problemáticas reales, sirviendo como caso de estudio y referencia para otros estudiantes e investigadores en el campo de la ingeniería industrial.

1.7.2. Justificación Técnica.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto propone diseñar una línea de producción de briquetas ecológicas, aprovechando los residuos de carbón vegetal abundantes en la región de Tarija y en la empresa EL TIZNAU. La aplicación de herramientas técnicas como el diseño de procesos, caracterización fisicoquímica de materias primas, pruebas de compactación y evaluación energética, permitirá obtener productos eficientes y sostenibles.

Esta propuesta busca resolver un problema técnico-industrial: la acumulación y desperdicio de residuos sólidos, transformándolos en biocombustibles sólidos de alta eficiencia. La optimización de la gestión de residuos, la introducción de tecnologías de briquetización y la mejora en la producción energética posicionan este proyecto como una contribución relevante al desarrollo industrial sostenible de la región.

1.7.3. Justificación Legal.

El proyecto se encuentra alineado con las normativas legales y medioambientales vigentes en Bolivia, en particular con las disposiciones de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), que promueven el uso racional de recursos forestales y la valorización de residuos como estrategia para evitar la deforestación y la quema de residuos madereros.

La producción de briquetas ecológicas contribuye al cumplimiento de las leyes ambientales que regulan la gestión de residuos sólidos, fomentando el uso de tecnologías limpias y procesos sostenibles. Además, garantiza que las actividades de la empresa El TIZNAU se desarrollen dentro de un marco legal adecuado, evitando sanciones, fortaleciendo la responsabilidad social empresarial y promoviendo el respeto por las normativas de seguridad, salud y medio ambiente.

1.7.4. Justificación Económica.

Desde la perspectiva económica, el proyecto busca reducir las pérdidas asociadas a la venta de los residuos de carbón vegetal a bajo precio, transformando estos residuos en briquetas ecológicas con valor agregado. La implementación de una línea de producción permitirá diversificar los productos de la empresa El TIZNAU, incrementando su rentabilidad y competitividad en el mercado local.

La optimización del uso de materias primas reducirá los costos de gestión y almacenamiento de residuos, mientras que la venta de briquetas ecológicas generará nuevas fuentes de ingreso. Asimismo, el proyecto contribuirá al desarrollo económico regional mediante la oferta de un biocombustible alternativo, lo cual podría fomentar nuevos mercados y empleos en el sector.

1.7.5. Justificación Personal.

Este proyecto representa una oportunidad de desarrollo personal y profesional para el estudiante, permitiéndole aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial a una problemática real del entorno productivo local. La planificación, ejecución y análisis del proyecto fortalecerán habilidades en gestión de proyectos, análisis crítico, toma de decisiones y resolución de problemas técnicos.

Además, permitirá al estudiante consolidar su perfil profesional en el campo de la optimización de procesos y sostenibilidad industrial, estableciendo conexiones con el entorno empresarial y facilitando su inserción en el mercado laboral. Este trabajo de grado también contribuirá a desarrollar competencias en comunicación, liderazgo y responsabilidad social, esenciales para su futuro desempeño como ingeniero industrial.

1.8 Metodología.

1.8.1. Enfoque.

El presente proyecto adopta un enfoque mixto con predominio cuantitativo, ya que combina la recolección y análisis de datos numéricos con elementos de interpretación

contextual. El enfoque cuantitativo permite evaluar técnicamente variables como poder calorífico, densidad, humedad y rendimiento energético de las briquetas. Por su parte, el componente cualitativo se incorpora en la fase de estudio de mercado y percepción de usuarios sobre el producto ecológico. Esta combinación de enfoques permite una comprensión integral del proceso productivo propuesto y su viabilidad tanto técnica como social.

1.8.2. Tipo de investigación

En el presente proyecto se emplean tres tipos de investigación complementarias: exploratoria, descriptiva y experimental. Esta combinación responde a la necesidad de comprender un fenómeno poco documentado, caracterizar sus variables técnicas y sociales, y validar empíricamente el diseño de un producto innovador a partir de residuos valorizables. La metodología se fundamenta en los enfoques teóricos de Hernández Sampieri, adaptados al campo de la ingeniería industrial.

1.8.2.1. Investigación exploratoria

La investigación exploratoria se utiliza cuando el objeto de estudio presenta poca información previa o cuando el fenómeno es novedoso dentro del contexto local. Según Hernández Sampieri, este tipo de estudio busca familiarizarse con una problemática para definir con mayor claridad sus dimensiones o formular hipótesis posteriores (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 91). En este proyecto, la exploración inicial permitió identificar el potencial de aprovechamiento energético de los residuos de carbón vegetal, residuo generado en procesos de producción artesanal y forestal en Tarija. Esta fase permitió reconocer que no existen soluciones tecnológicas implementadas localmente que utilicen dichos residuos de forma eficiente y sostenible.

1.8.2.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva tiene como objetivo detallar las características y condiciones que presenta un fenómeno específico. De acuerdo con Hernández Sampieri, se trata de un tipo de investigación que especifica las propiedades, perfiles y

componentes del fenómeno analizado, proporcionando una fotografía precisa de su realidad (Hernández-Sampieri et al., 2014...p. 98). En el presente estudio, se utiliza este enfoque para describir el contexto actual de generación y disposición de residuos, las prácticas informales en la elaboración de carbón vegetal, las condiciones del proceso de secado artesanal, y las propiedades físicas de los materiales que afectan la calidad de las briquetas. Esta etapa permitió construir un diagnóstico técnico y social del problema.

1.8.2.3. Investigación experimental

La investigación experimental se aplica cuando se busca comprobar relaciones de causa y efecto mediante la manipulación controlada de variables. Según Hernández Sampieri, este tipo de investigación permite modificar intencionalmente una o más variables independientes para observar sus efectos sobre una o más variables dependientes, dentro de un entorno estructurado (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 164). En el proyecto, se realizan experimentos para combinar distintos porcentajes de aglutinantes y residuos de carbón, evaluando su comportamiento al ser compactados, secados y encendidos. Se controlan variables como humedad, presión de compactación y cantidad de aglutinante, para observar sus efectos sobre la densidad, resistencia y poder calorífico de las briquetas resultantes.

1.8.3. Métodos y Técnicas de investigación.

1.8.3.1 Método de investigación.

Se aplica un método experimental con enfoque mixto, que integra medición con predominio cuantitativo y evaluación cualitativa, para correlacionar variables de proceso y desempeño térmico, mediante ensayos controlados y evidencia de mercado en el diseño de briquetas ecológicas.

1.8.3.2 Técnicas de investigación.

En coherencia con el enfoque mixto, se emplearán las siguientes técnicas de investigación, seleccionadas por su pertinencia para cumplir los objetivos del proyecto:

- Observación directa: para detectar condiciones operativas y residuos desaprovechados.
- Revisión documental y bibliográfica: para sustentar el marco teórico y referencial.
- Experimentación: para evaluar variables físicas del producto (densidad, combustión, humedad, resistencia).
- Encuestas estructuradas: aplicadas a jefes de familia de 30 años que son consumidores potenciales de carbón vegetal.
- Entrevistas a expertos: para reforzar el diseño y el proceso.

1.8.4. Población o sujeto de estudio.

El sujeto de estudio del presente proyecto de grado comprende tanto componentes técnicos como actores humanos, dado que el objetivo central es el diseño de un producto nuevo “briquetas ecológicas” a partir del aprovechamiento de residuos generados en la comercializadora El TIZNAU, ubicada en la ciudad de Tarija.

Desde un enfoque técnico, el sujeto de estudio incluye:

- La empresa Comercializadora El TIZNAU, que constituye el entorno productivo en el cual se generan los residuos (carbonilla) utilizados como materia prima del producto propuesto. Su análisis permite comprender el contexto operativo y las oportunidades de valorización de materiales descartados.
- El proceso de transformación de residuos en briquetas ecológicas, entendido como la secuencia de etapas que incluyen el acopio, mezcla, compactación, secado y validación del producto. Este proceso será analizado y diseñado con criterios de eficiencia, sostenibilidad y viabilidad técnica.
- El producto, es decir, las briquetas ecológicas. Estas serán evaluadas mediante pruebas físicas y térmicas para comprobar su calidad, durabilidad y poder calorífico, con el fin de optimizar su formulación.

Desde el enfoque poblacional humano, el estudio contempla tres grupos estratégicos:

- **Población 1:** Clientes potenciales (familias con jefes de hogar de 30 años), compuesta por usuarios actuales de carbón vegetal que serán encuestados para identificar su disposición a utilizar un combustible alternativo y evaluar su percepción sobre el producto.
- **Población 2:** Trabajadores de la empresa, encargados de las labores de acopio, embolsado y comercialización del carbón, quienes brindarán información valiosa sobre el manejo actual de los residuos y la factibilidad operativa del proceso propuesto.
- **Población 3:** Expertos técnicos, conformada por profesionales con conocimientos en ingeniería industrial, energía o materiales, que serán consultados para validar aspectos técnicos del diseño del producto y el proceso.

1.8.5. Tipo de muestreo.

En el presente estudio se han considerado tres grupos poblacionales para aplicar instrumentos de recolección de datos: clientes potenciales, expertos técnicos y comercios. Para cada grupo se ha definido un tipo de muestreo diferente, en función de la naturaleza de la población, el objetivo del análisis y la viabilidad operativa del trabajo de campo.

1.8.5.1 Muestreo no probabilístico por conveniencia (clientes potenciales).

Para el grupo de clientes potenciales se empleará un muestreo no probabilístico por conveniencia, dirigido a familias del Municipio de Cercado cuyos jefes/as de hogar tienen 30 años o más y utilizan carbón vegetal.

Se adopta este diseño porque en la ciudad de Tarija el uso de carbón vegetal es frecuente y forma parte de las tradiciones culturales de cocción a la parrilla y a las brasas; además, existe alta accesibilidad a carnes, pescado y pollo debido a la disponibilidad local de ganadería y oferta pesquera, lo que facilita y estimula su consumo regular. En estas condiciones, realizar un muestreo probabilístico es innecesario debido al consumo que ya existe en la ciudad de Tarija; por lo cual, un

muestreo no probabilístico con una muestra referencial resulta más conveniente para recabar la información.

1.8.5.2 Muestreo no probabilístico (expertos técnicos).

Para el grupo de expertos en el área, se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se trata de una población reducida, especializada y no homogénea. En este caso, los participantes serán seleccionados intencionalmente en función de su experiencia, trayectoria y accesibilidad, tomando en cuenta su formación profesional en áreas como ingeniería industrial, energía, medio ambiente y procesos productivos.

Esta decisión metodológica responde al criterio de que los expertos no requieren representatividad estadística, sino validación técnica y conceptual del producto y del proceso propuesto, lo cual se logra mediante su juicio profesional fundamentado. La cantidad de expertos a consultar estará entre 2 personas, suficientes para obtener retroalimentación cualitativa relevante.

1.8.6. Tamaño de la muestra.

El diseño muestral adoptado fue no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad a los encuestados y la pertinencia para el estudio. Se determinó aplicar un tamaño de muestra a las familias y a los comerciantes:

82 encuestas a consumidores finales (familias) y 20 encuestas a puntos de venta.

1.8.6.1. Consumidores finales (familias).

Se determinó trabajar con 82 encuestas a familias de diferentes barrios de la ciudad. Se realizó esta cantidad de encuestas porque se enfocó el estudio en personas de 30 años en adelante, que usualmente asumen el rol de jefes de hogar y tienen acceso efectivo a la compra de carbón vegetal para la preparación de alimentos, desde opciones de menor costo (pollo, pescado) hasta productos de mayor precio (carne).

Al tratarse de un muestreo no probabilístico, no fue necesario aplicar un cálculo de muestra probabilística, ya que una muestra referencial en este segmento resultó suficiente para obtener una aproximación a los hábitos de consumo de carbón vegetal y a la posible aceptación de las briquetas ecológicas, debido a que se tomó la muestra a diferentes zonas y tomando en cuenta que este producto no es una necesidad.

1.8.6.2. Puntos de venta y comercios

Para el caso de los comercios, se aplicaron 20 encuestas. Esta cantidad se definió debido a la elevada cantidad y dispersión de puntos de venta de carbón vegetal en los distintos barrios, lo que hace poco viable encuestar a todos los establecimientos. En consecuencia, y manteniendo el enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia, se optó por una muestra referencial debido a la cantidad masiva de comercios que están dispersos en la localidad por lo cual se fue seleccionando comercios que representan los principales rubros relacionados con el uso o venta de carbón vegetal, como tiendas de barrio, carnicerías, pescaderías, puestos de pollo crudo, mercados y pequeños restaurantes.

De este modo, las 20 encuestas permiten recoger la percepción de los comerciales más relevantes sin requerir un muestreo probabilístico de toda la población de comercios.

1.8.7. Recolección de información.

La recolección de información en el presente proyecto será sistemática, planificada y apoyada en fuentes primarias y secundarias, con el fin de obtener datos relevantes para el diagnóstico, el diseño del producto y la validación de su funcionalidad y aceptación en el mercado. Se emplearán diferentes herramientas metodológicas, ajustadas al tipo de datos y al grupo objetivo correspondiente.

1.8.7.1. Información primaria.

La información directa se obtendrá a través de las siguientes técnicas:

- Observación directa: Se realizará un seguimiento en campo del proceso actual de manipulación del carbón vegetal en la empresa El TIZNAU, así como de las

etapas experimentales de elaboración de briquetas. Esta observación permitirá identificar ineficiencias, pérdidas, tiempos muertos y condiciones de manejo de los residuos.

- Encuestas estructuradas: Serán aplicadas a aproximadamente 82 jefes de familia, considerados como clientes potenciales del producto. Estas encuestas permitirán conocer sus hábitos de consumo, disposición de pago y percepción sobre el uso de briquetas ecológicas como alternativa al carbón tradicional.
- Entrevistas semiestructuradas: Dirigidas a 2 expertos en ingeniería industrial, energía o procesos de valorización de residuos. Su aporte técnico será clave para validar criterios de calidad del producto y la formulación de mezclas.
- Experimentación técnica: Durante la elaboración de briquetas se recopilarán datos sobre proporciones de mezcla, densidad, poder calorífico, resistencia y comportamiento térmico. Esta información se registrará mediante formatos estructurados de laboratorio y hojas de observación.
- Medición de tiempos: Se aplicará para registrar con precisión la duración de cada fase del proceso (mezclado, prensado, secado, encendido), utilizando cronómetros o herramientas digitales. Esto permitirá identificar cuellos de botella y mejorar la eficiencia operativa.

1.8.7.2. Información secundaria.

Será recolectada mediante:

- Revisión documental: Se analizarán fuentes internas como manuales técnicos, registros históricos, fichas de producto (si existieran) y literatura técnica vinculada a briquetas, residuos sólidos, biocombustibles y procesos productivos artesanales.
- Revisión bibliográfica: Incluye libros, tesis, artículos científicos y normativas legales que respaldan el enfoque técnico, ambiental y normativo del proyecto.

1.8.7.3. Fases de recolección.

La información será recolectada en tres momentos:

- Diagnóstico inicial: observación directa y revisión documental.
- Fase experimental: pruebas de laboratorio y medición de tiempos.
- Fase de validación: aplicación de encuestas y entrevistas

1.8.8. Instrumentos de recolección de información.

Para la recolección de información se emplearán instrumentos diseñados específicamente según el tipo de fuente y los datos requeridos. A continuación, se describe brevemente:

- Guía de observación estructurada: Documento con ítems organizados por etapas del proceso de elaboración de briquetas, que permitirá registrar condiciones operativas, tiempos y desviaciones relevantes en campo.
- Cuestionario estructurado: Instrumento aplicado a clientes potenciales (jefes de familia), compuesto por preguntas cerradas y escalas de valoración, orientado a recopilar datos sobre hábitos de consumo y aceptación del producto propuesto.
- Guía de entrevista semiestructurada: Dirigida a expertos técnicos, con preguntas abiertas y eje temático definido, para obtener criterios cualitativos sobre el diseño del producto, su viabilidad técnica y recomendaciones de mejora.
- Ficha de registro experimental: Hoja técnica con variables específicas para anotar los resultados de las pruebas físicas y térmicas realizadas a las briquetas (mezcla, secado, combustión, resistencia, etc.).
- Cronometría digital: Para medir tiempos de proceso.

Estos instrumentos serán validados mediante prueba piloto o revisión experta para asegurar su confiabilidad y coherencia con los objetivos de investigación.

CAPÍTULO II
IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

2. Identificación de la empresa.

2.1. Empresa.

La Comercializadora El TIZNAU es una empresa familiar dedicada a la venta de carbón vegetal en el municipio de Tarija-Bolivia. La actividad de comercialización de carbón se desarrolla de manera continua desde hace aproximadamente diez años como emprendimiento familiar a pequeña escala, atendiendo principalmente a clientes locales.

En enero de 2025 esta actividad fue formalizada y registrada legalmente bajo la denominación Comercializadora El TIZNAU, constituyéndose como empresa reconocida ante las instancias correspondientes. La empresa es de propiedad del Sr. Jesús Ángel Sandoval Romero y de la Srta. Elitamar Carrasco, quienes conforman la dirección del negocio y toman las decisiones relacionadas con la gestión operativa de la empresa.

La empresa está debidamente inscrita ante la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), cumpliendo con las normativas vigentes para la comercialización de productos forestales. Cuenta con el número de registro ABT-RUEF-05739, que le permite operar legalmente dentro del marco regulatorio establecido por esta autoridad. La categoría actual de la empresa, según la clasificación de la ABT, corresponde a la categoría E, destinada a comercializadoras de carbón vegetal que movilizan menos de 100 toneladas anuales.


2.1.1. Datos Comerciales.

Actualmente, la Comercializadora El TIZNAU no tiene registro en el Servicio Plurinacional de Registro de Comercio (SEPREC) ni Número de Identificación Tributaria (NIT) debido a su clasificación en la categoría E, que contempla empresas con un movimiento menor a 100 toneladas anuales. Según la normativa de la ABT, este tipo de comercializadoras no están obligadas a registrarse en SEPREC ni a tramitar NIT mientras se mantengan dentro de esta categoría.

Sin embargo, se contempla que, a largo plazo, a medida que la empresa aumente su volumen de comercialización y supere las 100 toneladas anuales, será necesario realizar la actualización de categoría en la ABT (a categoría D o superior), lo cual implicará automáticamente el registro en SEPREC y la obtención del NIT, siguiendo las regulaciones fiscales y comerciales establecidas en Bolivia.

Tabla 1

Datos de la empresa EL TIZNAU

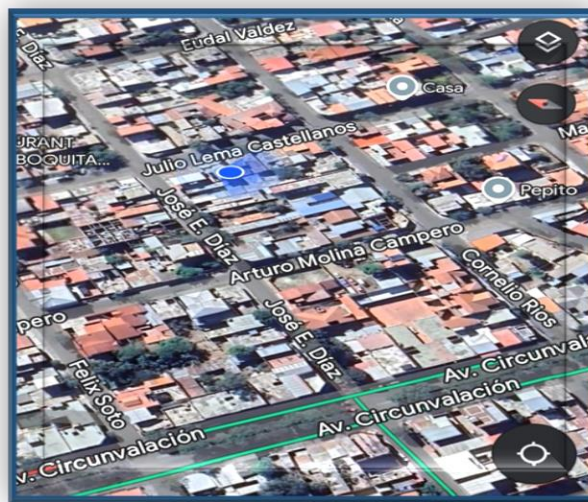
LOGO	DESCRIPCIÓN
	RAZON SOCIAL: EL TIZNAU
	REGISTRO: ABT-RUEF-05739
	ACTIVIDAD: COMERCIALIZADORA DE CARBÓN
	CATEGORIA ACTUAL: E
	MUNICIPIO: TARIJA

Nota. Datos sobre la empresa EL TIZNAU. Fuente: EL TIZNAU y elaboración: Propia

2.2. Ubicación.

Figura 3

Ubicación de la empresa El TIZNAU



Nota. Espacio geográfico. Fuente: Google Maps (2026) y elaboración: Propia

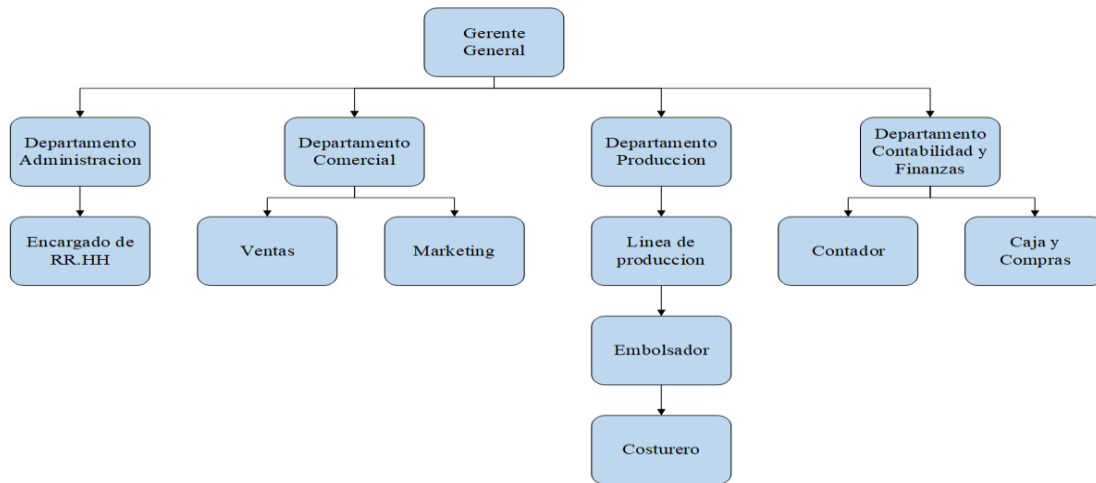
La empresa se encuentra ubicada en el barrio Narciso Campero, una zona estratégica y de fácil acceso en la ciudad de Tarija, Bolivia. Su localización exacta está entre las calles José Electo Díaz y Julio Lema, lo que facilita tanto la recepción de materia prima como la distribución eficiente de sus productos en el mercado local.

Además, cuenta con un terreno propio destinado al almacenamiento, embolsado y costurado del carbón vegetal. Las coordenadas geográficas de la empresa son 21°32'01.6"S 64°42'50.4"W (XCOORD 322491, YCOORD 7617795), lo cual ubica a El TIZNAU en una posición privilegiada para la logística y operación comercial, contribuyendo a la optimización del transporte, accesibilidad y visibilidad dentro de un entorno competitivo.

2.3. Organización

La estructura organizativa de la Comercializadora El TIZNAU se compone de las siguientes áreas:

- **Gerencia General:** a cargo del Ing. Jesús Ángel Sandoval Romero, quien lidera la estrategia general, operaciones y crecimiento de la empresa.
- **Área de Marketing:** responsable del posicionamiento de marca, publicidad y estrategias promocionales para atraer nuevos clientes y fidelizar los existentes.
- **Área de Ventas:** encargada de la atención al cliente, gestión de pedidos y coordinación de entregas.
- **Área de Producción:** conformada por el personal operativo que realiza actividades de almacenamiento, selección, embolsado, costurado y preparación de los productos.

Figura 4*Organigrama de la empresa El TIZNAU*

Nota: organización interna de la empresa. Fuente: EL TIZNAU y elaboración: Propia

2.4. Productos y/o servicios

La Comercializadora El TIZNAU se especializa en la venta y distribución de carbón vegetal embolsado, ofreciendo los siguientes productos:

2.4.1. Bolsas de carbón vegetal:

Cada presentación incluye una pastilla iniciadora de fuego y una bolsa de sal parrillera de 50 gramos.

Tabla 2

Productos de Comercialización

<p>BOLSA DE 2.5kg</p> 	<p>BOLSA DE 3kg</p> 
<p>BOLSA DE 5kg</p> 	<p>BOLSA DE 8kg</p> 
<p>BOLSA QUINTAL</p> 	

Nota. Productos que ofrece la empresa. Fuente: EL TIZNAU y elaboración: Propia



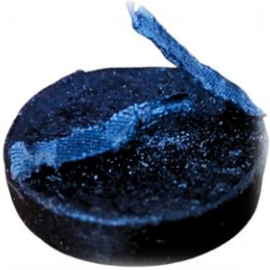
2.5. Materia Prima e Insumos

La Comercializadora El TIZNAU utiliza materia prima y diversos insumos para llevar a cabo su actividad principal, que es el fraccionamiento de carbón vegetal proveniente de la provincia el Chaco asegurando la calidad de esta materia prima. La empresa comercializa esta materia prima en trozos fraccionados en presentaciones prácticas de diferentes pesos. De igual manera fraccionan la sal y embolsan los iniciadores de fuego para añadir a la presentación de sus bolsas.

A continuación, se detallan los elementos clasificados por tipo:

Tabla 3

Materia prima en insumos

MATERIA PRIMA	
	
INSUMOS ADICIONALES	
SAL 	PASTILLA 

Nota. Materia prima e insumos. Fuente: y elaboración: Propia

2.5.1. Materia Prima

- **Carbón Vegetal:** El insumo principal de la empresa es el carbón vegetal, el cual proviene de diversas zonas del Chaco boliviano, principalmente de Villamontes y Yacuiba, en el departamento de Tarija. Este carbón es producido

a partir de una mezcla de maderas típicas de la región, entre las que destacan especies como el quebracho, algarrobo, y otras maderas duras y semiduras utilizadas tradicionalmente en la fabricación de carbón vegetal en el Gran Chaco. Estas especies son conocidas por su alto poder calorífico y su durabilidad en la combustión, lo cual es ideal para el consumidor final.

El carbón se recibe a granel, en quintales, transportado en camionadas (Volvo) que descargan directamente en el área de almacenamiento de la empresa, donde posteriormente se realiza el proceso de selección, embolsado y costurado.

➤ **Insumos:**

- **Pastillas Iniciadoras de Fuego:** Las pastillas iniciadoras de fuego que se incluyen en cada bolsa de carbón son adquiridas de proveedores externos. Estas pastillas están compuestas por aserrín, parafina y cera, y cuentan con una mecha tipo jean que facilita su encendido. Son entregadas en forma terminada, listas para ser integradas a los productos comercializados por la empresa. Estas pastillas mejoran significativamente la experiencia del usuario al reducir el tiempo y esfuerzo necesarios para encender el carbón.
- **Sal Parrillera:** La empresa también adquiere sal parrillera a granel en dos variedades:
 - Sal parrillera blanca (500 gramos).
 - Sal parrillera pink (rosada) (300 gramos)

Ambas son fraccionadas por el personal de la empresa en porciones de 50 gramos, que se colocan dentro de cada bolsa de carbón vegetal como un complemento para el consumidor. Este proceso se realiza internamente, contribuyendo al valor agregado de cada presentación.

- **Bolsas de Empaque:**
 - Bolsas Kraft: Son utilizadas para embalar el carbón vegetal en sus distintas presentaciones (2.5 kg, 3 kg, 5 kg, 8 kg y quintales de 25 kg). Estas bolsas son resistentes, ecológicas y permiten una manipulación adecuada del producto, protegiéndolo de la humedad y facilitando su transporte.

- **Bolsitas de Material Reciclado:**

- Bolsitas transparentes: utilizadas para empacar la sal parrillera de forma higiénica y visible.
- Bolsitas amarillas: empleadas para empacar las pastillas iniciadoras de fuego, facilitando su diferenciación y presentación al cliente.

2.6. Proceso Productivo.

2.6.1. Descripción del proceso productivo.

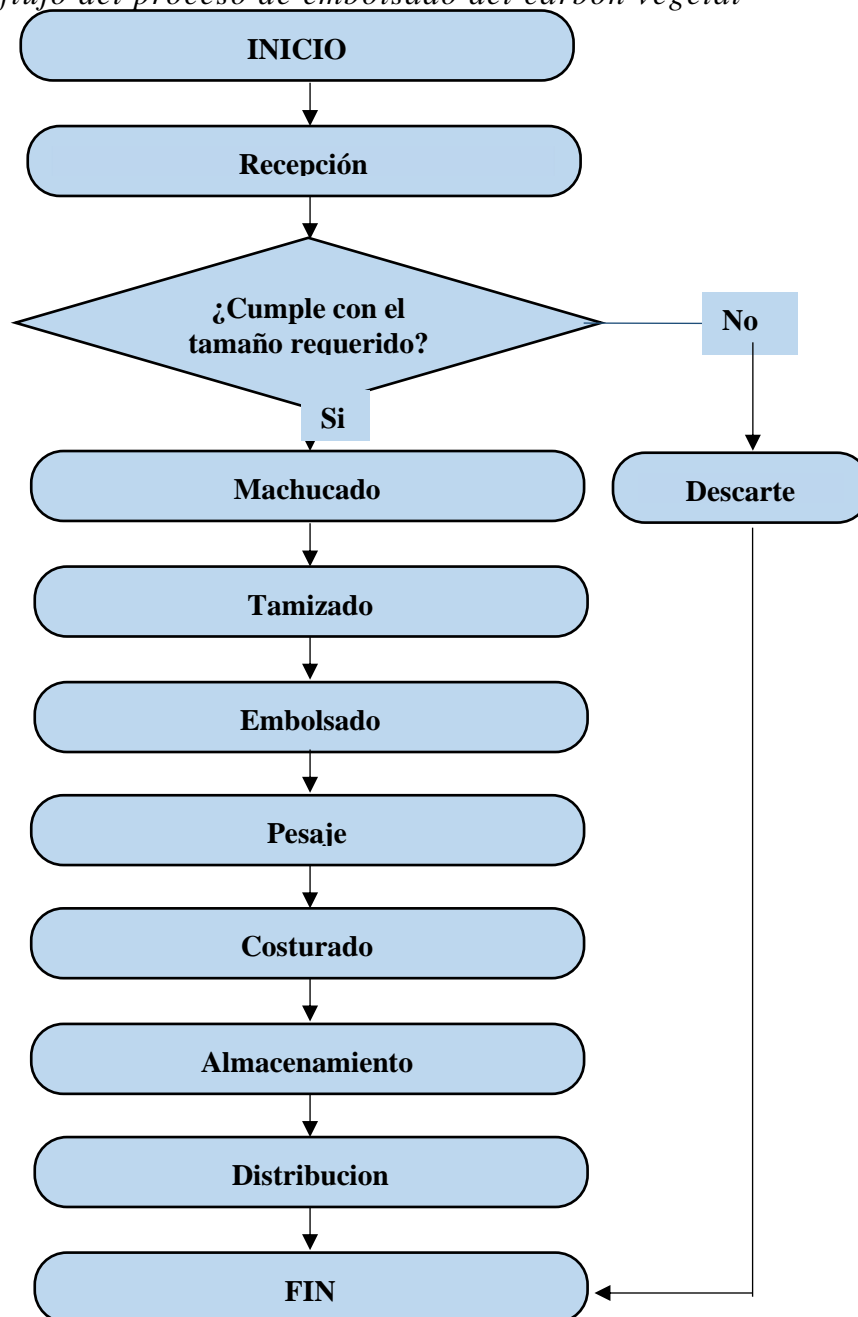
- **Recepción de materia prima:** El carbón vegetal es recibido en quintales transportados por camiones Volvo desde Villamontes, Yacuiba y otras zonas del Chaco boliviano. Al llegar, es descargado manualmente y almacenado en un tinglado techado, diseñado para el apilamiento ordenado. En esta etapa, se realiza un control visual para verificar la calidad general del carbón, asegurando que el producto no sea principalmente polvillo.
- **Control del tamaño:** Durante la recepción se revisa el estado físico del carbón, donde se evalúa si la bolsa contiene mucho residuo pequeño. En caso de que no cumpla con el tamaño adecuado que es mayormente trozos medianos se rechazan las bolsas que no cumplen con el tamaño requerido.
- **Machucado del Carbón:** El carbón almacenado es transferido a mesas de trabajo especiales con orificios, donde se realiza el machucado manual utilizando martillos y garras. Este proceso tiene como finalidad reducir el tamaño de los trozos de carbón para que se ajusten adecuadamente a las bolsas Kraft y mejorar la calidad del empaque.
- **Tamizado / Filtrado del Polvillo:** Las mesas de embolsado tienen perforaciones que actúan como filtro, permitiendo que los residuos más finos (polvillo) caigan automáticamente y no sean incluidos en las bolsas de producto final. Este paso asegura que el cliente reciba un carbón compacto, limpio y de buena presentación.

- **Embolsado del Carbón:** Luego del machucado y filtrado, el carbón es introducido manualmente en las bolsas Kraft, según el formato correspondiente (2.5 kg, 3 kg, 5 kg, 8 kg o quintales de 25 kg). Las bolsas son preparadas para el pesaje.
- **Pesaje del Producto:** Cada bolsa es llevada a las balanzas de precisión marca Thoyoba para verificar que el peso esté dentro del rango estipulado. Si es necesario, se ajusta el contenido antes de cerrar la bolsa.
- **Inserción de Complementos:** Una vez verificado el peso, se agregan los complementos promocionales:
 - Una pastilla iniciadora de fuego (compuesta por aserrín, cera y parafina, con mecha jean).
 - Una bolsita de sal parrillera de 50 gramos (blanca o Pink). Estos se colocan cuidadosamente en la parte superior de la bolsa de carbón antes de sellarla.
- **Costurado de la Bolsa:** Con el contenido completo (carbón + complementos), la bolsa se cierra utilizando la máquina cosedora móvil Shiruba, asegurando un sellado firme y profesional. El hilo utilizado es de alta resistencia, proveniente de marcas como Shanghái y Ari.
- **Almacenamiento del Producto Final:** Las bolsas ya terminadas son almacenadas en cuartos especiales sobre pallets, evitando el contacto directo con el suelo y garantizando condiciones adecuadas de conservación. Estas bolsas permanecen en almacenamiento hasta su distribución.
- **Distribución:** Finalmente, los productos se despachan a los puntos de venta o directamente al cliente, dependiendo de los pedidos y la demanda estacional.

2.6.2. Diagrama de flujo del proceso

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso de embolsado del carbón vegetal



Nota. Procesos para obtener el producto. Fuente: y elaboración: Propia

2.7. Maquinaria y Equipo

La Comercializadora El TIZNAU cuenta con un conjunto de maquinaria, herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo el proceso de almacenamiento, manipulación, embolsado y costurado del carbón vegetal, así como para garantizar la seguridad de sus trabajadores durante las operaciones. Todos los equipos están ubicados dentro del terreno de la empresa, específicamente en las áreas destinadas al almacenamiento y procesamiento, optimizando así el flujo de trabajo.

A continuación, se detallan los principales equipos y herramientas utilizados:

- Máquina Cosedora de Bolsas Móvil - Marca Shiruba (Taiwanesa): Equipo esencial para el sellado de las bolsas de carbón vegetal, asegurando la resistencia y calidad del empaque. Su diseño móvil permite flexibilidad en el proceso de costurado, facilitando la adaptación a diferentes áreas de trabajo dentro de la planta.
- Balanzas de Precisión - Marca Thoyoba (brasileira): Utilizadas para el pesaje exacto de las diferentes presentaciones de carbón vegetal. Estas balanzas aseguran que cada bolsa cumpla con los pesos establecidos, manteniendo la uniformidad y calidad del producto ofrecido al cliente.
- Hilos de las Marcas Shanghái y Ari: Empleados para el costurado de las bolsas de carbón, estos hilos son seleccionados por su alta resistencia, lo que garantiza la durabilidad del empaque durante el transporte y manipulación.
- Herramientas Manuales (Martillos y Garras): Utilizadas en el proceso de machucado del carbón, permitiendo ajustar el tamaño de las partículas a los estándares de calidad definidos por la empresa. Esta operación es clave para asegurar que el carbón comercializado cumpla con las expectativas del cliente en cuanto a tamaño y facilidad de uso.
- Equipos de Protección Personal (EPP): Incluyen guantes, barbijos industriales y gafas de protección, esenciales para resguardar la salud de los trabajadores

ante la exposición al polvillo y residuos de carbón durante las labores de embolsado y manipulación.

➤ Herramientas y Equipos Artesanales:

- Mesas de trabajo reforzadas: Empleadas en diferentes etapas del proceso, como el costurado de las bolsas, el almacenamiento de pastillas iniciadoras y sal parrillera, y el preparado del carbón para embolsar.
- Mesa de machucado con orificios (tipo filtro): Diseñada artesanalmente, permite separar las partículas más finas del carbón (polvillo) durante el machucado, evitando que residuos no aptos sean incluidos en las bolsas destinadas a la venta. Esta mesa contribuye a mantener los estándares de calidad del producto final.

Tabla 4

Máquinas y Equipos

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FOTOGRAFÍA
<p style="text-align: center;">COSEDORA DE BOLSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo: Siruba AA-6, portátil y de uso industrial • Velocidad de costura: Hasta 1.700 puntadas por minuto, • Tipo de puntada: Cadeneta de un solo hilo, con largo de puntada de 7,2 mm, 	

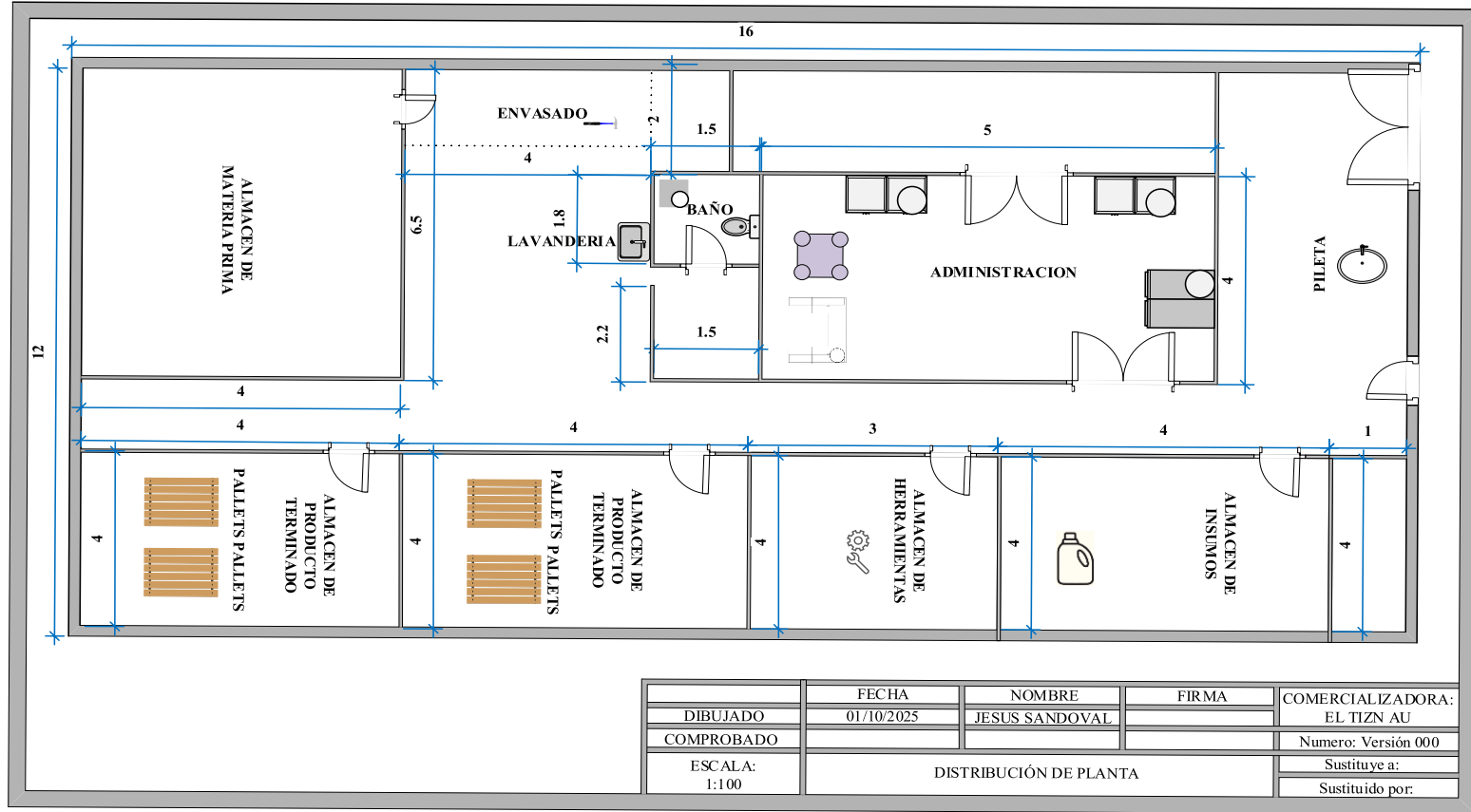
<p style="text-align: center;">BALANZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad máxima: 40 kg • Precisión: 1 g, permitiendo mediciones exactas • Pantalla: LCD con retroiluminación, mostrando peso, precio unitario y total 	
<p style="text-align: center;">HILO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material: 100% poliéster de alta tenacidad • Calibre: 12S/6 y 20S/6 • Presentación: Conos de 250 g • Longitud por cono: Hasta 1.820 metros • Resistencia a la tracción: Hasta 8.180 g 	

Nota. Maquinaria y equipo de la empresa. Fuente: y elaboración: Propia

2.8. Layout

En la siguiente figura se muestra la distribución de la planta de la empresa EL TIZNAU, identificando las áreas de producción establecidas

Figura 6
 Layout de la comercializadora EL TIZNAU



Nota: La figura muestra la infraestructura de la empresa EL TIZNAU. Fuente y elaboración: Propia,

2.9. Residuos y/o desechos.

En el desarrollo de sus operaciones, la Comercializadora El TIZNAU genera un residuo principal que impacta tanto en lo económico como en lo ambiental: el polvillo de carbón vegetal. Este desecho se origina durante el proceso de fraccionamiento manual del carbón, una etapa necesaria para adaptar el tamaño de los trozos a las diferentes presentaciones comerciales (2.5 kg, 3 kg, 5 kg, 8 kg y 25 kg). Como resultado de esta manipulación, una parte del carbón se fragmenta en partículas pequeñas, generando una pérdida del 5% aproximado por cada quintal procesado. La fragilidad del carbón recibido desde las regiones del Chaco boliviano (Villamontes y Yacuiba) influye directamente en la cantidad de residuo generado, incrementando el volumen de polvillo en algunos lotes.

Este polvillo es recolectado en bolsas de yute quintaleras, las cuales son trasladadas a una propiedad cercana a la comercializadora, destinada para su almacenamiento temporal. Dado que la empresa procesa aproximadamente entre 600 a 800 quintales de carbón vegetal al mes, la acumulación de este residuo es constante, y su manejo requiere de una logística paralela que permita liberar espacio en las áreas operativas. Cada 3 a 4 semanas, el polvillo recolectado es vendido a consumidores locales, principalmente agricultores que lo utilizan como abono orgánico, y a pequeños emprendedores que elaboran briquetas ecológicas. No obstante, el valor comercial de este subproducto es muy bajo, situándose en 5 Bs por quintal, lo que representa una pérdida significativa en términos económicos, considerando que originalmente formaba parte del producto destinado a la venta principal.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3. Marco Teórico.

3.1 Marco científico o conceptual

3.1.1 Diseño de Producto.

El diseño de producto como es un proceso integral que abarca desde la identificación de las necesidades del cliente hasta la generación de soluciones que las satisfacen, mediante el trabajo de equipos multidisciplinarios y el uso de métodos estructurados. Este proceso considera no solo aspectos estéticos, sino también criterios técnicos, económicos y de usabilidad, de modo que el producto resultante sea funcional, manufacturable y competitivo en el mercado según Ulrich y Eppinger (2012). En este proyecto, el diseño de producto se relaciona con la definición de las características de las briquetas ecológicas (forma, tamaño, propiedades físicas) que respondan a las necesidades del usuario y a las restricciones del proceso productivo.

3.1.2 Prototipo.

El prototipo es una representación física o funcional preliminar de un producto que permite validar su comportamiento técnico antes de la fabricación definitiva. Vargas y García (2018) señalan que constituye una aproximación tangible que se utiliza para verificar funcionalidad, desempeño mecánico y aceptación por parte del usuario. En el diseño industrial, los prototipos facilitan la detección temprana de fallas y la evaluación de materiales y formas antes de escalar a producción. En este trabajo, los prototipos de briquetas ecológicas permiten evaluar distintas formulaciones y condiciones de compactación hasta lograr un producto con características adecuadas.

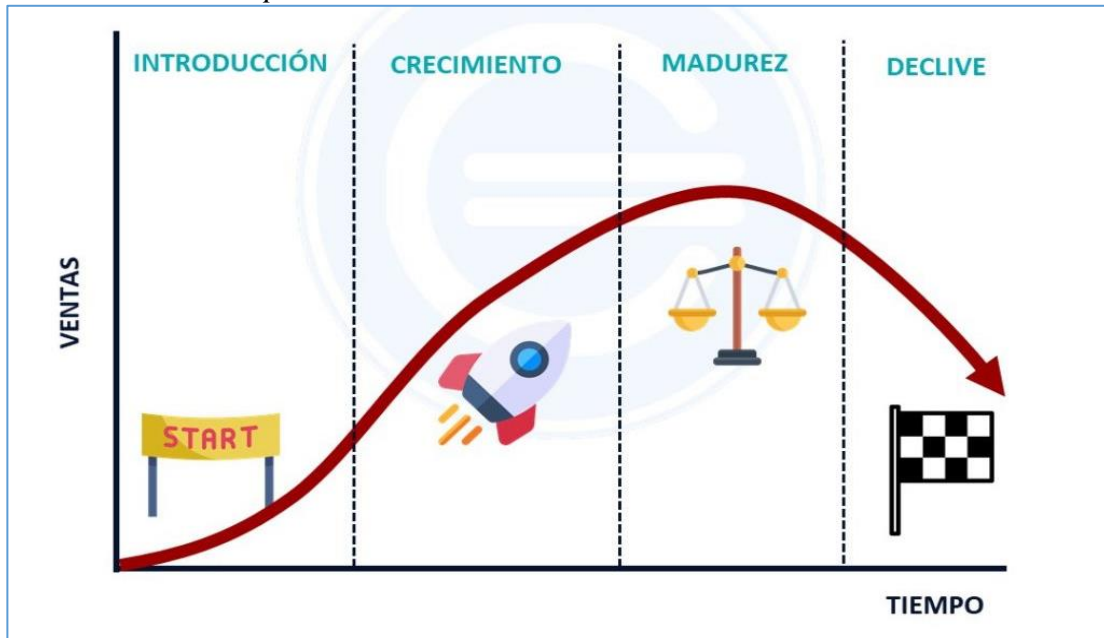
3.1.3 Ciclo de Vida del Producto (LCA).

El análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment, LCA) es una metodología que evalúa los impactos ambientales de un producto desde la obtención de materias primas hasta su disposición final, considerando etapas como producción, transporte, uso y fin de vida (Vega, 2016). Aunque en este proyecto no se desarrolla un LCA completo, el concepto es relevante porque orienta la reflexión sobre los efectos ambientales

asociados al uso de residuos de carbón vegetal como materia prima para la elaboración de briquetas ecológicas.

Figura 7

Ciclo de vida del producto



Nota. el comportamiento que tiene el producto. Fuente: Del libro de Philip Kotler

3.1.4 Economía Circular.

La economía circular es un modelo de producción y consumo que busca minimizar la generación de residuos mediante la reutilización, el reciclaje y la valorización de materiales, manteniéndolos en uso el mayor tiempo posible. Según Cueto (2020), este enfoque promueve sistemas regenerativos en los que productos, componentes y materiales circulan en ciclos productivos, en contraste con el modelo lineal de “extraer, producir, usar y desechar”. En el presente proyecto, la economía circular se refleja en la propuesta de utilizar residuos de carbón vegetal como insumo para la fabricación de briquetas, en lugar de desecharlos o venderlos a bajo valor.

3.1.5 Estudio de Mercado.

El estudio de mercado es una herramienta analítica que permite conocer las características, necesidades y comportamientos de los consumidores, así como evaluar la oferta, la demanda y la competencia en un sector determinado. Según Méndez (2018), “el estudio de mercado consiste en la recolección y análisis sistemático de información para tomar decisiones acertadas sobre la viabilidad comercial de un producto o servicio”.

3.1.5.1. El Mercado

El estudio de mercado es una herramienta analítica que permite conocer las características, necesidades y comportamientos de los consumidores, así como evaluar la oferta, la demanda y la competencia en un sector determinado. Méndez (2018) señala que el estudio de mercado implica la recolección y el análisis sistemático de información para tomar decisiones sobre la viabilidad comercial de un producto o servicio. En este tipo de proyectos, el estudio de mercado orienta la definición del producto y la estimación de la demanda potencial.

3.1.5.1.1. Segmentación del Mercado

La segmentación del mercado consiste en dividir el mercado total en grupos de consumidores con características, necesidades o comportamientos de compra similares, para poder atenderlos de manera diferenciada. Lamb, Hair y McDaniel (2015) señalan que el mercado meta está compuesto por el segmento específico de personas u organizaciones con necesidades comunes que la empresa decide atender mediante una mezcla de marketing adaptada. Definir con claridad el mercado meta permite diseñar productos más adecuados y concentrar los esfuerzos comerciales en los clientes con mayor probabilidad de compra, en el proyecto considerado las familias a partir de 30 años en adelante.

3.1.5.2. Demanda

La demanda es la cantidad de un bien o servicio que los consumidores están dispuestos a adquirir en un periodo determinado, a distintos niveles de precio, en función de sus

necesidades, preferencias y capacidad de pago. Parkin (2014) define la demanda como la relación entre el precio de un bien y la cantidad que los consumidores desean y pueden comprar, considerando factores como el ingreso, los precios de bienes relacionados y las expectativas. En un estudio de mercado, el análisis de la demanda permite estimar el volumen potencial de ventas del producto.

3.1.5.3. Oferta

La oferta es la cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a vender en un mercado, a diferentes precios, durante un periodo determinado. Parkin (2014) la describe como la relación entre el precio de un bien y la cantidad que los productores desean y pueden ofrecer, en función de sus costos, la tecnología disponible y el precio de los insumos. El análisis de la oferta permite identificar la presencia de competidores y el nivel de saturación u oportunidad en un determinado mercado.

3.1.5.4. Encuesta de Mercado

La encuesta de mercado es una técnica de recolección de información que permite conocer preferencias, necesidades, hábitos y percepciones de los consumidores frente a un producto o servicio. Méndez (2018) la define como un instrumento estructurado que recoge datos directamente del público objetivo, con el fin de analizar la viabilidad comercial y apoyar la toma de decisiones. Mediante cuestionarios se puede obtener información cuantitativa y cualitativa sobre variables como precio aceptable, frecuencia de consumo y disposición de compra.

3.1.6 Capacidad de producción.

3.1.6.1. Capacidad diseñada

Es el volumen máximo para el cual el sistema o planta fue concebido o diseñado, sin considerar interrupciones o limitaciones operativas; representa un nivel ideal o teórico de producción (Tapia y Rodríguez, 2017). En otras palabras, es la producción máxima que se espera alcanzar según las especificaciones originales del diseño.

3.1.6.2. Capacidad máxima

Es el nivel más alto de producción que puede lograrse empleando todas las facilidades posibles, incluyendo horas extras y uso intensivo de los recursos, pero que no es sostenible a largo plazo (Tapia y Rodríguez, 2017). Corresponde a un esfuerzo puntual del sistema, útil solo para periodos cortos de tiempo.

3.1.6.3. Capacidad real

Es la producción efectiva que se logra en la práctica, después de descontar pérdidas por mantenimiento, fallas, paradas no programadas y otros factores que reducen la capacidad teórica. (Tapia y Rodríguez, 2017). Refleja la cantidad que realmente se puede producir bajo condiciones normales de operación.

3.1.7. Ingeniería del proyecto

3.1.7.1. Flujograma

Un flujograma es una representación gráfica que describe la secuencia de actividades, decisiones y flujos de información o materiales dentro de un proceso. Su objetivo es facilitar el análisis, la comprensión y la mejora de procesos al mostrar de manera clara y ordenada las interacciones entre las distintas etapas del mismo. (Fajardo, 2015) En esta investigación, el flujograma se emplea para representar de forma ordenada el proceso de elaboración de briquetas ecológicas, desde la recepción de la carbonilla hasta el envasado del producto final.

3.1.7.2. Layout

La distribución en planta, también conocida como layout, es la disposición física de los recursos dentro de una instalación industrial. Su diseño busca optimizar el flujo de materiales, minimizar tiempos de desplazamiento, reducir costos operativos y mejorar la seguridad y ergonomía en el lugar de trabajo. (Sortino, 2001). En el proyecto, el layout se utiliza para definir la ubicación de los equipos y áreas de trabajo de la línea de producción de briquetas, buscando un flujo continuo y ordenado del proceso.

3.1.7.3. Balance Másico

El balance másico es una herramienta fundamental en la ingeniería industrial y de procesos, que permite cuantificar la entrada, salida, acumulación y conversión de materia en un sistema determinado. Según Pérez Montoya (2012), el balance de masa consiste en “aplicar el principio de conservación de la materia, que establece que la masa total en un sistema cerrado permanece constante, aunque la forma de la materia cambie debido a procesos físicos o químicos”. El balance másico se aplica para relacionar la cantidad de carbonilla y aglutinante que ingresan al proceso con la cantidad de briquetas y residuos generados.

3.1.7.4. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla es una metodología estadística utilizada para determinar las proporciones óptimas de los componentes que conforman un producto, con el fin de maximizar o equilibrar ciertas propiedades deseadas como resistencia, compactación, rendimiento o calidad del producto final. Según Hernández (2015), “el diseño de mezclas es una técnica de experimentación que permite encontrar la combinación ideal de proporciones entre los ingredientes de una formulación, cuando el interés está centrado en la relación entre los componentes y no en sus cantidades absolutas”. En este estudio, el diseño de mezcla orienta la definición de la proporción adecuada entre carbonilla de carbón vegetal y almidón de yuca para obtener briquetas.

3.1.7.5. Diagrama de hilos

El diagrama de hilos es una representación gráfica del recorrido que realizan materiales, personas o equipos dentro de una planta, trazando sobre el plano de distribución las trayectorias y distancias recorridas (Muther, 1973). Su objetivo es identificar recorridos innecesarios, cruces y retrocesos que generen tiempos muertos o aumenten los costos de manejo de materiales.

En este proyecto, el diagrama de hilos permite analizar el flujo de la carbonilla y de los operarios dentro del área destinada a la producción de briquetas, con el fin de proponer

una distribución en planta que reduzca desplazamientos y haga más eficiente el proceso.

3.1.7.6. Cuello de botella

El cuello de botella se define como la etapa, equipo o recurso del proceso cuya capacidad es menor que la del resto del sistema, limitando el flujo global de producción y generando acumulación de trabajo en proceso (Heizer y Render, 2014). Cuando existe un cuello de botella, la producción total de la línea queda condicionada por el rendimiento de ese punto crítico.

En la línea de briquetas propuesta, la identificación de posibles cuellos de botella, por ejemplo, en la compactación o en el secado es fundamental para dimensionar adecuadamente los equipos y asegurar que la capacidad real del sistema responda a la demanda estimada.

3.1.8. Aspectos económicos

3.1.8.1. Costos Fijos

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes, independientemente del nivel de producción o ventas, como el alquiler, los sueldos administrativos y los gastos de mantenimiento. (Horngren, 2014).

3.1.8.2. Costos variables.

Los costos variables cambian en proporción directa con el volumen de producción. Ejemplos incluyen materias primas, energía utilizada en producción y mano de obra directa. (Horngren, 2014). Se relacionan principalmente con las materias primas e insumos necesarios para la elaboración del producto.

3.1.8.3. Costo unitario

El costo unitario es el costo total asociado a la producción de una unidad individual de producto, calculado dividiendo el costo total entre el número de unidades producidas. (Chiavenato, 2017). En este proyecto, el costo unitario permitirá determinar cuánto

cuesta producir cada briqueta ecológica y servirá de base para la fijación de su precio de venta.

3.1.8.4. Costo de producción

El costo de producción es la suma de todos los costos necesarios para transformar las materias primas en productos terminados, incluyendo materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación que se generan durante el proceso productivo (My Own Business Institute, 2020). En este proyecto, el costo de producción permitirá determinar cuánto representa, en términos monetarios, transformar la carbonilla de carbón vegetal y el aglutinante en briquetas ecológicas listas para su comercialización.

3.1.8.5 Precio

El precio es la cantidad de dinero que el consumidor debe pagar para adquirir un bien o servicio, y representa, para la empresa, la expresión monetaria del valor ofrecido al mercado (Kotler y Keller, 2016). En el presente estudio, la definición del precio de venta de las briquetas ecológicas se basará en su costo de producción y en el margen de utilidad esperado, de manera que resulte competitivo frente al carbón vegetal tradicional y económicamente atractivo para la empresa.

3.1.8.6 Ingresos

Los ingresos son las entradas de recursos económicos que obtiene una empresa por la venta de sus bienes o servicios en un periodo determinado, constituyendo la base para cubrir costos, reinvertir y generar utilidades (Etecé, 2022). En el contexto de este proyecto, los ingresos se asociarán al monto total obtenido por la venta de briquetas ecológicas y permitirán evaluar el aporte de la nueva línea de producto al desempeño económico de la Comercializadora.

3.1.8.7 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el nivel de ventas en el cual los ingresos totales son exactamente iguales a los costos totales, por lo que en ese punto la empresa no obtiene ni ganancias ni pérdidas (Fisher y Espejo, 2011). El cálculo del punto de equilibrio permitirá determinar cuántas unidades deben venderse para cubrir los costos de producción e inversión, sirviendo como referencia mínima de viabilidad económica del proyecto.

3.1.9 Evaluación Económica del Proyecto

3.1.9.1 Flujo de caja

El flujo de caja es el registro ordenado de las entradas y salidas de dinero de un proyecto a lo largo del tiempo, reflejando los ingresos por ventas y los egresos por inversión, operación y mantenimiento (Ross, Westerfield & Jaffe, 2013). A partir de estos flujos se calculan los principales indicadores de rentabilidad. El flujo de caja permitirá estimar los ingresos provenientes de la venta de del producto y los costos asociados a su producción, con el fin de determinar si la línea propuesta genera beneficios suficientes durante el horizonte de evaluación.

3.1.9.2. VAN

El Valor Actual Neto es un indicador financiero que calcula el valor presente de una serie de flujos de caja futuros descontados a una tasa de interés determinada, permitiendo evaluar la rentabilidad de un proyecto. (Ross, Westerfield & Jaffe, 2013). El VAN se utiliza para comprobar si los ingresos esperados por la venta de un producto justifican la inversión requerida.

3.1.9.3 TIR

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de caja futuros al costo inicial de inversión, indicando la rentabilidad porcentual esperada del proyecto. (Ross, Westerfield & Jaffe, 2013). La TIR se calcula para

comparar la rentabilidad de la línea de producción con la tasa mínima de retorno aceptable para invertir en el proyecto.

3.1.9.4 RBC

Es un indicador que compara el valor actual de los beneficios con el valor actual de los costos de un proyecto, dividiendo los beneficios actualizados entre los costos actualizados (Sapag & Sapag, 2008). Una RBC mayor a 1 indica que los beneficios superan a los costos y por tanto que el proyecto es económicamente aceptable. La RBC permitirá evaluar si existe rentabilidad en el presente proyecto.

3.2. Marco Referencial.

3.2.1. Briquetas.

Las briquetas son unidades compactas de biomasa residual que se elaboran aplicando presión a materiales orgánicos como el aserrín, la cáscara de arroz o el bagazo de caña. Se utilizan principalmente como fuente de energía para generar calor en actividades domésticas o industriales (Rojas, 2020). En el contexto de este proyecto, las briquetas también pueden obtenerse a partir de residuos de algodón como la carbonilla de carbón vegetal, actuando como sustituto del carbón vegetal tradicional y permitiendo un mayor aprovechamiento energético de dicho residuo.

Figura 8

Briquetado



Nota: Proceso de briquetado. Fuente Biomax (2025)

3.2.2 Biocombustibles.

Los biocombustibles son fuentes de energía obtenidas a partir de materia orgánica renovable, como residuos agrícolas, forestales o industriales, que pueden sustituir parcial o totalmente a los combustibles fósiles debido a su menor impacto ambiental y al aprovechamiento de residuos (Salazar, 2018). Entre ellos se encuentran biocombustibles sólidos, como briquetas y pellets, y biocombustibles líquidos, como el biodiésel y el etanol. En el marco de este proyecto, las briquetas elaboradas a partir de residuos de carbón vegetal se consideran un biocombustible sólido, ya que permiten valorizar un residuo y reducir la dependencia de un solo combustible.

Figura 9

Comparación de tipos de combustibles

TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES			
Primera, Segunda y Tercera generación			
Tipos de Biocombustibles	Materia prima	Ventajas	Desventajas
Primera generación	Cultivos alimentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Costo eficiente • Simplicidad y solidez del proceso • No requiere pre-tratamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos alimentos vs combustible • Alta demanda de superficie de tierra y agua
Segunda generación	Residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Valorización de residuos • Economía circular • No hay conflicto alimentos vs combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-tratamientos costosos • Procesos más complejos que 1ra generación • Recolección de residuos
Tercera generación	Algas	<ul style="list-style-type: none"> • Captura directa de CO2 • No se utiliza suelo/agua • No hay conflicto alimentos vs combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de refinamiento de combustible para su comercialización

Nota: tipos de biocombustibles. Fuente: Carbón Neutral.

3.2.3 Carbón Vegetal.

El carbón vegetal es un combustible sólido obtenido mediante la carbonización de madera en un proceso de combustión controlada y con presencia limitada de oxígeno. Se caracteriza por su alto poder calorífico, bajo contenido de humedad y facilidad de

encendido, por lo que se utiliza ampliamente en cocción doméstica, parrilladas y algunos procesos industriales. En términos prácticos, es un combustible tradicional derivado de la madera, valorado por su eficiencia térmica (Gómez, 2017). Sin embargo, durante su manipulación y embolsado se generan residuos finos o carbonilla que, debido a su menor rendimiento y dificultad de uso, casi no se comercializan, lo que crea una oportunidad de valorización a través de su transformación.

Nota: tipos de biocombustibles. Fuente: Carbón Neutral.

3.2.3.1. Características del carbón vegetal

El carbón vegetal se caracteriza por su alto poder calorífico, bajo contenido de humedad y estructura porosa, lo que facilita el encendido y la transferencia de calor (Gómez, 2017). En este proyecto interesa que la carbonilla generada en el fraccionamiento conserva estas propiedades, por lo que su transformación en briquetas permite seguir aprovechando su potencial energético.

3.2.4. Pirólisis.

La pirólisis es un proceso de descomposición térmica de materiales orgánicos en ausencia o con muy baja presencia de oxígeno, mediante el cual se generan gases, líquidos y un residuo carbonoso sólido, como el carbón vegetal o el biochar (González, 2017). En el caso del carbón vegetal este se obtiene precisamente a partir de procesos de la madera (árboles).

3.2.5. Poder Calorífico.

El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa que libera un combustible cuando se quema completamente, y constituye un indicador clave de su eficiencia energética (Salazar, 2018).

3.2.6. Fundamentos de la combustión en biocombustibles sólidos

La combustión de biocombustibles sólidos, como el carbón vegetal o las briquetas, depende de la interacción entre el combustible, el oxígeno y la temperatura, elementos

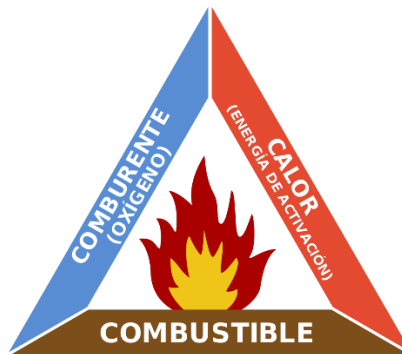
representados en el denominado triángulo del fuego (Martínez, 2015). Comprender estos fundamentos permite evaluar el desempeño de las briquetas elaboradas con carbonilla frente al carbón vegetal tradicional, especialmente en términos de encendido, estabilidad de la llama y aprovechamiento energético.

3.2.6.1. Triángulo del fuego

El triángulo del fuego establece que para que exista combustión deben coexistir combustible, oxígeno y calor; si uno de estos elementos se elimina, la combustión se interrumpe (Martínez, 2015). En las briquetas de carbonilla, el combustible es el material carbonoso compactado, el calor se aporta en el encendido y el oxígeno proviene del aire, por lo que su diseño debe facilitar el contacto entre estos tres elementos.

Figura 10

Triángulo del fuego



Nota: componentes del triángulo del fuego. Fuente Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST – España)

3.2.6.2. Oxígeno como agente comburente

El oxígeno actúa como agente comburente en la combustión, participando en las reacciones de oxidación que liberan energía térmica (Salazar, 2018). En biocombustibles sólidos, la porosidad y forma de la briqueeta condicionan el acceso del oxígeno al interior del lecho de combustión, de modo que una compactación adecuada debe permitir el paso de aire sin sofocar la llama.

3.2.6.3. Temperatura de combustión

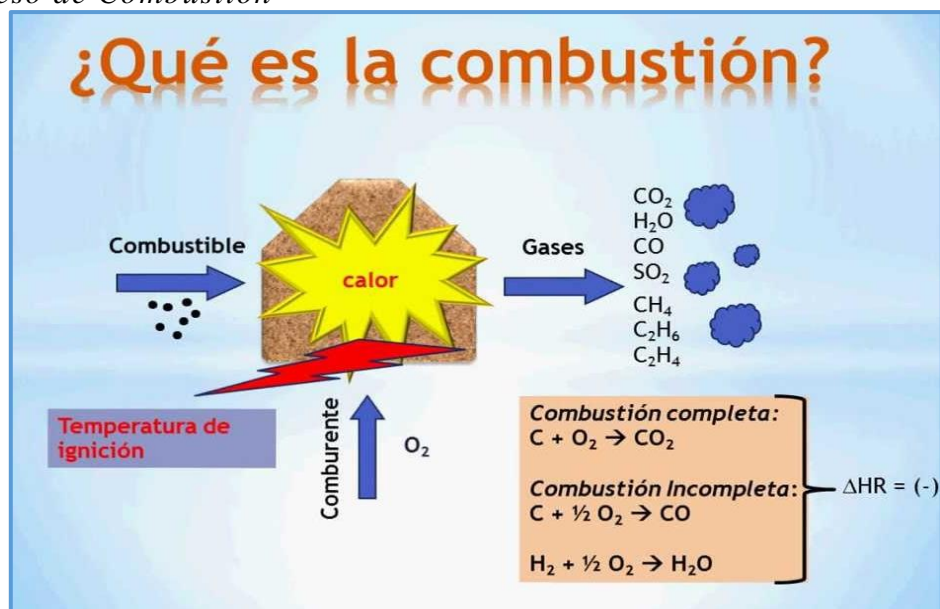
La temperatura de combustión es el nivel de calor alcanzado durante la reacción y está ligada a la velocidad de combustión y al poder calorífico efectivo del combustible (Torres, 2016). En comparaciones prácticas, las briquetas bien compactadas tienden a mantener una temperatura más estable que el carbón vegetal suelto, lo que resulta relevante para usos continuos como parrillas o cocción prolongada.

3.2.6.4. Combustión

La combustión es una reacción química de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que libera calor y, en muchos casos, luz (Salazar, 2018). En este proyecto, la combustión de las briquetas de carbonilla se analiza para verificar que su desempeño térmico sea adecuado y comparable al del carbón vegetal utilizado actualmente por los consumidores.

Figura 11

Proceso de Combustión



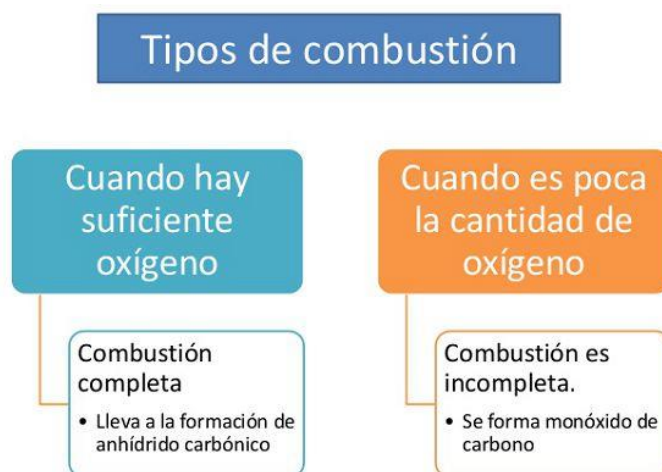
Nota: Como funciona la combustión. Fuente: Del libro de Peter Atkins “Química-Física

3.2.6.5 Tipos de combustión

Se distingue principalmente entre combustión completa, cuando el suministro de oxígeno es suficiente y se obtienen productos de oxidación finales, y combustión incompleta, cuando el oxígeno es limitado y se generan monóxido de carbono, humo y hollín (Martínez, 2015). Para las briquetas ecológicas, se procura favorecer condiciones cercanas a la combustión completa, a fin de aprovechar mejor la energía del combustible y reducir emisiones visibles.

Figura 12

Tipos de combustión



Nota: Tipos de combustión. Fuente: Libro de Raymond Chang – “Química General”.

3.2.6.6 Temperatura.

La temperatura es un factor clave en procesos como la combustión, el secado y la transformación de materiales orgánicos. El control adecuado de la temperatura influye directamente en la eficiencia de las reacciones térmicas y en la calidad del producto final (Torres, 2016). En comparaciones prácticas, la temperatura de combustión de una briqueta tiende a ser más estable, mientras que la del carbón vegetal suele presentar mayores fluctuaciones.

3.2.6.7 Poder Calorífico

El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa que libera un combustible cuando se quema completamente, y constituye un indicador clave de su eficiencia energética (Salazar, 2018). El poder calorífico de las briquetas de carbonilla se considera un parámetro fundamental para valorar su viabilidad como alternativa al carbón vegetal tradicional.

3.2.6.8. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas se refiere a la fracción de residuo incombustible que permanece después de la combustión del biocombustible sólido. Valores elevados implican mayor cantidad de residuo a gestionar y, en algunos casos, una disminución del rendimiento energético del combustible (Ramírez, 2019). En las briquetas producidas a partir de residuos de carbón vegetal se busca que el contenido de cenizas sea moderado, de modo que el usuario tenga una experiencia de uso similar o más favorable que con el carbón vegetal en trozos, tanto en limpieza como en manejo del residuo final.

3.3 Marco legal y normativo.

3.3.1 Ley Forestal N.º 1700 de 12 de julio de 1996.

Establece el régimen jurídico para el uso, aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos forestales y tierras con aptitud forestal en Bolivia. Su objetivo es proteger los ecosistemas y fomentar un desarrollo económico equilibrado mediante el uso racional de productos maderables y no maderables. Para el presente proyecto, esta ley es fundamental porque regula la transformación y comercialización del carbón vegetal, insumo clave en la elaboración de briquetas ecológicas, exigiendo que provenga de fuentes legales controladas por la ABT.

3.3.2 Ley N.º 1333 del Medio Ambiente (1992).

Constituye el marco normativo principal de protección ambiental en Bolivia, orientado a preservar la salud humana y los ecosistemas mediante la prevención, control y mitigación de la contaminación. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales

y la responsabilidad ambiental de las actividades productivas. En el contexto del proyecto, respalda el aprovechamiento de residuos como materia prima para biocombustibles sólidos, validando a las briquetas ecológicas como alternativa más limpia frente a combustibles tradicionales como la leña o el carbón convencional.

3.3.3 Ley N.º 755 de Gestión Integral de Residuos (2015).

Establece el marco legal para la gestión integral de residuos sólidos en Bolivia, priorizando su reducción, valorización y aprovechamiento energético dentro de un enfoque de desarrollo sostenible y respeto a la Madre Tierra. En este proyecto, resulta clave porque las briquetas ecológicas se elaboran a partir de residuos de carbonilla, transformándolos en un producto útil con valor energético, en coherencia con los principios de reciclaje y valorización que promueve esta ley.

3.3.4 Decreto Supremo N.º 26736 – Reglamento Ambiental del Sector Industrial Manufacturero (2002).

Emitido por el Órgano Ejecutivo en el año 2002, este Decreto Supremo reglamenta la gestión ambiental de las actividades industriales manufactureras, estableciendo obligaciones para prevenir la contaminación, optimizar el uso de los recursos naturales y cumplir con estándares técnicos y legales en materia ambiental. Su objetivo es fomentar una producción limpia que minimice impactos negativos sobre el entorno. En relación con el proyecto, esta normativa es aplicable ya que la unidad productiva de briquetas opera de forma registrada como microempresa, exigiendo prácticas ambientales responsables y eventualmente una licencia ambiental.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

4. Análisis de la situación actual.

4.1. Análisis de la situación actual de la empresa.

4.1.1. Análisis de la materia prima

La materia prima utilizada por la empresa El TIZNAU es carbón vegetal, proveniente de la región del Chaco boliviano, específicamente de los municipios de Villamontes y Yacuiba. Este carbón se produce a partir de maderas duras seleccionadas, tales como quebracho, palo de fierro, algarrobo y cebil, reconocidas por su alto poder calorífico y prolongada duración en la combustión.

El producto es adquirido en bolsas quintaleras de yute, con un peso aproximado de 25 kg por unidad, las cuales son transportadas desde el lugar de producción hasta las instalaciones de la empresa en la ciudad de Tarija. Una vez recepcionado, el carbón es sometido al proceso de fraccionado, envasado y comercialización, manteniendo estándares que aseguren su calidad y presentación final.

4.1.1.1 Análisis de la cantidad de desperdicio

La manipulación del carbón vegetal en la empresa El TIZNAU genera un volumen significativo de residuos, que no cumple con las características de tamaño y presentación exigidas para el producto comercial. Estos residuos constituyen una pérdida directa de materia prima aprovechable y, al mismo tiempo, un desafío para la gestión operativa, debido a que se acumulan en las áreas de trabajo y requieren ser manipulados y almacenados en sacos aparte.

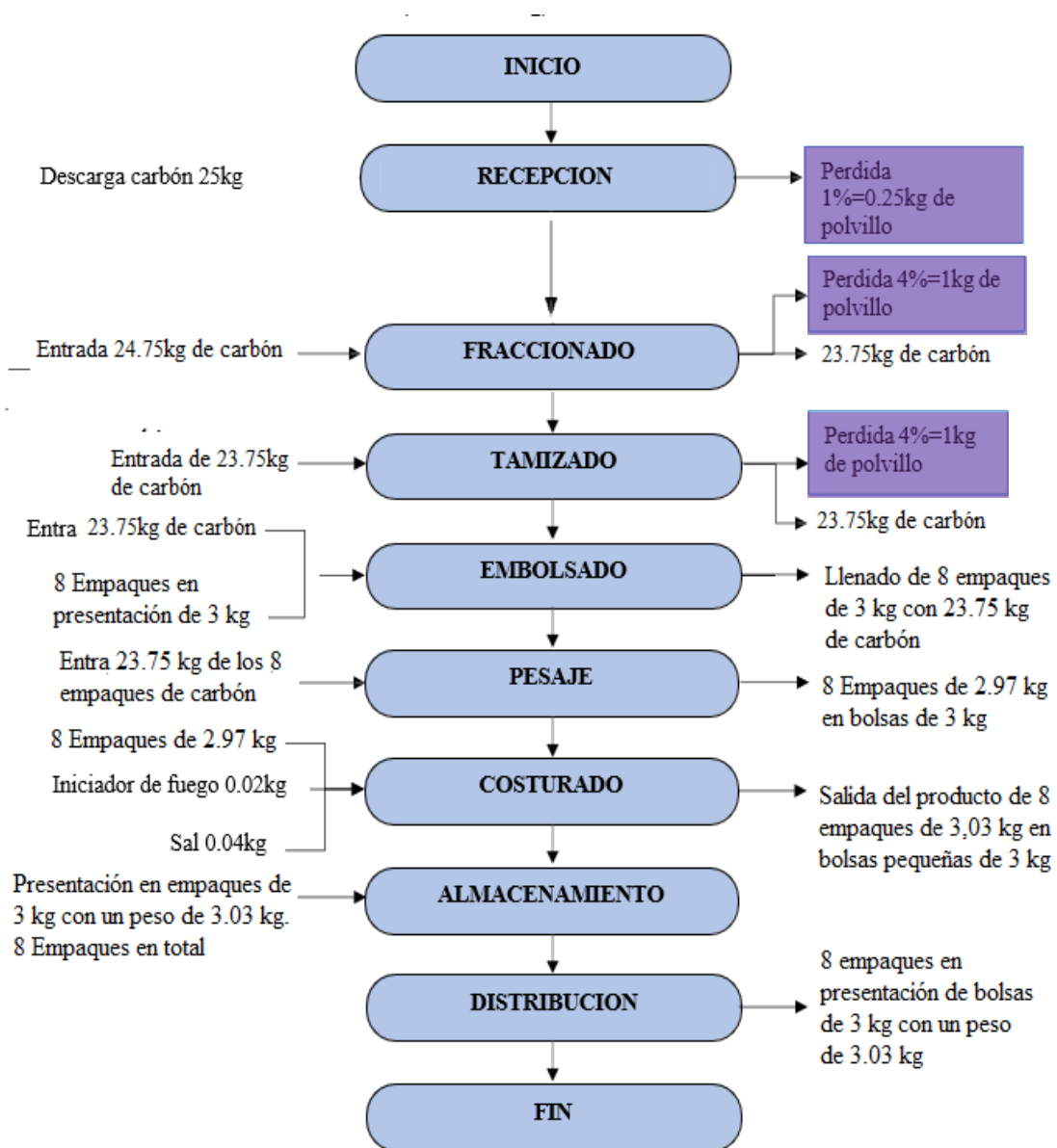
De acuerdo con el diagrama de flujo y el balance de masa elaborados para el embolsado de la presentación de 3 kg (ver Figura 13), las mermas se originan principalmente en dos operaciones del proceso actual:

- La **recepción de la materia prima** (carga, transporte, descarga y almacenamiento), donde se producen roturas por vibración y manipulación.

- El **proceso de fraccionado y tamizado** del carbón vegetal, en el que la reducción de tamaño y la separación de finos generan adicionalmente carbonilla.

Figura 13

Diagrama de flujo trazado balance de masa para el proceso de fraccionado (Bolsa de 3kg)



Nota: Pérdidas en el proceso productivo. Fuente y elaboración: propia

a) Generación de residuos durante la recepción de materia prima.

El carbón vegetal es transportado desde Villamontes y Yacuiba (región del Chaco boliviano) en camiones con capacidad para 600 bolsas quintaleras de yute por mes, cada una de 25 kg, lo que equivale a 15.000 kg mensuales (15 toneladas). Durante las operaciones de carga, traslado y descarga, el producto sufre desgaste por vibración y manipulación, provocando la ruptura de piezas y la formación de partículas finas. Esta etapa produce una pérdida promedio del 1% por quintal, equivalente a 0,25 kg de residuos de carbón por cada 25 kg recibidos.

Se estima una pérdida del 1% del peso por quintal, lo que equivale a:

$$25\text{kg} \times 1\% = 0,25\text{kg de residuos de carbon por una bolsa de 25kg.}$$

b) Generación de residuos durante el fraccionado y tamizado.

Tras el almacenamiento inicial, el carbón es conducido a las mesas de trabajo para el fraccionado (reducción de tamaño) y de forma simultánea, para el tamizado (separación por perforaciones). En conjunto estas dos operaciones generan una pérdida adicional del 4% por quintal, correspondiente a 1,00 kg de residuos por cada 25 kg procesados. Esta separación evita que el residuo fino ingrese a las bolsas comerciales y asegura la presentación del producto final. Esta etapa representa una pérdida adicional del 4%, equivalente a: $25\text{kg} \times 4\% = 1,00 \text{ kg de residuos de carbon una bolsa de 25 kg.}$

Tabla 5

Perdidas por cada bolsa quintalera de 25 kg de carbón vegetal

Etapas del proceso	Porcentaje de pérdida (%)	Equivalente en kg por quintal (kg)
Recepción Carga y descarga	1	0,25
Fraccionado y tamizado	4	1,00
Total, de las pérdidas	5	1,25

Nota: Pérdidas que se generan en el embolsado. Fuente y elaboración: Propia

4.1.1.2 Estimación mensual y anual del residuo.

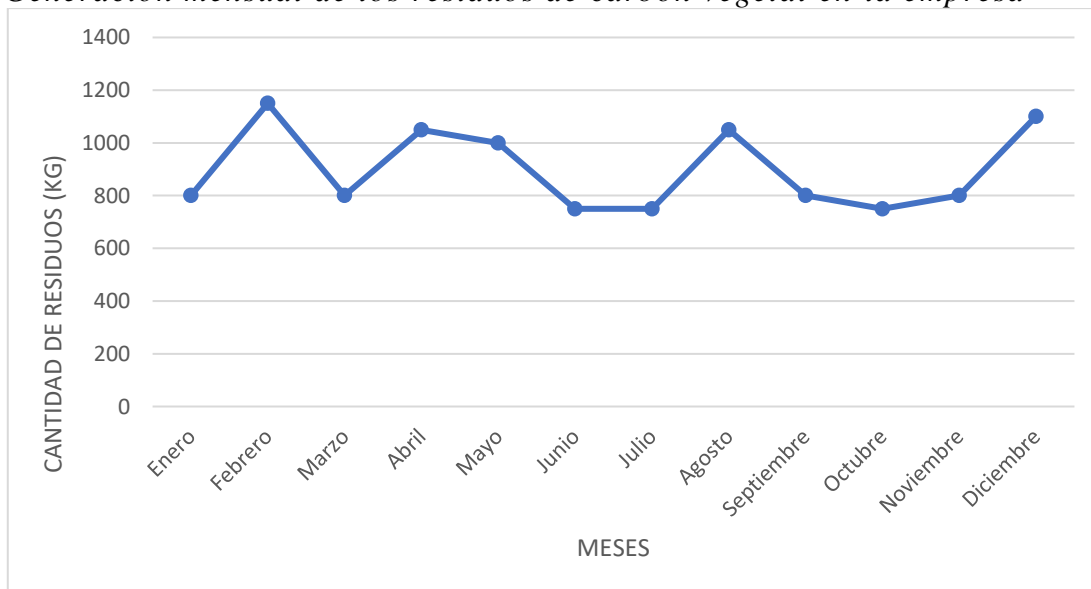
Con un volumen de 720 quintales/mes en promedio al año (25 kg cada bolsa quintalera), procesados en la comercializadora el flujo mensual asciende a 18.000 kg. Aplicando la pérdida total del 5%, se obtiene:

- Residuos mensuales: $18.000 \text{ kg} \times 5\% = 900 \text{ kg}$ (36 quintales \approx 0.9 toneladas).
- Residuos anuales (promedio): $0.9 \text{ t/mes} \times 12 = 10.8 \text{ toneladas al año}$.

Este valor puede incrementarse en los meses de mayor demanda, tales como febrero (carnaval), abril y mayo (temporada de pescado y festividades departamentales en Tarija), agosto (fechas conmemorativas nacionales) y noviembre–diciembre (periodo previo a Navidad y Año Nuevo). En estos casos, aunque el porcentaje de pérdida por quintal (5%) permanece constante, la mayor cantidad de materia prima procesada provoca que la merma absoluta de polvillo aumente proporcionalmente al volumen manipulado. En el siguiente gráfico se representa la disponibilidad mensual de este residuo durante el año, expresada en kilogramos de desperdicio.

Figura 14

Generación mensual de los residuos de carbón vegetal en la empresa



Nota. Pérdidas de residuos de carbón en el año. Fuente y elaboración: Propia

4.1.1.3 Pérdidas económicas por ineficiencia del proceso.

El carbón vegetal en trozos que comercializa la empresa El TIZNAU tiene un precio promedio de 90 Bs por una bolsa quintalera de 25 kg, mientras que los residuos (carbonilla) resultantes de las operaciones, equivalente a 1,25kg por una bolsa quintalera de 25 kg se vende eventualmente a un precio de 10 Bs. Es decir, para la misma cantidad de masa, el residuo se comercializa a un valor muy inferior al del producto principal.

La diferencia de valor entre ambos productos es de:

$$90 - 10 = 80 \text{ Bs perdida del valor cada bolsa de 25 kg}$$

Si se compara esta diferencia con el valor del carbón en trozos, se obtiene la pérdida relativa de valor como residuo:

$$\frac{80}{90} \times 100 = 88,89\% \text{ perdida del valor por cada bolsa de 25 kg en \%}$$

Esto significa que por cada quintal que pasa de ser carbón útil a residuos, la empresa deja de capturar aproximadamente el 88,89 % del valor comercial que podría obtener si ese material se vendiera como carbón en trozos, y solo logra recuperar alrededor del 11,11 % de dicho valor al comercializarlo como residuo.

Considerando que se procesan 720 quintales (25kg cada quintal) en promedio, con una pérdida de 1,25 kg por quintal de 25 kg (5%), la generación mensual de polvillo asciende a:

$$720 \text{ quintales} \times 1,25 \text{ kg} = 900 \text{ kg} = 36 \text{ quintales de residuos de carbón mes}$$

Si esos 36 quintales de residuo pudieran venderse al mismo precio que el carbón en trozos teniendo el mismo peso, el valor potencial sería:

$$36 \text{ quintales} \times 90 \text{ Bs} = 3.240 \text{ Bs}$$

Al comercializarse como residuos a 10 Bs por quintal, el ingreso real obtenido es:

$$36\text{quintales} \times 10\text{Bs} = 360\text{Bs}$$

Pérdida económica mensual estimada como residuo

$$3.240\text{Bs} - 360\text{Bs} = 2.880\text{Bs/mes}$$

Pérdida económica anual estimada como residuo

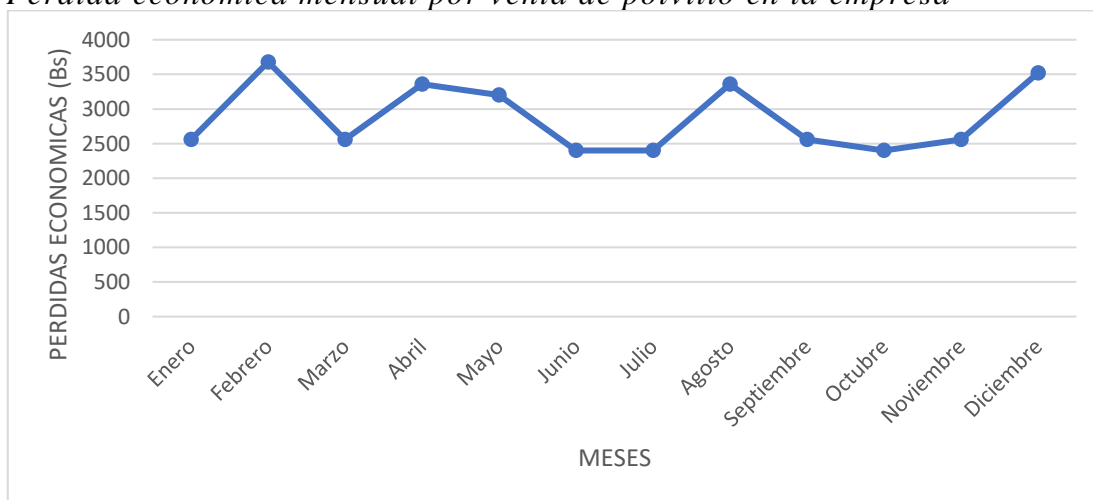
$$\frac{2.880\text{Bs}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{mes}}{\text{año}} = 34.560\text{Bs/año}$$

El análisis permite evidenciar que la forma actual de gestión de los residuos representa una pérdida económica significativa para la empresa, con un promedio mensual de 2.880 Bs/mes y una afectación anual cercana a 34.560Bs/año. Este monto refleja el desaprovechamiento del residuo generado en el proceso de manipulación y fraccionado del carbón vegetal, que, si fuese valorizado al mismo precio del producto útil, aportaría un ingreso adicional importante.

A continuación, en la Figura 15 se representa las pérdidas económicas mensuales

Figura 15

Pérdida económica mensual por venta de polvillo en la empresa



Nota: Pérdidas económicas durante el año. Fuente y elaboración: Propia

4.1.2. Análisis de la mano de obra

La empresa El TIZNAU cuenta con personal operativo capacitado en las tareas de embolsado y costurado, garantizando el cumplimiento de los volúmenes de producción y el mantenimiento de los estándares de calidad. El esquema de trabajo habitual se organiza en tres días a la semana (lunes, martes y miércoles), lo cual permite cubrir la demanda promedio del mercado. Sin embargo, durante los meses de mayor demanda como Carnaval, la temporada de pescado, las festividades departamentales y de fin de año se amplía temporalmente la jornada laboral, incorporando días adicionales o personal eventual para asegurar la continuidad operativa.

El sistema de pago al personal se encuentra basado en la cantidad de bolsas producidas, variando según la presentación del producto. Este esquema de remuneración por destajo favorece la eficiencia en el uso del tiempo y motiva el compromiso de los trabajadores con los objetivos productivos. Los valores por bolsa elaborada se detallan a continuación:

- Bolsa de 2,5 kg → Bs. 0,60 por unidad.
- Bolsa de 3,0 kg → Bs. 0,70 por unidad.
- Bolsa de 5,0 kg → Bs. 0,90 por unidad.
- Bolsa de 8,0 kg → Bs. 1,10 por unidad.

Este sistema flexible de compensación permite a la empresa ajustar su capacidad de respuesta de acuerdo con la estacionalidad del mercado, garantizando una operación eficiente tanto en periodos regulares como en picos de alta demanda.

De manera complementaria, se identifica que los días no utilizados en la operación de la Línea 1 (jueves y viernes) están disponibles.

4.1.3. Análisis de la maquinaria.

En la comercializadora El TIZNAU se cuenta actualmente con dos equipos en la etapa final del proceso productivo: la máquina costuradora de bolsas (Siruba AA-6) y la

balanza digital. Ambos equipos cumplen funciones complementarias en la Línea 1 (carbón vegetal) y presentan un margen de capacidad ociosa suficiente.

a) Máquina costuradora de bolsas (Siruba AA-6)

La máquina costuradora constituye un equipo fundamental en el cierre de las bolsas. Según su capacidad instalada, este equipo puede operar en jornadas de 8 horas diarias, 6 días a la semana, lo que representa aproximadamente 24 días de trabajo al mes.

En la práctica, el uso efectivo se limita a 8 horas diarias durante 3 días a la semana (lunes, martes y miércoles), lo que equivale a 12 días de operación al mes.

En periodos de alta demanda (Carnaval, festividades departamentales, fin de año), la jornada se amplía a 4 días por semana (≈ 16 días/mes).

A partir de esta información, se obtiene:

- Escenario regular (12 días/mes):

$$Utilizacion = \frac{12}{24} \times 100 = 50\% ; Capacidad ociosa = 50\%$$

- Escenario de alta demanda (16 días/mes):

$$Utilizacion = \frac{16}{24} \times 100 = 66.7\% ; Capacidad ociosa = 33.3\%$$

Esto demuestra que la máquina costuradora mantiene un margen de ociosidad importante, lo que permite tener disponibilidad para otras actividades.

b) Balanza digital

Su nivel de utilización es equivalente al de la costuradora, es decir, 50 % en condiciones regulares y hasta 66,7 % en periodos de alta demanda.

Esto significa que la balanza también mantiene una capacidad ociosa de entre 33 % y 50 %, lo cual garantiza la disponibilidad de este equipo.

CAPÍTULO V
ESTUDIO DE MERCADO

5. Estudio de mercado.

5.1. Intención de consumo.

5.1.1 Necesidad existente por cubrir.

En Bolivia, al igual que en muchos países de la región, la demanda de briquetas ecológicas ha crecido de manera sostenida en los últimos años, impulsada por su mayor rendimiento calorífico y las ventajas prácticas que ofrecen frente al carbón vegetal tradicional. El consumidor actual, ya sea en el ámbito doméstico o comercial. No solo busca un combustible sólido para cocinar, sino un producto que le brinde mayor duración, eficiencia, limpieza y facilidad de manipulación.

A continuación, se presentan algunos puntos clave sobre la necesidad de briquetas ecológicas en Bolivia:

- **Mayor duración y rendimiento calorífico:** Gracias a su compactación y densidad uniforme, las briquetas ofrecen un tiempo de combustión más prolongado y estable, lo que asegura mejor aprovechamiento en hogares y en actividades gastronómicas intensivas como restaurantes, parrilleras, pescaderías y servicios de comida rápida.
- **Facilidad de manipulación, transporte y almacenamiento:** A diferencia del carbón vegetal que suele ser irregular y polvoriento, las briquetas cuentan con un formato homogéneo y apilable, lo que reduce pérdidas, mejora la limpieza en el punto de venta y simplifica su uso en cocinas domésticas y profesionales.
- **Reducción de humo y residuos:** Un atributo altamente valorado es que las briquetas producen menos humo, chispas y cenizas, mejorando la calidad del ambiente de trabajo en locales gastronómicos y brindando al consumidor una experiencia de cocción más limpia y cómoda.
- **Oferta limitada en el mercado local:** Si bien algunas empresas en Bolivia han comenzado a introducir briquetas, en ciudades como Tarija su disponibilidad

aún es reducida, lo que abre un nicho de oportunidad para productores locales que aseguren calidad y suministro constante.

- **Alineación con tendencias de sostenibilidad:** Cada vez más consumidores y negocios valoran productos que aprovechan residuos y reducen impactos ambientales, posicionando a las briquetas ecológicas como una alternativa en sintonía con prácticas de consumo responsable.

La necesidad de briquetas ecológicas en Bolivia y en Tarija está respaldada por la búsqueda de un combustible más eficiente, limpio y sostenible, aplicable no solo en el consumo doméstico (familias), sino también en sectores gastronómicos como parrilleras, restaurantes, pescaderías y mercados de comida, donde la continuidad y eficiencia de la combustión resultan esenciales.

5.1.2 Espacio del mercado.

El estudio se delimita al municipio de Cercado, Tarija, por ser el área con mayor concentración de potenciales consumidores de briquetas ecológicas.

Tabla 6

Población finita de los municipios objetos de estudio en 2024

Departamento y municipio	Personas
TARIJA TOTAL	534.210
Cercado	238.749
Arce	54.787
Gran Chaco	159.264
Avilez	20.677
Méndez	39.869
O'Connor	20.864

Nota: Datos de la población del municipio de Tarija. Fuente: INE (2025)

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INE), la población de Cercado fue de 205.375 habitantes en 2012 y alcanzó 238.749 habitantes en 2024 (último censo).

Con estos datos se estima la tasa de crecimiento poblacional anual mediante la siguiente fórmula:

$$i = \sqrt[n]{\frac{Qn}{Qo}} - 1$$

$$i = \sqrt[12]{\frac{238.749}{205.375}} - 1$$

$$i = 0.0126 = 1,2626\%$$

Con esta tasa se proyecta la población de Cercado de manera anual entre 2012 y 2024 (serie de referencia). Nota: Habitantes en el municipio de TARIJA. Fuente: INE (2025)

Tabla 7

Población del Municipio de Cercado, Tarija (2012–2024)

AÑO	HABITANTES
2012	205.375
2013	207.968
2014	210.594
2015	213.253
2016	215.946
2017	218.673
2018	221.434
2019	224.230
2020	227.062
2021	229.929
2022	232.832
2023	235.772
2024	238.749

Nota: Habitantes en el municipio de TARIJA. Fuente: INE (2025)

Dado que no se dispone de un dato oficial consolidado para 2025, se proyecta la población mediante el índice de crecimiento promedio anual calculado con los antecedentes 2012–2024 (tramo más completo disponible).

$$i = 0.0126 = 1,2626\%$$

Con este índice se proyecta los habitantes para el año 2025 en el municipio de Cercado

$$Q_{2025} = Q_{2024} \times (1 + i)^1 = 238.749 \times (1 + 0,0126)^1 = 241.764 \text{ Habitantes}$$

Considerando un tamaño promedio de familia de 3,7 personas en Tarija, se estima que en 2025 existen aproximadamente:

$$\text{Numero de familias}_{2025} = \frac{\text{Poblacion (Cercado)}}{\text{Tamaño promedio de familias}}$$

$$\text{Numero de familias}_{2025} = \frac{241.764}{3,7} = 65.342 \text{ familias}$$

En consecuencia, el espacio del mercado de briquetas ecológicas en el municipio de cercado-Tarija está constituido por cerca de 65.342 familias en el año 2025, las cuales representan la base de consumidores potenciales para este producto.

5.1.3 Segmentación del mercado

La segmentación de mercado de las briquetas ecológicas puede considerarse amplia y diversa, ya que involucra tanto a consumidores domésticos (hogares que utilizan carbón para la preparación de alimentos) como a sectores comerciales vinculados a la gastronomía y a los puntos de venta de alimentos frescos (carnicerías, pescaderías y puestos de pollo crudo), que representan espacios de fuerte dinamismo gastronómico. El comportamiento de este mercado está determinado por factores geográficos, demográficos, socioeconómicos, psicográficos y sectoriales, los cuales permiten identificar los grupos con mayor potencial de consumo.

a) Segmentación geográfica

El área de estudio corresponde al municipio de Cercado – Tarija, núcleo urbano que concentra a la mayor parte de la población del departamento. La distribución del consumo se da principalmente en:

- Zonas urbanas consolidadas, donde el acceso a mercados, supermercados y tiendas de barrio facilita la compra de combustibles sólidos.

- Nivel socioeconómico: Estratos medio y medio-bajo, que constituyen la mayor proporción de consumidores habituales de carbón vegetal.
- Ciclo de vida familiar: Parejas con hijos y familias extendidas que organizan reuniones gastronómicas con relativa frecuencia.

c) Segmentación psicográfica

- Hábitos de consumo: Alta valoración de la gastronomía local, donde destacan las parrilladas como práctica cultural, el consumo frecuente de carnes rojas y pollo, así como la preparación de pescados en mercados y restaurantes especializados.
- Motivaciones de compra: Dentro de los principales factores que motivan la decisión de compra, los consumidores muestran una marcada preferencia por combustibles que ofrezcan mayor duración y potencia calorífica, garantizando un uso más eficiente en la preparación de alimentos. Asimismo, valoran la incorporación de alternativas más limpias y prácticas, capaces de reducir significativamente la generación de humo, polvo y chispas durante la combustión. Finalmente, se observa un creciente interés por opciones que aprovechen residuos y se enmarquen en prácticas sostenibles, en consonancia con una mayor conciencia ambiental que se desarrolla en la sociedad tarijeña.
- Percepciones sobre el carbón vegetal: aunque es un producto tradicional y culturalmente arraigado, es percibido como sucio, irregular y contaminante, lo que abre espacio a alternativas más modernas.

d) Segmentación sectorial

Además del consumo doméstico, existen segmentos comerciales que representan una demanda significativa y estable:

- Carnicerías y puestos de venta de pollo crudo, donde las briquetas pueden acompañar la venta directa de insumos para parrilladas y frituras.

- Pescaderías y restaurantes especializados en pescado, que demandan combustibles con combustión uniforme y bajo humo.
- Restaurantes y parrilleras, que requieren volúmenes mayores y combustibles de mayor duración.
- Puestos de comida callejera, que buscan combustibles compactos, de encendido rápido y de fácil manipulación.

5.1.4 Tipo de muestra

Para el estudio de mercado se trabajó con fuente primaria y un diseño muestral no probabilístico por conveniencia, tanto para consumidores finales como para puntos de venta de carbón vegetal.

En el caso de los hogares, se encuestó a jefes/as de familia de 30 años en adelante que declararon utilizar carbón vegetal en la preparación de alimentos. Este criterio se adoptó porque son quienes habitualmente toman la decisión de compra y conocen con mayor precisión la frecuencia y cantidad de consumo en el hogar

En el caso de los puntos de venta, se seleccionaron comercios de distintos barrios del municipio de Cercado (tiendas de barrio, carnicerías, pescaderías, puestos de pollo crudo, mercados y pequeños restaurantes) que venden carbón vegetal de forma regular. La selección también se realizó por conveniencia, priorizando aquellos establecimientos con mayor rotación del producto.

Complementariamente, dentro de la misma lógica de muestreo no probabilístico, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas en profundidad a tres vendedores representativos, con el objetivo de obtener información cualitativa sobre la evolución de la demanda, la estacionalidad y la posible aceptación de briquetas ecológicas.

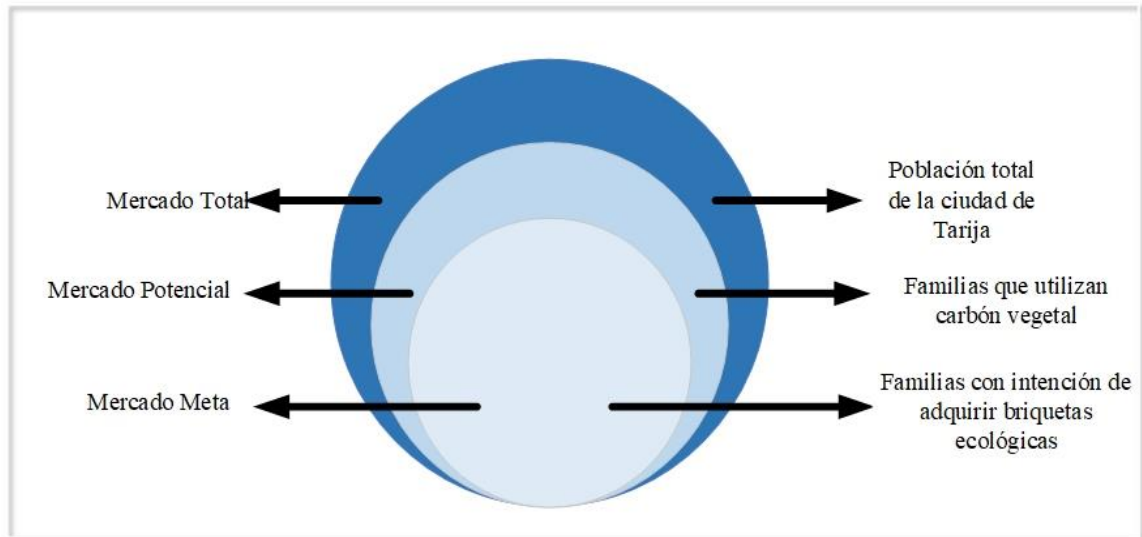
5.1.5 Mercado meta

El mercado meta del presente estudio está constituido principalmente por las familias del municipio de Cercado – Tarija, ya que representan el segmento de consumidores con mayor demanda de combustibles sólidos para la preparación de alimentos.

Los consumidores objetivo son hogares con jefes de familia a partir de los 30 años de edad, responsables de la compra de insumos para el hogar y organizadores de actividades gastronómicas familiares, tales como parrilladas, preparación de carnes, pollo y pescado. Estas familias, generalmente conformadas por 3 a 5 integrantes

Figura 17

Mercado



Nota: Segmentación del mercado. Fuente y elaboración: Propia

5.2 Encuestas.

Sobre la aceptación de las briquetas ecológicas en el municipio de Cercado–Tarija, se aplicaron encuestas dirigidas a dos segmentos clave: consumidores finales (familias) y puntos de venta/comercios. La información obtenida constituye la base para identificar hábitos de consumo, preferencias de los potenciales clientes y condiciones de comercialización requeridas por los canales de distribución.

5.2.1. Tamaño de muestra.

En función del tipo de muestra definido, se trabajó con dos grupos de observación: familias consumidoras y puntos de venta de carbón vegetal.

- **Consumidores finales (familias):** Se aplicaron 82 encuestas a familias de diferentes barrios de la ciudad de Tarija, dirigidas a jefes/as de hogar de 30 años o más que utilizan carbón vegetal. (ver anexo1)

Al tratarse de un muestreo no probabilístico por conveniencia, no se calculó un tamaño de muestra probabilístico. En su lugar, se definió una muestra acotada y focalizada en este segmento, considerada suficiente para obtener una aproximación exploratoria a los hábitos de consumo de carbón vegetal y a la disposición declarada a utilizar briquetas ecológicas.

- **Puntos de venta y comercios:** Para los comercios se aplicaron 20 encuestas a establecimientos que comercializan carbón vegetal (tiendas de barrio, carnicerías, pescaderías, puestos de pollo crudo, mercados y pequeños restaurantes).

La cantidad de 20 encuestas se definió considerando la gran cantidad y dispersión de puntos de venta en el municipio, lo que hace poco viable cubrirlos en su totalidad. Manteniendo el enfoque no probabilístico por conveniencia, se seleccionaron aquellos comercios que permiten obtener una visión general del comportamiento de la demanda desde el lado de la oferta. (ver anexo 2)

5.2.2. Objetivo de las encuestas.

- **Encuesta a consumidores finales:** Identificar hábitos de consumo de carbón vegetal, atributos más valorados en combustibles (duración, limpieza, facilidad de encendido), nivel de interés por las briquetas ecológicas y disposición de compra en diferentes presentaciones.
- **Encuesta a puntos de venta:** Conocer el interés de los comerciantes en ofrecer briquetas, los requisitos de empaque y presentación, la rotación esperada del producto, y las condiciones de venta (márgenes, formas de pago y volúmenes mínimos). También saber el comportamiento que tuvo en los últimos años para poder darle realismo a la demanda.

5.2.3. Tipo de preguntas de la encuesta.

Las encuestas se estructuraron con preguntas cerradas politómicas y de opción múltiple, complementadas con algunas preguntas de escala tipo Likert, orientadas a medir percepciones y grados de aceptación. En el caso de los consumidores, las preguntas se enfocaron en frecuencia de consumo, atributos preferidos, disposición a probar y hábitos de compra; mientras que para los puntos de venta se orientaron a condiciones de comercialización, aceptación del producto y perspectivas de demanda.

5.3 Resultado del estudio de Mercado.

5.3.1 Resultados de la encuesta a consumidores finales.

Se obtuvo un total de 82 (ver anexo 3) respuestas de familias del Municipio de Cercado (jefes/as de hogar de 30 años o más que utilizan carbón vegetal). A partir de estas respuestas se identificó que:

- La aceptación hacia las briquetas ecológicas es favorable, con disposición manifiesta a probar y adoptar el producto.
- Predomina un patrón de reposición regular, con preferencias concentradas en frecuencias de recompra cíclica (mensual y bimestral), coherente con los hábitos locales de cocción a la parrilla y a las brasas.
- La presentación preferida para el lanzamiento corresponde a bolsas de tamaño práctico(5kg), destacándose el formato estándar utilizado por los consumidores del segmento.
- En canales de adquisición, las familias manifiestan preferencia por los puntos de venta tradicionales en particular carnicerías y tiendas de barrio, considerando su cercanía y disponibilidad habitual; los supermercados aparecen como alternativa complementaria.
- Entre los atributos valorados del producto resaltan el rendimiento en uso, la cantidad por bolsa y la disponibilidad en el punto de venta, junto con la expectativa de un precio accesible acorde al mercado local.

- En términos de información y decisión de compra, las familias priorizan la claridad del empaque (contenido y uso) y la facilidad de encendido, aspectos que inciden en la primera prueba y en la recompra.

5.3.2 Resultado encuestas a comerciantes.

Se obtuvo una muestra de 20 (ver anexo 4) encuestas a carnicerías, pescaderías, puestos de pollo, mercados, tiendas de barrio y pequeños restaurantes del Municipio de Cercado. A partir de estas respuestas se identificó que:

- Interés comercial: el 70 % manifestó disposición a vender briquetas ecológicas; el 30 % no está interesado.
- La bolsa de 5 kg es claramente prioritaria; la de 3 kg aparece como complemento
- Proyectan ventas semanales de briquetas (55 % indica frecuencia semanal), en línea con su patrón actual de carbón (reposición semanal en 65 % de los locales).
- Precios mayoristas razonables: para la bolsa pequeña de 3 kg predomina 17–18 Bs y para la bolsa mediana de 5 kg, 22–23 Bs.
- Los aspectos más considerados son el margen de ganancia en el cual se espera un 11-16%, seguido de la presentación del producto.
- El grupo que tiene conocimiento de estas briquetas ecológicas, no está dispuesto a comercializar debido a que sus clientes prefieren el carbón tradicional y que existe una falta de promoción sobre el producto.

5.3.3. Resultado de Entrevista a expertos

5.3.3.1 Entrevista a comercializadora experta

Se realizó una entrevista a un especialista de la comercializadora “Carbón Ecológico Tarija”, dedicada a la producción de briquetas a partir de residuos de carbón vegetal. Los principales aportes fueron:

- Origen y oportunidad: El emprendimiento nace por el alto consumo de carbón tradicional y el desaprovechamiento del polvillo, identificando una oportunidad económica y ecológica basada en experiencias de otros países.
- Materia prima y proceso: Utilizan residuos de carbón del Chaco boliviano, aglutinantes naturales y una extrusora para compactar la mezcla, complementada con secado natural a temperatura ambiente.
- Capacidad y limitaciones: Trabajan con una sola extrusora, lo que se convierte en cuello de botella para aumentar el volumen de producción y atender una demanda mayor.
- Ventajas competitivas: Las briquetas presentan mayor duración, calor más estable, menos humo y chispas, además de valorizar el polvillo que antes se desperdiciaba, con un precio competitivo frente al carbón tradicional.
- Barreras del mercado: El experto resalta el bajo conocimiento del producto, la escasa promoción y los mayores requerimientos de mano de obra, agua y energía como obstáculos para escalar.
- Segmento atendido y rentabilidad: Actualmente abastecen principalmente al sector gastronómico de Tarija; el negocio es rentable, aunque con márgenes condicionados por los costos operativos.

5.3.3.2 Entrevista a docente experto

Se realizó una entrevista al Ing. Joel Paco, quien previamente trabajó un proyecto de grado sobre briquetas ecológicas con un estudiante de Agronomía. Los aportes más relevantes fueron:

- Experiencia previa en ensayos comparativos: Realizó pruebas de combustión comparando carbón vegetal tradicional y briquetas ecológicas, utilizando muestras de 1 kg para cada combustible.
- Desempeño comparativo briqueta vs carbón: Observó que el carbón vegetal enciende con mayor rapidez, pero tiene una duración aproximada de 2 horas, mientras que la briqueta tarda más en encender, pero mantiene la combustión durante 4 horas o más.

- Comportamiento térmico (curva de calor): En los ensayos, la briqueta presentó una curva de calor más estable y sostenida en el tiempo, mientras que el carbón vegetal mostró variaciones con subidas y bajadas de temperatura, generando una combustión menos uniforme.
- Causa del encendido lento en briquetas: El Ing. Paco atribuye el encendido más lento de la briqueta a su alta compactación, que limita el ingreso de oxígeno en la fase inicial de la combustión.
- Recomendaciones de diseño geométrico: Sugiere reducir el tamaño de la briqueta e incorporar un orificio central para mejorar la circulación de oxígeno, acelerar el encendido y mantener una buena estabilidad térmica.

5.4. Análisis de la demanda

Se estimará la demanda potencial de briquetas ecológicas en el municipio de Cercado–Tarija, tomando como base el año 2025, con una población proyectada de 241.764 habitantes y 65.342 familias.

Dado que no existen series históricas de consumo de briquetas ecológicas en el mercado local, la estimación se fundamenta en fuente primaria, a partir de los resultados de la encuesta aplicada a jefes/as de familia (≥ 30 años) que utilizan carbón vegetal (ver Anexo 2). En dicha encuesta, el 95 % de las familias encuestadas manifestó interés en utilizar briquetas ecológicas como alternativa al carbón tradicional.

Sin embargo, para evitar una sobreestimación de la demanda y acercar el modelo a un comportamiento más realista del mercado, se adopta como escenario base una tasa de adopción del 75 %. Este ajuste considera:

las restricciones económicas de los hogares, la presencia de productos sustitutos (carbón tradicional) y el hecho de que la muestra fue no probabilística por conveniencia, aplicada a distintos barrios del municipio.

- Lanzamiento de un nuevo producto al mercado
- Las restricciones económicas de los hogares
- La presencia de productos sustitutos

Para cuantificar el volumen de consumo, se consideró la frecuencia de compra declarada en la encuesta (predominio de ciclos bimestrales y trimestrales, con una fracción de consumo mensual) y la presentación preferida para uso doméstico, correspondiente a una bolsa mediana de 5 kg, que se utilizará como unidad de referencia para determinar el consumo anual estimado de briquetas ecológicas.

5.4.1 Análisis cualitativo de la demanda

Para reforzar el análisis de la demanda y contrastar los resultados de la encuesta a familias, se realizaron entrevistas semiestructuradas a tres vendedores de carbón vegetal de la ciudad de Tarija: el puesto “Maraz” de la calle Belgrano, el supermercado “Colosal” del barrio Senac y una tienda de barrio en la zona de la Gamoneda.

De manera sintética, los principales aportes de estas entrevistas son:

- La demanda actual de carbón vegetal es media pero estable, con una ligera recuperación asociada al hábito arraigado de realizar parrilladas de carne y pollo.
- En comparación con los años 2023–2024, los vendedores indican que hoy se vende algo menos que en la época de carne más económica (principalmente de origen argentino), debido al aumento del precio de la carne y al encarecimiento general del costo de vida.
- Se confirma una estacionalidad marcada: las mayores ventas se concentran en carnavales, Día de la Madre, aniversario de Tarija, Todos Santos, Navidad y Año Nuevo; el resto del año, las ventas se mantienen en niveles moderados.
- Los entrevistados manifiestan estar dispuestos a comercializar briquetas ecológicas producidas a partir de residuos de carbón vegetal, siempre que ofrezcan un rendimiento similar o mejor y un precio competitivo, lo cual respalda la viabilidad comercial de la propuesta.

Estos elementos cualitativos permiten validar que el mercado de carbón vegetal en Tarija se mantiene vigente, pero es sensible al ingreso y al precio, lo que justifica

trabajar con un escenario de adopción prudente del 75 %, en lugar de asumir que el 95 % de las familias interesadas adoptará inmediatamente las briquetas ecológicas.

5.4.2. Proyección de la demanda

Los cuadros siguientes integran la información necesaria para calcular la cantidad total demandada en (kg y tn), considerando los resultados de la encuesta y las estadísticas oficiales del INE para el Municipio de Cercado–Tarija.

Del total de 65.342 familias del municipio, el 75% (ajustado) manifestó interés en utilizar briquetas ecológicas; por tanto, la base de análisis se fija en 49.007 familias. En el cuadro siguiente, el número de familias por frecuencia de compra se calcula multiplicando la participación (%) de cada categoría por esta base de 49.007 familias.

Tabla 8

Frecuencia de compra y familias adoptantes

FRECUENCIA DE CONSUMO	PARTICIPACIÓN (%)	FAMILIAS ADOPTANTES
Una vez cada 3 meses	31,30%	15.339
Una vez cada 2 meses	28,70%	14.065
Una vez al mes	21,30%	10.438
Dos veces al mes	13,70%	6.714
Tres veces al mes o más	5,00%	2.450

Nota: Datos sacados a través de las encuestas. Fuente y elaboración: Propia

Dado que la presentación preferida es la bolsa de 5 kg, el consumo por familia se obtiene multiplicando 5 kg por las familias adoptantes de cada frecuencia que se obtuvo a partir de las encuestas a los consumidores potenciales que llegaría a ser los jefes de familia de 30 años en adelante.

Tabla 9*Consumo por familia mensual y anual en Kg-Tn*

Frecuencia de consumo por Familia	Consumo por Familia (kg)	Consumo Mensual (kg)	Consumo Anual (kg)	Consumo Anual (Tn)
Una vez cada 3 meses	76.695	25.565	306.781	307
Una vez cada 2 meses	70.324	35.162	421.946	422
Una vez al mes	52.192	52.192	626.303	626
Dos veces al mes	33.569	67.139	805.667	806
Tres veces al mes o más	12.252	36.755	441.059	441
TOTAL	245.033	216.813	2.601.755	2.602

Nota: Datos calculados con la presentación de 5 kg. Fuente: Entrevistas (2025)

Con los cálculos precedentes, el consumo anual base de briquetas ecológicas para el Municipio de Cercado asciende a 2.601.755 kg = 2.602 tn.

Para proyectar la demanda a lo largo de la vida útil del proyecto se empleará la tasa de crecimiento poblacional del municipio de Cercado, conforme a los datos del INE, bajo el supuesto de que la demanda del producto evoluciona proporcionalmente al crecimiento de la población objetivo.

En este sentido, la proyección año a año se obtendrá aplicando dicha tasa al consumo base. La tasa utilizada es la siguiente:

$$i = 0.0126 = 1,2626\%$$

Consumo por familia adoptante

$$\mathbf{C_{por\ familia\ al\ mes}} = \frac{216.813}{49.007} = \frac{4,42\text{ kg}}{\text{mes}} = \text{aproximado 1 bolsa de 5 kg al mes}$$

$$\mathbf{C_{por\ familia\ anual}} = 4,42 \times 12 = 53,04 \frac{\text{kg}}{\text{año}} = 10 \text{ bolsas de 5 kg al año}$$

Estos valores reflejan un patrón de consumo por familia moderado, coherente con el uso de combustibles. Aproximadamente al mes cada familia utiliza 1 paquete de 5 kg y al año utiliza 10 paquetes de 5 kg.

Tabla 10*Proyección base (2016–2025) por consumo por familia anual*

Año	N° de personas en Cercado-Tarija	Familias Promedio (3.7)	Familias adoptantes 75 %	Demanda Anual (kg)	Demanda Anual (Tn)
2016	215.946	58.364	43.773	2.323.902	2.324
2017	218.673	59.101	44.326	2.353.246	2.353
2018	221.434	59.847	44.885	2.382.960	2.383
2019	224.230	60.603	45.452	2.413.050	2.413
2020	227.062	61.368	46.026	2.443.520	2.444
2021	229.929	62.143	46.607	2.474.374	2.474
2022	232.832	62.928	47.196	2.505.618	2.506
2023	235.772	63.722	47.792	2.537.256	2.537
2024	238.749	64.527	48.395	2.569.294	2.569
2025	241.764	65.342	49.006	2.601.737	2.602

Nota: Datos sobre la proyección de la demanda kg y tn. Fuente: Entrevistas (2025)

Para realizar la proyección de la demanda de briquetas ecológicas se estimó, en primer término, el coeficiente de correlación (r) y la demanda anual base obtenida en el apartado previo. Con este criterio descriptivo de ajuste se eligieron las funciones con mayor correlación para su aplicación comparativa. La tabla 11 presenta los resultados del contraste, a partir del cual se seleccionan los tres modelos con mejor desempeño: Regresión lineal y exponencial.

Tabla 11*Cálculo del coeficiente de correlación*

Función		A	B	Coeficiente de correlación (r)
Lineal	$Y=a+bx$	2.290	30,87	0,9998
Logarítmica	$Y=a+b*\ln(x)$	2.278	120,76	0,9470
Potencial	$Y=a*x^b$	2.282	0,049	0,9517
Exponencial	$Y=a*e^b*x$	2.295	0,013	0,9999
Inversa	$Y=a+b/x$	2.540	-269,90	-0,8007

Nota: Datos de los coeficientes de correlación. Fuente y elaboración: propia

5.4.2.1 Proyección de la demanda mediante el método regresión exponencial

En la tabla 11, se tienen los datos necesarios para poder para determinar la ecuación de la regresión exponencial

$$y = a * e^{(b*x)}$$

Entonces:

$$y_{2026} = 2.907,05 * e^{(0,0125*11)}$$

$$y_{2026} = \mathbf{3.336 \text{ Toneladas}}$$

Tabla 12

Proyección de la demanda a través del método regresión exponencial

AÑOS	PERIODO	PROYECCIÓN (Tn)
2026	11	2.635
2027	12	2.668
2028	13	2.702
2029	14	2.736
2030	15	2.770
2031	16	2.805
2032	17	2.841
2033	18	2.876
2034	19	2.913
2035	20	2.950

Nota: Proyección de la demanda con el método ganador Fuente y elaboración: propia

Para proyectar la demanda de briquetas ecológicas se estimó, en primer término, el coeficiente de correlación (r) para distintos modelos de ajuste. De acuerdo con los resultados de la tabla 12, el modelo regresión exponencial presenta la mayor correlación entre la regresión lineal; por ello, se adopta como función principal de proyección.

5.5. Análisis de la oferta

En la actualidad no se encuentra datos cuantitativos de referencia a cerca de la oferta de carbón vegetal. En la ciudad de Tarija el consumo de carbón vegetal fue notorio, debido a la falta de datos se realizará un análisis cualitativo a los competidores directos y productos sustitutos.


5.5.1 Competidores

5.5.1.1 Competencia directa

La comercialización de briquetas ecológicas en Tarija aún es incipiente, sin embargo, en los últimos años han surgido algunos emprendimientos locales que comienzan a posicionarse en este mercado. Se consideran competidores directos aquellos que ofrecen un producto similar en forma y función al propuesto en este proyecto:

Tabla 13

Comercializadoras locales de briquetas ecológicas en Tarija

Competencia directa	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="342 751 690 787">Carbón Ecológico Tarija</p> 	<p data-bbox="743 751 1382 1062">Elaboradores de briquetas hexagonales a partir de carbón vegetal. Sus productos se distinguen por buen rendimiento, encendido rápido y menor generación de humo, comercializándose principalmente por redes sociales y entregas a domicilio. Presentaciones y precios:</p> <ul data-bbox="792 1087 1138 1178" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="792 1087 1138 1123">• 3 kg → Entre 12-15 Bs <li data-bbox="792 1140 1062 1178">• 5 kg → 18-20 Bs




Nota: Descripciones del Competidor directo. Fuente y elaboración: Propia

5.4.1.2 Productos sustitutos

Los productores sustitutos no fabrican briquetas ecológicas, pero ofrecen alternativas energéticas sustitutas que cumplen la misma función calórica. Estos productos de carácter más tradicional, gozan de amplia aceptación local por su disponibilidad y la costumbre cultural en su consumo. Dentro de este grupo se incluyen proveedores de carbón vegetal.

Tabla 14

Comercializadoras locales de carbón vegetal en Tarija

COMERCIALIZADORA DE CARBÓN VEGETAL	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">El Tizón</p> 	<p>Pioneros en Tarija en introducir el carbón vegetal en bolsas presentables, marcando un antes y un después en la comercialización del producto. Con más de una década de trayectoria, se han posicionado como referentes del sector. Su punto de venta principal se ubica en la zona de El Portillo, desde donde abastecen a restaurantes, panaderías y parrilleros particulares.</p> <p>Presentaciones y precios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 kg → 18 Bs • 5 kg → 23 Bs
<p style="text-align: center;">La Torre</p> 	<p>Proveedor que distribuye principalmente en el Mercado Abasto del Norte y en ferias barriales, operando bajo un esquema mayormente informal, pero con contacto directo con el consumidor final. Se caracteriza por mantener disponibilidad en temporadas de alta demanda.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 kg → 18 Bs • 5 kg → 22 Bs
<p style="text-align: center;">Rey Negro</p> 	<p>Emprendimiento tarijeño con fuerte presencia digital, especialmente en TikTok, donde muestra el proceso artesanal de producción del carbón vegetal. Su producto es consumido en parrilladas familiares y eventos juveniles, aportando una imagen moderna e innovadora al rubro.</p> <p>Enfoque comercial: Redes</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 kg → 17 Bs • 5 kg → 21 Bs

Nota: Características de los competidores indirectos: Fuente y elaboración: Propia

5.6. Cobertura del producto

Atender la totalidad de la demanda resultaría poco realista en la fase inicial; por ello se adopta un porcentaje de cobertura del mercado creciente a lo largo de la vida útil del proyecto. Esta decisión se fundamenta en:

- La capacidad de producción de las máquinas.
- La disponibilidad de mano de obra determinada en el capítulo IV diagnóstico ya que la política operativa (mano de obra) de la empresa El TIZNAU que destinará 2 días por semana a la producción de briquetas ecológicas.
- Al tratarse de un producto nuevo, la adopción del mercado suele seguir un patrón gradual que baja en el arranque y crece conforme la aceptación del producto.

Tabla 15

Cobertura del producto

AÑOS	DEMANDA (Tn)	COBERTURA (%)	COBERTURA EL TIZNAU (Tn)
2026	2.635	4,00	105,40
2027	2.668	5,00	115,52
2028	2.702	6,00	125,91
2029	2.736	7,00	136,53
2030	2.770	8,00	147,36
2031	2.805	9,00	158,48
2032	2.841	10,00	169,89
2033	2.876	11,00	181,48
2034	2.913	12,00	193,42
2035	2.950	13,00	205,62

Nota: Cobertura de mercado. Fuente y elaboración: Propia

Para empezar en el mercado se debe considerar factores como el conocimiento del producto en el mercado y el posicionamiento del mismo, por tal motivo se pretende iniciar con una producción que satisfaga el 4 % de la demanda para el año 1, para el año 2 un 4,33 % y para el resto de los años un incremento de 0,33% de la demanda.

CAPÍTULO VI
PARTE EXPERIMENTAL

6. Parte Experimental.

6.1. Plan de ejecución del prototipo.

En esta sección se estructuran las actividades necesarias para la ejecución del prototipo. Dado que se trata de un producto nuevo, el proceso contempla iteraciones sucesivas de diseño, prueba y ajuste, con el propósito de alcanzar un producto técnicamente viable y validado por criterios de calidad y de uso. La metodología se organiza en etapas encadenadas que aseguran trazabilidad de decisiones y de resultados.

Figura 18

Plan de ejecución del prototipo



Nota: Plan de ejecución para la elaboración del prototipo. Fuente y elaboración: Propia

6.2. Análisis del área productiva



Las pruebas se realizaron en las instalaciones de la Comercializadora El TIZNAU y en el laboratorio de operaciones unitarias en la Universidad Juan Misael Saracho, una área habilitada y cedida para realizar estas pruebas pilotos de briquetas ecológicas y sus controles de calidad. La disposición del espacio y el registro fotográfico constan en el Anexo 4.3; los formatos y resultados de control se presentan en el Anexo 4.4.


6.2.1. Descripción y análisis de materias primas e insumos

La materia prima y los insumos empleados para la elaboración de los prototipos se describen a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 16

Descripción de materia prima para la elaboración de los prototipos

MATERIA PRIMA E INSUMOS	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">Carbonilla de carbón</p> 	<p>Es la fracción fina del carbón vegetal no comercializada por su tamaño. Aporta el poder calorífico y forma la matriz granular de la briqueta. Se utiliza como materia prima principal para la elaboración de briquetas, aportando la combustión y el rendimiento necesario para la elaboración de carnes a la parrilla.</p>
<p style="text-align: center;">Almidón de yuca</p> 	<p>Aglutinante de origen alimentario, rico en almidón. Al mezclarse con agua y calentarse, el almidón gelatiniza, formando un gel viscoso que recubre las partículas de carbonilla y genera puentes de unión; esto incrementa la cohesión, la resistencia mecánica y reduce la friabilidad de la briqueta. Es esencial para la elaboración de briquetas</p>

Agua	
	Mezcla y activador de la gelatinización del almidón; regula la plasticidad de la masa para la extrusión y condiciona el secado posterior. Un contenido insuficiente produce briquetas frágiles; un exceso genera deformaciones y mayor tiempo de secado.


Nota: Materia prima e insumos para la elaboración de los prototipos. Fuente y elaboración: Propia

6.2.2. Descripción de equipos y materiales





Dado que no se contaba con maquinaria industrial, los prototipos se elaboraron de forma artesanal mediante una prensa manual con gata hidráulica, equipada con manómetro para lectura de presión y molde cilíndrico de compresión. El sistema permitió compactar la mezcla de carbonilla, agua y aglutinante bajo presión controlada. También se contó con materiales y equipos para la evaluación cualitativa y cuantitativa.

Tabla 17

Descripción de equipos y materiales

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
Prensa hidráulica (gata)	
	Dispositivo de accionamiento hidráulico que genera fuerza de compresión vertical. Su función es compactar la mezcla dentro del molde para formar la briqueta. Posee un manómetro que ayuda a medir la presión ejercida debida al tornillo con cabezal hexagonal el cual compacta al molde hecho de barras de platino.

<p>Molino de granos (artesanal)</p> 	<p>Equipo de reducción de tamaño que tritura el carbón y lo lleva a granulometrías finas antes del moldeo convirtiéndole en carbonilla. Conectado a un motor monofásico de 1440 revoluciones por minuto. A una potencia mecánica de 0.55kw.</p>
<p>Tamizadora (Zaranda)</p> 	<p>Equipo de clasificación granulométrica; separa partículas de tamaños superiores y estandariza el tamaño de partícula para asegurar una compactación uniforme.</p>
<p>Balanza</p> 	<p>Instrumento de pesaje para dosificar materias primas y verificar la masa de briquetas durante los ensayos.</p>

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="342 268 708 300">Tornillo cabezal hexagonal</p> 	<p data-bbox="764 268 1385 411">Elemento roscado que transmite el movimiento de la prensa al interior del molde; su función es aplicar y mantener la carga de compresión.</p>
<p data-bbox="412 810 638 842">Cilindro (molde)</p> 	<p data-bbox="764 810 1385 953">Cuerpo metálico hueco donde se introduce la mezcla; define la geometría de la briqueta y contiene la presión de compactación.</p>
<p data-bbox="453 1062 597 1094">Recipiente</p> 	<p data-bbox="764 1062 1385 1157">Cubeta donde se prepara la mezcla, se recibe la pieza al desmolde para reposarla.</p>
<p data-bbox="399 1346 651 1377">Cámara de secado</p> 	<p data-bbox="764 1346 1385 1493">Equipo de secado regulable que se regula la temperatura. Ideal para poder secar las briquetas y quitar la humedad que contienen.</p>

Nota: Máquinas y equipos para la elaboración de los prototipos. Fuente y elaboración: propia

6.2.3. Proceso productivo.

Para ver las ilustraciones de cómo se diseñaron los prototipos (ver anexo 5)

I. Selección de materia prima

Se utilizó carbón vegetal en trozos pequeños (residuo no comercializable), retirando manualmente impurezas visibles (piedras, metales, tierra y otros cuerpos extraños). Paralelamente se verificó la humedad de los residuos de carbón vegetal y se dispuso el almidón de yuca como insumo aglutinante.

II. Pesaje de la materia prima

Se pesó en balanza digital el lote a procesar, registrando la cantidad de carbón, almidón de yuca y agua, a fin de fijar las proporciones de formulación y permitir el cálculo posterior de rendimientos.

III. Tamizado 1

Se realizó un primer tamizado utilizando una zaranda para reducir el tamaño de los residuos de carbón, separando los fragmentos demasiado grandes. Esto permitió proteger el equipo de molienda y asegurar una alimentación más uniforme al molino

IV. Trituración

El carbón pre-tamizado se introdujo en un molino de granos artesanal, reduciendo el tamaño de partícula hasta obtener una fracción fina apta para su posterior compactación en forma de briqueta.

V. Tamizado 2

El material triturado se sometió a un segundo tamizado en el laboratorio, con el objetivo de clasificar la fracción fina y definir el tipo de malla adecuada para el proceso (ver Anexo 6).

VI. Mezclado

Se dosificaron el almidón de yuca (aglutinante) y el agua conforme a la formulación establecida para cada ensayo. En un recipiente, se dispersó el almidón en el agua y luego se incorporó gradualmente la carbonilla, mezclando hasta obtener una masa homogénea y plástica, sin grumos. La mezcla se dejó reposar entre 5 y 10 minutos antes del moldeo.

VII. Compactación (carga, prensado y desmolde)

Se cargó la masa en el cilindro (molde), se niveló la superficie y se prensó mediante gata hidráulica, controlando la presión (según manómetro) y el tiempo de mantenimiento. Transcurrido el tiempo de compactación, se liberó la presión y se realizó el desmolde obteniendo el prototipo de briqueta.

VIII. Secado

Las briquetas obtenidas se colocaron en el horno del laboratorio de operaciones unitarias a una temperatura de 60 °C durante 24 horas, hasta lograr la reducción de humedad.

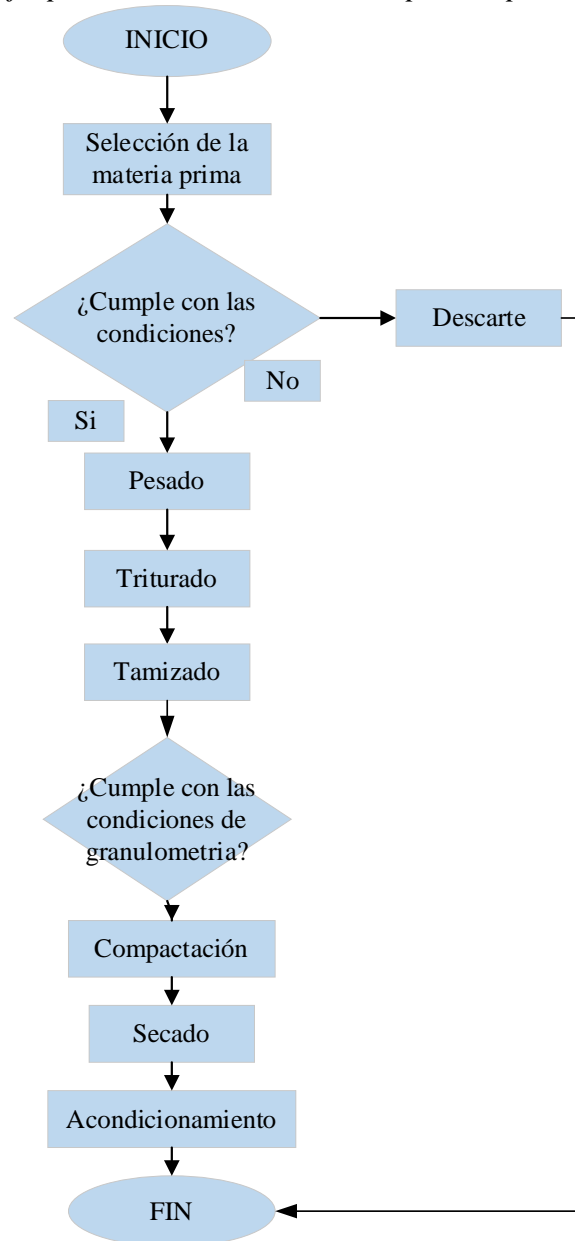
IX. Acondicionamiento

Las briquetas secas se acopiaron en un área limpia y seca, protegida de golpes, quedando listas para la realización de los ensayos de calidad y la evaluación de su desempeño en combustión.

6.2.3.1. Diagrama de flujo del prototipo

Figura 19

Diagrama de flujo para la elaboración del prototipo



Nota: Diagrama de flujo para la elaboración de los prototipos. Fuente y elaboración: Propia

6.3. Elaboración de los prototipos.

6.3.1. Formulación de recetas para los prototipos.

A partir de los resultados del estudio de mercado, donde los jefes/as de familia señalaron el rendimiento de la briqueta como uno de los atributos más importantes al momento de la compra (ver Anexo 3), se definieron tres formulaciones experimentales de briquetas (P1=Prueba N°1, P2= Prueba N°2 y Prueba N°3=P3).

En cada prototipo se variaron las proporciones de residuos de carbón vegetal, almidón de yuca y agua, con el objetivo de analizar su efecto sobre la compactación y el desempeño en los ensayos de combustión. En la tabla siguiente se presentan las cantidades de materia prima utilizadas por unidad de briqueta en cada caso:

Tabla 18

Cantidades de materia prima por prototipo

MATERIA PRIMA	CANTIDAD POR UNA BRIQUETA		
	P1	P2	P3
Residuos de carbón	111 gr	109 gr	120 gr
Almidón de yuca	22 gr	14 gr	20 gr
Agua	67 gr	77 gr	60 gr

Nota: Cantidades para cada prototipo. Fuente y elaboración: Propia

6.3.2. Parámetros y características de los prototipos

6.3.2.1 Parámetros

Para la evaluación inicial se desarrollaron tres prototipos de briquetas ecológicas (P1, P2 y P3), manteniendo constantes algunos parámetros de proceso y variando otros. En la siguiente tabla se presentan los parámetros y características más relevantes de cada prototipo, con el fin de documentar de manera clara las diferencias y similitudes entre ellos.

Tabla 19*Parámetros de los prototipos*

PARÁMETROS	P1	P2	P3
Masa inicial de la briqueta (g)	200	200	200
Masa final después del secado (g)	180	178	175
Tamaño: largo (cm)	11,2	10,7	10
Diámetro interno (cm)	2,50	2,45	2,4
Densidad (g/cm ²)	0,71	0,74	0,78
Granulometría de la carbonilla (mm)	0,50	0,50	0,50
Humedad de carbonilla (%)	6,91	6,91	6,91
Humedad de mezcla final (%)	11,34	10,25	9,45
Presión de prensado aplicada (kg/cm ²)	100	125	150
Tiempo de prensado por pieza (seg.)	30	30	30
Tipo de molde utilizado	Hexagonal	Hexagonal	Hexagonal
Temperatura de secado (°C)	60	60	60
Tiempo de secado (horas)	48	48	48



Nota: Parámetros medidos para los 3 prototipos. Fuente y elaboración: Propia


6.3.2.2. Características de los prototipos

En este apartado se describen de manera cualitativa las principales características observadas en cada prototipo una vez concluido el secado, considerando aspectos como altura, textura, integridad y compactación.

Tabla 20

Características de los prototipos

PROTOTIPO	CARACTERÍSTICAS	ILUSTRACIÓN
<p>P1</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta la mayor altura en comparación con los otros prototipos, lo que evidencia una menor presión de compactación. ➤ La briqueta tiende a desarmarse parcialmente al manipularla, lo que se asocia a un ligero exceso de agua y almidón, junto con una compactación insuficiente. ➤ La textura es más bien porosa y clara, con presencia visible del aglutinante. ➤ La compactación no se percibe homogénea a lo largo de toda la pieza. 	<p style="text-align: center;">PROTOTIPO 1</p> 
<p>P2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mayor presión de prensado en comparación con P1, por lo que su altura es menor. ➤ Se observan fisuras superficiales y una tendencia al agrietamiento, por lo que la briqueta aún se percibe frágil. ➤ La mezcla no resultó completamente favorable. ➤ Falta de agua y almidón inferior al requerido para lograr la homogeneidad ➤ Textura con zonas menos integradas, lo que afecta la integridad mecánica del prototipo. 	<p style="text-align: center;">PROTOTIPO 2</p> 

P3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ menor tamaño (altura) de los tres prototipos, consecuencia de la mayor presión aplicada en la gata hidráulica. ➤ compactación más uniforme, con buena integridad estructural al momento de manipular la briqueta. ➤ proporción de la mezcla óptima que resulta más equilibrada, favoreciendo la compactación. ➤ La textura es porosa pero firme, con un color negro homogéneo característico del carbón vegetal, sin presencia evidente de exceso de aglutinante. 	<p>PROTOTIPO 3</p> 
-----------	--	---

Nota: Características observadas sobre los prototipos. Fuente y elaboración: Propia

6.3.3. Evaluación cuantitativa de los prototipos

Se efectuaron pruebas cuantitativas sobre los tres prototipos de briquetas (P1, P2 y P3), con el objetivo de contar con un criterio objetivo para la selección del prototipo óptimo. En esta etapa se evaluaron dos variables clave: resistencia y comportamiento en la combustión, por ser parámetros directamente asociados a la integridad del producto durante su manejo y a su desempeño como combustible.

6.3.3.1. Ensayo de resistencia mecánica de las briquetas

El ensayo de resistencia se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Juan Misael Saracho, utilizando una prensa hidráulica cuyo tornillo con cabezal hexagonal actuó como punzón de carga. Cada prototipo (P1, P2 y P3) se colocó centrado sobre el molde inferior y se cargó axialmente hasta observar la fisura y ruptura de la briqueta.

Para los tres prototipos se empleó el mismo molde hexagonal, por lo que el área sometida a carga es constante:

Lado = 3 cm

Apotema = 2,5 cm

Nro. de lados = 6

$$A = \frac{6 \times 3\text{cm} \times 2,5\text{cm}}{2}$$

$$A = 22,5 \text{ cm}^2 = 0,00225\text{m}^2$$

Las presiones de ruptura medidas en la prensa hidráulica fueron:

P1: 1,0 kgf/cm²

P2: 1,3 kgf/cm²

P3: 1,6 kgf/cm²

Para convertir estas presiones a unidades del Sistema Internacional se emplea la relación:

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 98.066,5 \text{ Pascal}$$

De este modo, la presión de rotura de cada prototipo se obtiene multiplicando el valor leído en kgf/cm² por 98.066,5 Pa. y, posteriormente, la fuerza de rotura se calcula aplicando:

$$F = P \times A = \text{Newton}$$

Aplicando la misma metodología de cálculo para los tres prototipos se obtienen los valores resumidos en el siguiente cuadro:

Tabla 21

Resultados del ensayo de resistencia de las briquetas

Prototipo	Presión ruptura (kgf/cm ²)	Fuerza ruptura (N)
P1	1,0	220,65
P2	1,3	286,84
P3	1,6	353,04

Nota. Fuerza de ruptura ganadora el prototipo P3. Fuente y elaboración: Propia

Los resultados muestran que P1 presenta la menor resistencia, coherente con su mayor altura, textura más porosa y tendencia al desmoronamiento. El prototipo P2 alcanza una resistencia intermedia, mejorando la compactación, pero aún con presencia de fisuras superficiales. El prototipo **P3** registra la **mayor fuerza de ruptura (353 N)**, asociada a su mayor densidad y mejor cohesión interna, por lo que se considera el de mejor desempeño en resistencia.

6.3.3.2. Ensayo preliminar de combustión de los prototipos

Con el propósito de comparar el comportamiento térmico de los tres prototipos de briquetas (P1, P2 y P3) y contar con un criterio cuantitativo adicional para la selección del prototipo óptimo, se realizó un ensayo preliminar de combustión, registrando exclusivamente la evolución de la temperatura del agua en función del tiempo.

Para garantizar la comparabilidad, las pruebas se efectuaron bajo las mismas condiciones experimentales (ver anexo 7):

- I. Masa inicial de cada briqueta:
 - P1: 180 g
 - P2: 178 g
 - P3: 175 g
- II. Medio de combustión: cocina a gas, utilizada únicamente para el encendido inicial; una vez obtenidas las brasas en el minuto, el gas se apagó.
- III. Carga térmica: olla con 1.000 g de agua, con temperatura inicial de 25 °C.
- IV. Montaje: cada briqueta se colocó sobre una parrilla metálica, a la misma distancia de la base de la olla.
- V. Registro de datos: se midió la temperatura del agua cada 20 minutos con un termómetro/termopar, hasta que la briqueta dejó de aportar calor útil (temperatura en descenso sostenido y brasas prácticamente agotadas).

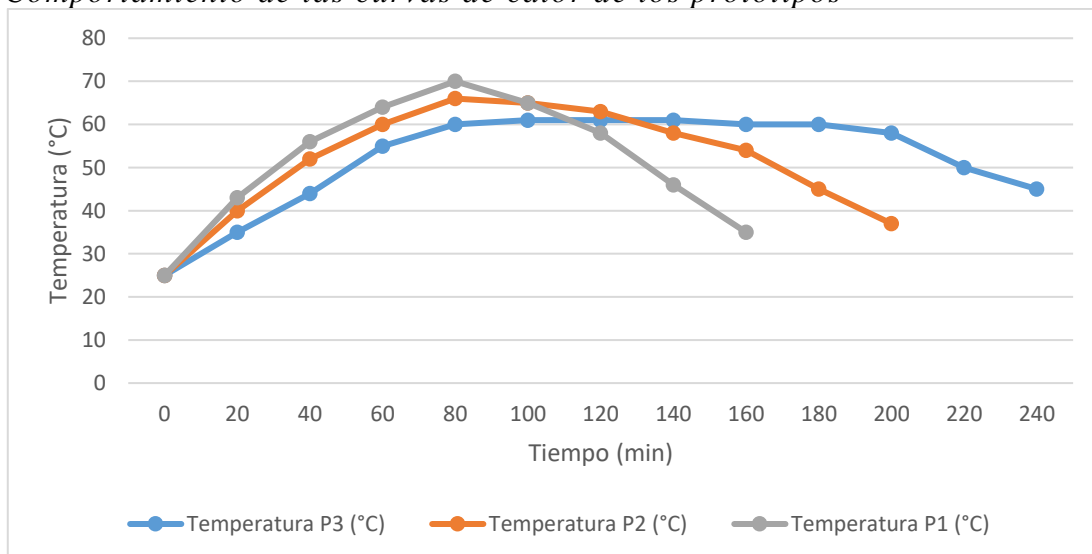
En el cuadro siguiente se registraron los datos de tiempo y temperatura para los tres prototipos:

Tabla 22*Registro de tiempos y temperaturas para los 3 prototipos*

Tiempo (min)	Temperatura P1 (°C)	Temperatura P2 (°C)	Temperatura P3 (°C)
0	25	25	25
20	43	40	35
40	56	52	44
60	64	60	55
80	70	66	60
100	65	65	61
120	58	63	61
140	46	58	61
160	35	54	60
180		45	60
200		37	58
220			50
240			45

Nota: Datos registrados de temperaturas de los prototipos. Fuente y elaboración: Propia

Con estos datos se trazaron las curvas tiempo vs temperatura de los tres prototipos (ver figura 20), a partir de las cuales se observan las siguientes tendencias:

Figura 20*Comportamiento de las curvas de calor de los prototipos*

Nota: Curva de calor de los prototipos. Fuente y elaboración: Propia

En el siguiente cuadro se interpretarán el comportamiento de cada prototipo durante el ensayo de combustión:

Tabla 23

Interpretación del comportamiento combustivo de los prototipos

Criterio	Prototipo P1	Prototipo P2	Prototipo P3
Tiempo de encendido (rapidez para alcanzar temperatura útil)	Rápido: supera 55 °C a los 40 min y llega a su máximo (~70 °C) a los 80min.	Medio-rápido: llega a ~52 °C a los 40 min y alcanza ~66 °C a los 80 min.	Más lento: alcanza 55 °C recién a los 60 min y llega a 60–61 °C entre los 80 y 100 min.
Tiempo total de combustión útil (T > 45 °C)	Aprox. 150 min; después de este tiempo la temperatura cae por debajo de 45 °C.	Aprox. 190 min; mantiene brasas útiles algo más de 3 horas.	Aprox. 240 min; conserva brasas útiles cerca de 4 horas.
Estabilidad de la brasa	Baja: curva con pico pronunciado y descenso rápido; la brasa se agota pronto	Media: mantiene una meseta entre 60–66 °C entre ~60 y 140 min, luego desciende de forma gradual.	Alta: meseta amplia y estable en torno a 60–61 °C entre 80–180 min, con descenso lento.
Comportamiento de la temperatura	calienta muy rápido, alcanza la temperatura más alta, pero pierde calor con rapidez y acorta la duración de la combustión.	buen nivel de temperatura y una duración moderada; combina intensidad aceptable con una brasa de duración media.	arranque más suave, pero con curva de calor pareja y sostenida, priorizando duración

Nota: Comportamiento cualitativo de los prototipos Fuente y elaboración: Propia

Siendo la duración de la combustión y la estabilidad térmica los parámetros principales para seleccionar el prototipo ganador, se eligió el **P3**. Este prototipo mantiene brasas útiles durante aproximadamente 240 minutos y presenta una meseta térmica estable en

torno a 60–61 °C entre los 80 y 160–180 minutos, lo que garantiza un aporte de calor más uniforme y prolongado en comparación con P1 y P2.

6.3.4. Evaluación cualitativa con expertos

6.3.4.1. Criterios y resultados de la evaluación cualitativa

Para la evaluación cualitativa de los prototipos se convocó a dos profesionales con experiencia en materiales compactados, a fin de contar con criterios técnicos sobre la calidad física de las briquetas.

Tabla 24

Grupo de evaluación

N°	NOMBRE	OCUPACIÓN
1	Ingeniero Civil	Joel Paco Sarzuri.
2	Ingeniero Químico	Juan Pablo

Nota. Integrantes para la evaluación cualitativa. Fuente y elaboración: Propia

A cada experto se le presentaron los tres prototipos (P1, P2 y P3) antes y después del secado, junto con una ficha de evaluación tipo Likert de 1 a 5 puntos, donde los evaluadores calificaron para cada prototipo, los atributos de compactación, humedad aparente y textura superficial, registrando su percepción antes del secado y después del secado. Las fichas completas se incluyen en el (anexo 8)

A partir de las dos fichas se calcularon promedios por prototipo donde se sumó y dividió entre dos, que se resumen en el cuadro siguiente.

Tabla 25

Promedio de evaluación

Prototipo	Antes del secado			Después del secado		
	Compactación	Humedad	Textura	Compactación	Humedad	Textura
P1	2,5	2,5	2	1,5	2,5	2
P2	4	3	2,5	3	3	2,5
P3	5	5	5	5	5	5




Nota: Calificación de los expertos. Fuente y elaboración: Propia

De acuerdo con estos resultados, el prototipo P3 obtuvo la calificación más alta (5 en todos los atributos y etapas) por ambos evaluadores, mientras que P1 fue el de comportamiento más débil y P2 presentó un desempeño intermedio, lo que se recomendó es realizar más pruebas con diferentes mezclas por parte de los expertos y ejercer mayor presión con la gata hidráulica. Por ello, el prototipo P3 se seleccionó como briqueta ecológica representativa de manera cualitativa.

6.3.5. Selección del prototipo ganador

Tabla 26

Selección de los prototipos

Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
		

Nota: Prototipos. Fuente y elaboración: Propia

A partir de los resultados de las pruebas cuantitativas y de la evaluación cualitativa realizada por los expertos, se procedió a seleccionar el prototipo de briqueta ecológica que servirá como base para el diseño final del producto.

En la evaluación cuantitativa se consideraron dos variables principales:

- Resistencia: fuerza necesaria para producir la rotura, determinada mediante el ensayo de compresión en prensa hidráulica

- Comportamiento en la combustión: evaluado a través del tiempo total de combustión útil y la estabilidad de la temperatura durante el ensayo.

Los resultados muestran que el prototipo P3 presentó la mayor fuerza de ruptura (353N), superando a P1 y P2, lo que evidencia una mejor compactación y cohesión interna. Del mismo modo, en las pruebas de combustión P3 alcanzó la mayor duración de brasas útiles (alrededor de 240 minutos) y una curva de temperatura más estable en torno a 60–61 °C durante un intervalo prolongado, mientras que P1 tuvo un comportamiento más impulsivo (encendido rápido, pero corta duración) y P2 un desempeño intermedio tanto en intensidad como en tiempo de combustión.

Por otro lado, la evaluación cualitativa con expertos ratificó estos resultados, ya que el prototipo **P3** obtuvo las calificaciones más altas en compactación, humedad aparente y textura superficial, tanto antes como después del secado, de acuerdo con la ficha tipo Likert aplicada. P1 fue identificado como el prototipo más débil con mayor tendencia a desmoronarse, y P2 como alternativa intermedia que aún requería ajustes en la mezcla.

En consecuencia, se tomará en cuenta el siguiente porcentaje de cada ingrediente para las briquetas ecológicas.

Tabla 27

Porcentaje de ingredientes

MATERIA PRIMA E INSUMOS	PORCENTAJE
Residuos de carbón	60 %
Almidón de yuca	30 %
Agua	10 %
TOTAL	100%

Nota: Materia prima necesaria del P3 ganador. Fuente y elaboración: Propia

6.4. Ensayos comparativos del prototipo ganador y el carbón vegetal

Con el fin de evaluar el desempeño real de la briqueta ecológica seleccionada (prototipo P3) frente al carbón vegetal tradicional, se realizó un ensayo comparativo de combustión y pérdida de masa bajo condiciones controladas. Este análisis permite

cuantificar la duración de la combustión, la estabilidad térmica de la brasa y la masa consumida, información que posteriormente se utiliza para estimar de forma indirecta el poder calorífico de ambos combustibles.

6.4.1. Ensayo de combustión y Pérdida de masa (curva etc.)

El ensayo se desarrolló en condiciones controladas (ver anexo 9), utilizando la misma configuración para ambos combustibles.

El procedimiento fue el siguiente:

- Masa inicial de combustible: se pesaron 175 g de carbón vegetal tradicional (quebracho) y 175 g de briqueta ecológica (prototipo P3).
- Encendido: cada combustible se encendió sobre una cocina a gas hasta alcanzar un estado de brasas estables (aproximadamente 20 minutos para el carbón vegetal y 30 minutos para la briqueta).
- Montaje del ensayo: una vez formadas las brasas, se apagó la cocina a gas, se colocó una parrilla metálica y sobre ella una olla con 1.000 g de agua, cuya temperatura inicial fue de 25 °C.
- Medición de temperatura: la temperatura del agua se registró cada 20 minutos, utilizando un termopar sumergido en el centro del recipiente.
- Medición de masa del combustible: en intervalos regulares se retiró cuidadosamente el combustible (en una tapa metálica), se pesó en balanza y se devolvió a la parrilla, con el fin de determinar la masa remanente y la pérdida de masa acumulada.
- Criterio de finalización: el ensayo concluyó cuando las brasas de cada combustible dejaron de aportar calor significativo (temperatura del agua en descenso sostenido y presencia únicamente de restos finos).

Figura 21
Montaje del ensayo



Nota: Montaje del ensayo de combustión y toma de datos de la temperatura y pérdida de masa para el P3 y carbón vegetal. Fuente y elaboración: Propia

6.4.2. Resultados para la briqueta ecológica seleccionada

Los datos obtenidos de temperatura del agua y masa del combustible a lo largo del tiempo se reflejan en el siguiente cuadro correspondientes:

Tabla 28
Lecturas de temperatura y masa de la briqueta ecológica

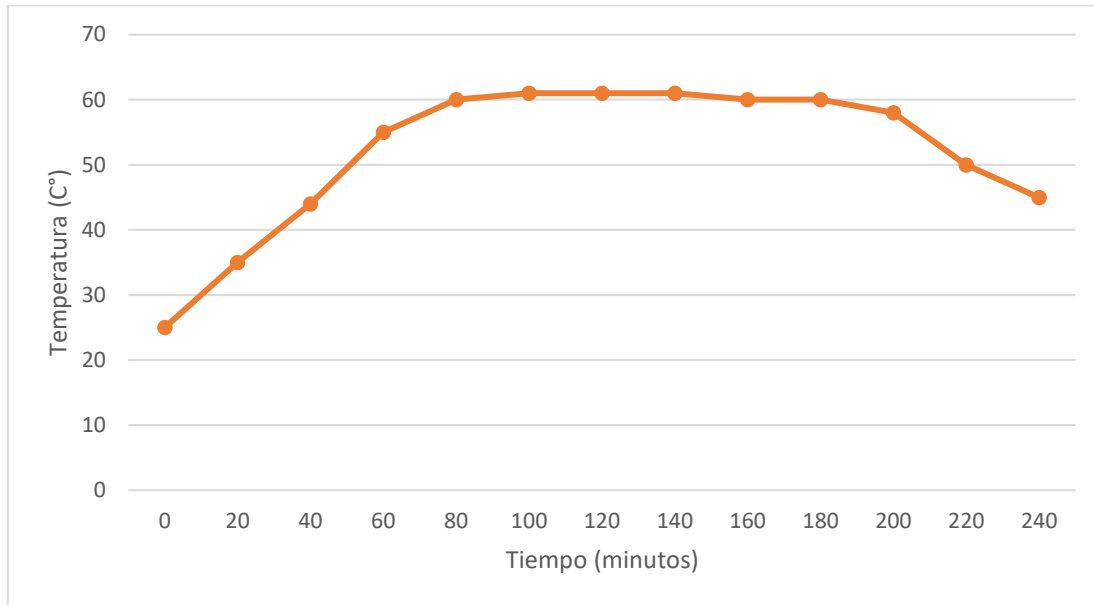
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Masa actual (g)	Pérdida de masa (g)
0	25	175	0
20	35	168	7
40	44	155	20
60	55	142	33
80	60	129	46
100	61	117	58
120	61	105	70
140	61	93	82
160	60	82	93
180	60	71	104
200	58	55	120
220	50	48	127
240	45	39	136

Nota. Datos registrados del ensayo de combustión. Fuente y elaboración: Propia

Con las lecturas registradas se procedió a realizar la curva de tiempo vs temperatura:

Figura 22

Curva de calor de la briqueta ecológica



Nota: Comportamiento de la curva de calor del P3. Fuente y elaboración: Propia

En la briqueta ecológica (prototipo P3) la temperatura del agua inicia en 25 °C y aumenta de manera progresiva hasta alcanzar aproximadamente 60–61 °C alrededor de los 80 minutos. A partir de ese momento, la curva presenta una zona de estabilidad térmica en torno a 60–61 °C, que se mantiene aproximadamente entre los 80 y 180 minutos de ensayo. Luego la temperatura desciende de forma gradual hasta unos 45 °C a los 240 minutos, momento en el que se considera agotada la combustión útil.

6.4.3. Resultados para el carbón vegetal tradicional

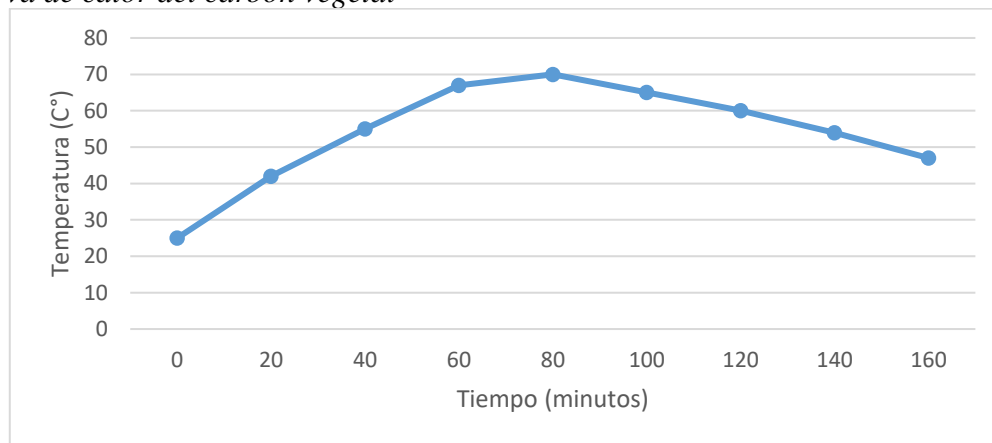
Los datos obtenidos de temperatura del agua y masa del combustible a lo largo del tiempo se reflejan en el siguiente cuadro correspondientes:

Tabla 29*Lecturas de temperatura y masa del carbón vegetal*

CARBÓN TRADICIONAL			
Tiempo	Temperatura	Masa actual	Pérdida de masa
(min)	(°C)	(g)	(g)
0	25	175	0
20	42	167	8
40	55	140	35
60	67	123	52
80	70	82	93
100	65	55	120
120	60	43	132
140	54	35	140
160	47	25	150

Nota: Datos registrados del ensayo de combustión. Fuente y elaboración: Propia

Para observar el comportamiento que tuvo el calor que ofrecía el carbón vegetal se tomó las lecturas registradas y se procedió a realizar la curva de tiempo vs temperatura:

Figura 23*Curva de calor del carbón vegetal*

Nota: Comportamiento de la curva del carbón vegetal. Fuente y elaboración: Propia

En el caso del carbón vegetal, la temperatura también parte en 25 °C, pero asciende con mayor rapidez, alcanzando valores cercanos a 70 °C alrededor de los 80 minutos. A diferencia de la briqueta, luego del pico térmico la temperatura comienza a descender

de manera sostenida, llegando aproximadamente a 47 °C hacia los 160 minutos, punto en el que se considera finalizada la combustión útil, debido a la reducción significativa de brasas.

6.4.4. Estimación del poder calorífico

El poder calorífico de la briqueta ecológica seleccionada y del carbón vegetal tradicional se estimó tomando en cuenta los datos registrados de temperatura y pérdida de masa en el anterior capítulo y mediante un balance de energía utilizando el agua y la olla de aluminio como medio de absorción de calor.

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{perdidas}} + Q_{\text{olla}} = Q_{\text{briqueta}}$$

a) Calculo para la briqueta ecológica (P3)

Datos:

- Masa de la briqueta: 175 gramos
- Masa del agua: 1000 gramos
- Masa de la olla de aluminio: 337 gramos
- C. específico del agua: 1cal/g°C
- C. específico del aluminio: 0,215 cal/g°C
- Temperatura final = 61°C
- Temperatura inicial = 25°C
- El calor cedido y ganado en el sistema es:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{perdidas}} + Q_{\text{olla}} = Q_{\text{briqueta}}$$

Las pérdidas se consideran constantes $Q_{\text{perdidas}} = 0$.

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{olla}} = Q_{\text{briqueta}}$$

$$Q_{\text{briqueta}} = C_a m_a \Delta T + C_{\text{aluminio}} m_{\text{olla}} \Delta T$$

$$Q_{\text{briqueta}} = \Delta T((C_a m_a) + (C_{\text{aluminio}} m_{\text{olla}}))$$

$$Q_{\text{briqueta}} = 61 - 25 \left(\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 1000\text{g} \right) + \left(0,215 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 337\text{g} \right) \right)$$

$$Q_{\text{briqueta}} = 38.608,38\text{cal} = 38,61\text{kcal}$$

Una vez obtenido el calor que entrego la briqueta se procede a calcular la masa que perdió entre un intervalo de 20min:

$$m_{\text{briqueta}} = 175\text{g} - 168\text{g} = 7\text{g}$$

Obtenido el calor y la masa que perdió este combustible se puede calcular el poder calorífico, no considerando las perdidas en la presente ecuación:

$$\text{Poder calorífico de la briqueta} = \frac{38,61\text{kcal}}{7\text{g}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 5.515,71 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

b) Calculo para el carbón tradicional

- Masa del carbón vegetal: 175 gramos
- Masa del agua: 1000 gramos
- Masa de la olla de aluminio: 337 gramos
- C. específico del agua: 1cal/g°C
- C. específico del aluminio: 0,215 cal/g°C
- Temperatura final = 70°C
- Temperatura inicial = 25°C
- El calor cedido y ganado en el sistema es:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{perdidas}} + Q_{\text{olla}} = Q_{\text{carbón}}$$

Las perdidas se consideran constantes $Q_{\text{perdidas}} = 0$.

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{olla}} = Q_{\text{carbón}}$$

$$Q_{\text{carbón}} = \Delta T((C_a m_a) + (C_{\text{aluminio}} m_{\text{olla}}))$$

$$Q_{\text{carbón}} = 70 - 25 \left(\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 1000\text{g} \right) + \left(0,215 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 337\text{g} \right) \right)$$

$$Q_{\text{carbón}} = 48.260,48\text{cal} = 48,26 \text{ kcal}$$

Una vez obtenido el calor que entrego el carbón vegetal se procede a calcular la masa que perdió entre un Interval de 20min:

$$m_{\text{carbón}} = 175\text{g} - 167\text{g} = 8 \text{ g}$$

Obtenido el calor y la masa que perdió este combustible se puede calcular el poder calorífico, no considerando las perdidas en la presente ecuación:

$$\text{Poder calorífico del carbón vegetal} = \frac{48,26 \text{ kcal}}{8\text{g}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 6032,5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

6.4.5. Comparación de los combustibles

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que sintetiza los resultados y hallazgos del ensayo de combustión para carbón vegetal y briqueta ecológica (P3), manteniendo idéntica masa inicial y el mismo montaje experimento.

En la siguiente tabla se reflejan, los parámetros comparados de los combustibles y sus observaciones durante el ensayo experimental.

Tabla 30
Comparativo de combustibles

CARBÓN VEGETAL VS BRIQUETA ECOLÓGICA (P3)			
Parámetro	Briqueta ecológica	Carbón vegetal	Observación
Tiempo de encendido (hasta brasas estables en min)	30 min	20 min	Encendido rápido del carbón vegetal
Tiempo total de combustión(min)	240 min	160 min	Mayor duración la briqueta
Temperatura máxima (°C)	61 °C	70 °C	Carbón calienta más pero no es constante
Estabilidad de temperatura (°C)	60 °C	-	Solo la briqueta se estabiliza
Tiempo de la estabilidad de temperatura (min)	80-180	-	Solo la briqueta se estabiliza
Masa consumida (g)	136 g	150 g	Se consumió mayor el carbón, por ello ofreció mayor PCI
Q útil del sistema (kcal)	38,61	48,26	Carbón entrega mayor PCI
Masa consumida (g)	93 g	70 g	A mayor consumo menor durabilidad
PCI (kcal/kg)	5.515,71	6.032,5	Mayor poder calorífico carbón

Nota: Resultados de Comparación del Prototipo 3 vs carbón vegetal. Fuente y elaboración: Propia

Aunque el carbón vegetal presenta un poder calorífico ligeramente mayor y alcanza una temperatura máxima más alta, la briqueta ecológica P3 ofrece una duración de combustión considerablemente superior y una curva de temperatura mucho más estable, lo que se traduce en un calentamiento más parejo y sostenido durante el tiempo de uso.

CAPÍTULO VII
INGENIERÍA DEL PROYECTO

7. Ingeniería del Proyecto.

7.1. Introducción a la ingeniería del Proyecto.

En este capítulo se presenta la propuesta de diseño de la línea de producción de briquetas ecológicas para EL TIZNAU, detallando el proceso productivo, el balance de masa, los requerimientos de insumos, la maquinaria y la mano de obra, además de las redistribuciones de planta necesarias para minimizar los recorridos de producción (layout propuesto), cursogramas y manuales.

7.2. Tamaño del Proyecto.

7.2.1. Capacidad diseñada, instalada y efectiva.

7.2.1.1. Capacidad diseñada

La capacidad diseñada para la cual está disponible la línea de producción en formas ideales, es decir a su 100%, dependerá de la capacidad de las maquinarias que son 300 kg y el ciclo de producción es de 8 horas al día, tomando en cuenta que la empresa solo trabaja dos turnos por semana, de jueves a viernes.

$$\text{Capacidad Diseñada} = \text{Volumen por hora} * \text{horas al día}$$

$$\text{Capacidad Diseñada} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} = 2.400 \text{ kg/día}$$

$$\text{Capacidad Diseñada} = 2.400 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 876.000 \frac{\text{kg}}{\text{año}} = 876 \frac{\text{Tn}}{\text{año}}$$

7.2.1.2 Capacidad instalada

La capacidad instalada es la capacidad que se pretende alcanzar en un año con 8 días de trabajo al mes, los 12 meses del año.

$$\text{Capacidad instalada} = \text{Capacidad diseñada} * \text{tiempo de producción}$$

$$\text{Capacidad instalada} = 2.400 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 8 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Capacidad instalada} = 230.400 \frac{\text{kg}}{\text{año}} = 230,4 \text{ Tn}$$

7.2.1.3. Capacidad Efectiva.

Para capacidad efectiva se considerará que las maquinarias al usarse no tienen que estar llenas en su totalidad para facilitar el molido, mezclado, extrusado y cualquier derrame, también es necesario mencionar las pérdidas ocasionadas en el proceso operativo a pesar de que pueden ser mínimas e incluir que en el envasado puede haber restos en las maquinarias que no puede llegar a ser envasado. También es primordial tomar en cuenta la demanda que se pretende tener, por tal motivo se tendrá una eficiencia del 90%.

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{Capacidad instalada} \times \text{eficiencia}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 230.400 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,7$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 161.280 \frac{\text{kg}}{\text{año}} = 161.28 \text{ Tn}$$

7.2.2 Producción Real

Para empezar en el mercado se debe considerar factores como el conocimiento del producto en el mercado y el posicionamiento del mismo, por tal motivo se pretende iniciar con una producción que satisfaga el 4 % de la demanda para el año 1, para el año 2 un 5 % y para el resto de los años un incremento de 1% de la demanda.

7.2.2.1 Programa de Producción

En el siguiente cuadro se muestra la producción en toneladas para los primeros diez años con un escenario conservador debido a la experiencia de la empresa en la comercialización de combustibles.

Tabla 31*Programa de Producción de las Briquetas Ecológicas*

AÑOS	DEMANDA EN TONELADAS	PRODUCCIÓN REAL EN TONELADAS
2026 (4%)	2.635	105,40
2027 (5%)	2.668	133,40
2028 (6%)	2.702	162,12
2029 (7%)	2.736	191,52
2030 (8%)	2.770	221,60
2031 (9%)	2.805	252,45
2032 (10%)	2.841	284,10
2033 (11%)	2.876	316,36
2034 (12%)	2.913	349,56
2035 (13%)	2.950	383,50

Nota: Planificación de producción anual. Fuente y elaboración: Propia

7.3 Propuesta del proceso productivo para la elaboración de briquetas ecológicas

7.3.1. Descripción del proceso productivo para briquetas ecológicas

➤ **Recepción de materias primas e insumos**

Se reciben residuos de carbón vegetal (carbonilla y trozos) provenientes de la propia comercializadora EL TIZNAU; cuando sea necesario completar volumen, se reciben lotes de otras comercializadoras. Cada lote es sometido a un control de calidad en recepción a fin de verificar la ausencia de impurezas (piedras, metales, tierra u otros objetos), la inexistencia de olores anómalos, la humedad visible y la conformidad del tamaño de trozos con lo admisible para molienda. Los lotes conformes se etiquetan con proveedor, fecha y cantidad, y se trasladan al almacén de materia prima.

El aglutinante utilizado es almidón de yuca; se inspecciona la integridad del envase, la ausencia de grumos o contaminación y la fecha de vencimiento, almacenándose en estantería seca y ventilada.

El agua requerida para la solución de almidón proviene de las instalaciones y cumple condiciones de potabilidad básica, a fin de evitar olores o sabores residuales en el producto terminado.

➤ Molienda.

Los residuos de carbón se procesan en el molino de martillos hasta alcanzar la granulometría objetivo definida por la malla instalada (maya de 25-50 mm). Esta etapa estabiliza la alimentación de las operaciones de dosificación, mezclado y extrusión, y facilita la homogeneización de la mezcla.

➤ Pesaje

Previo al mezclado, se pesa cada componente conforme a la formulación base: carbonilla 60%, almidón de yuca 10% y agua 30%. Los porcentajes se ajustan por lote para mantener repetibilidad, asegurar balances de masa y facilitar el control estadístico en planta.

➤ Mezclado

El mezclado se ejecuta en dos fases. En la primera fase se prepara la solución de almidón en agua hasta su completa disolución (o pre gelatinización,), verificando la inexistencia de grumos. En la segunda fase se incorpora gradualmente la carbonilla a dicha solución, logrando una humedad de mezcla uniforme y una textura apta para extrusión, sin formación de bolos secos ni exceso de agua. El tiempo y la velocidad de mezclado se fijan para asegurar homogeneidad y humectación completa de las partículas.

➤ Extrusado

La masa es alimentada mediante un tornillo de alimentación hacia el tornillo sinfín de extrusión, que imprime presión y conduce el material a través de un dado de salida de sección hexagonal, con posibilidad de orificio central. Se regulan la velocidad del tornillo, la carga de alimentación y la condición del dado con el propósito de asegurar densidad aparente, resistencia mecánica y repetibilidad dimensional. La geometría hexagonal favorece la estabilidad de la brasa y el adecuado paso de aire durante la combustión.

➤ Corte.

La extrusora dispone de un cortador en línea para segmentar las barras a una longitud nominal de 10 cm. Las mermas propias del corte y las piezas fuera de especificación dimensional o con defectos visibles se recuperan y retornan a la etapa de mezclado, manteniendo la eficiencia material del proceso.

➤ Secado

Las briquetas en verde se disponen en estantes o bandejas dentro de la cámara de secado, donde se aplica aire caliente con ventilación forzada para retirar humedad hasta alcanzar la humedad final objetivo. El régimen de secado-temperatura, caudal de aire y tiempo, se ajusta para evitar fisuras, asegurar estabilidad mecánica y facilitar el encendido. Esta etapa reduce la variabilidad asociada a condiciones climáticas y acorta los plazos en comparación con el secado exclusivamente natural. En caso de seguir húmedas vuelven al proceso de secado.

➤ Envasado.

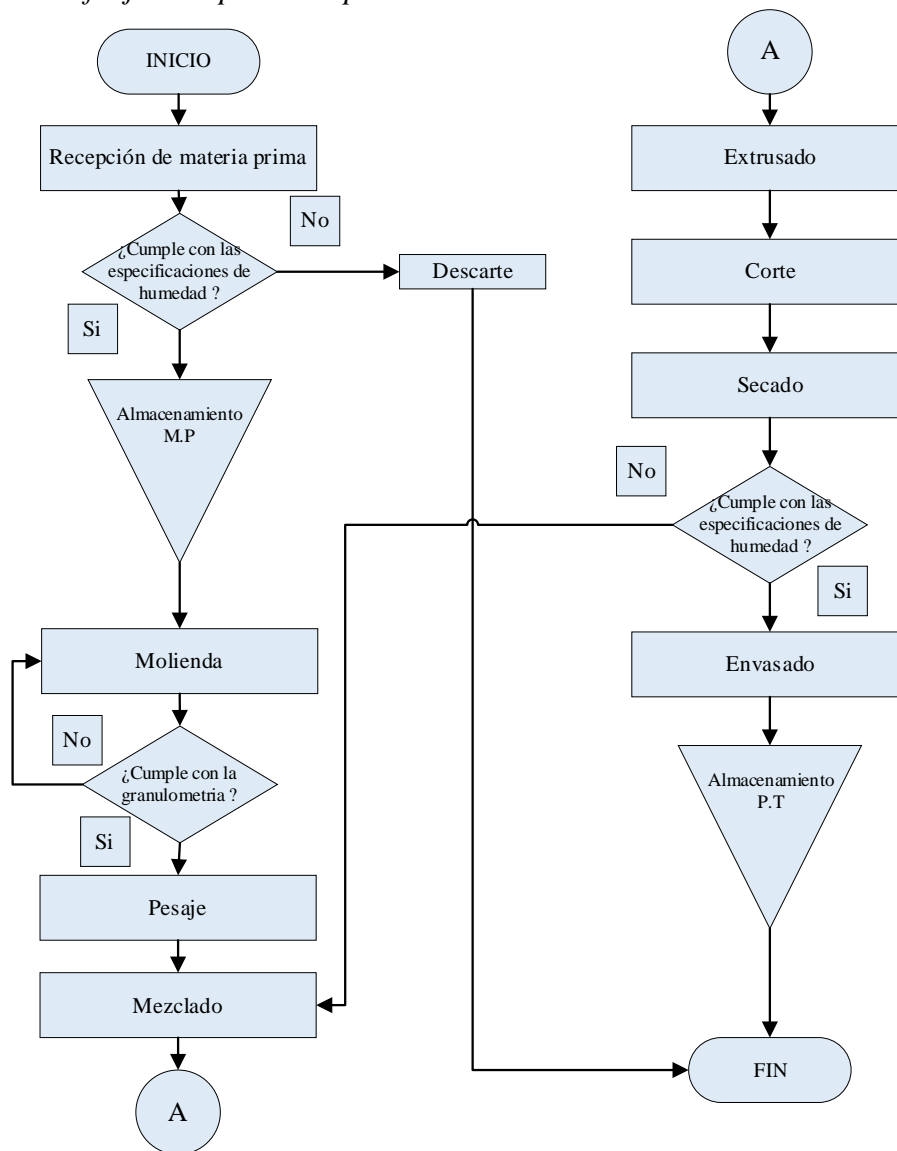
Una vez verificados el contenido de humedad final y la conformidad dimensional, las briquetas se pesan y envasan en bolsas de 5 kg como presentación estándar. Se emplea bolsa de papel Kraft doble o equivalente, con costura o sellado y etiquetado (marca, lote, fecha y recomendaciones de uso y seguridad). Se aplican criterios de “peso justo” con sobrellenado controlado para asegurar conformidad metrológica y adecuada percepción de valor por parte del cliente. Además, se adicionan un iniciador de fuego.

➤ Almacenamiento

El producto terminado se traslada al almacén de producto terminado, un ambiente seco y ventilado, protegido de humedad ambiental. Se registra existencias, lotes y condiciones de almacenamiento hasta el despacho.

7.3.2. Diagrama de flujo del proceso

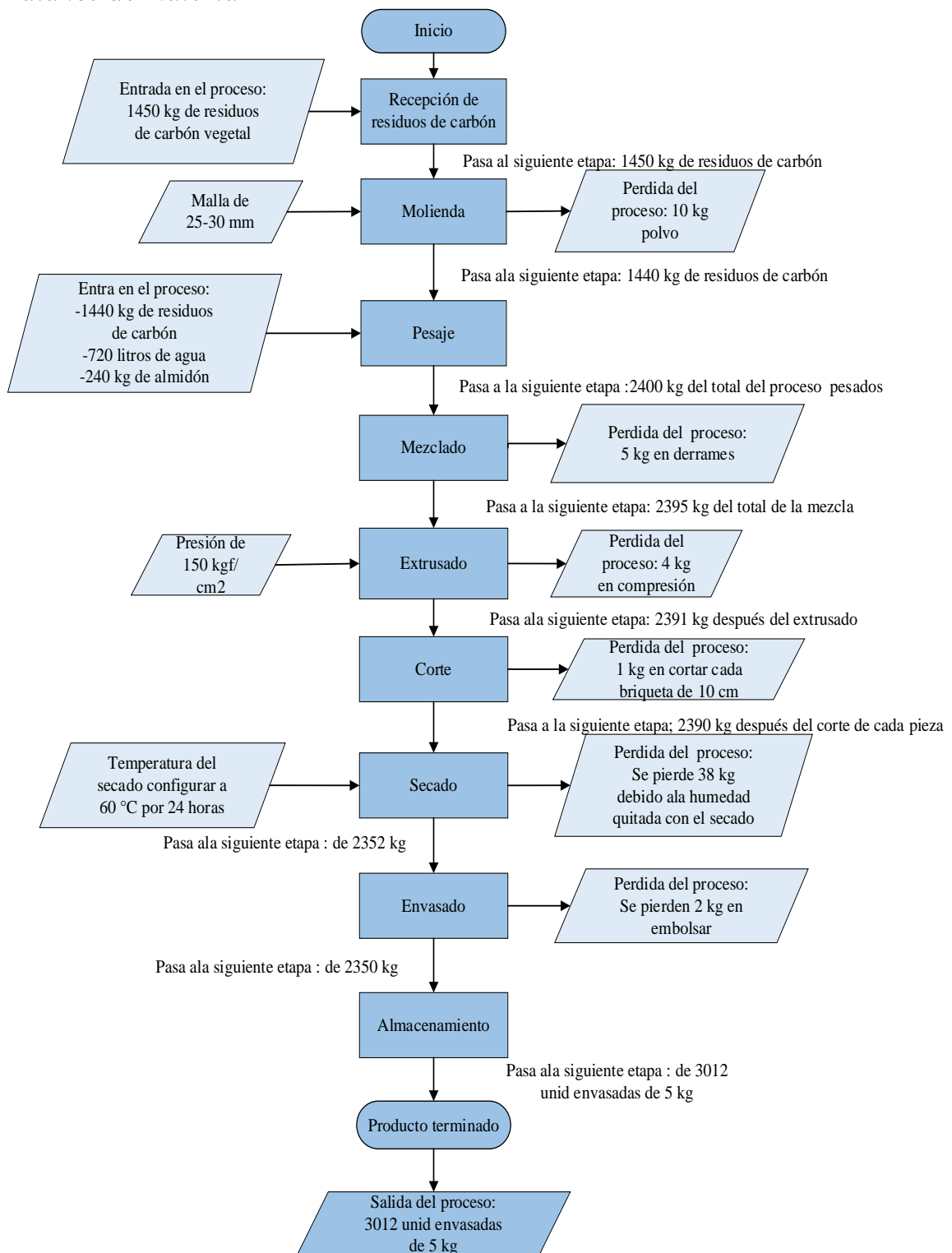
El siguiente diagrama representa el proceso productivo de briquetas ecológicas:

Figura 24*Diagrama de flujo del proceso productivo*

Nota: Diagrama de flujo con todas sus etapas. Fuente y elaboración: Propia

7.3.3. Balance de materia

El lote para analizar el balance de materia es de 2.400 kg lo que equivale a una producción de una jornada laboral de 8 horas al día, aplicando las proporciones (tabla 19) considerando que en la operación pueden presentarse pérdidas mínimas se incorpora. Este diagrama resume las entradas y salidas por etapa y sirve de base para estimar los rendimientos parciales y globales del proceso.

Figura 25*Balance de materia*

Nota: Entradas y salidas en cada proceso del balance. Fuente y elaboración: Propia

7.4 Características para el desarrollo de las briquetas ecológicas.

En esta sección se integran los resultados del estudio de mercado y de los ensayos de laboratorio, con el fin de definir las características del producto briqueta ecológica propuesto para la empresa “EL TIZNAU”.

7.4.1. Atributos de preferencia de la población para la briqueta ecológica.

De acuerdo con los resultados de la encuesta realizada como parte del estudio de mercado para el producto (ver en anexo 3), se consideraron los siguientes atributos de preferencia y condiciones comerciales para la producción de briquetas ecológicas como se muestra en los siguientes cuadros:

Tabla 32

Preferencias de la población sobre las encuestas

PREGUNTA	RESULTADOS DE PREFERENCIA (PROMEDIO)
¿Qué aspectos valoraría más al momento de decidir la compra de briquetas ecológicas? Indique según su criterio el nivel de importancia en el siguiente cuadro.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rendimiento- 4,40 ➤ Cantidad por bolsa- 4,29 ➤ Disponibilidad en puntos de venta-4,14 ➤ Precio accesible-4,12 ➤ Tiempo de encendido-4,09 ➤ Potencia calorífica-3,78 ➤ Facilidad de manipulación-3,58 ➤ Seguridad del empaque-3,49
¿En qué presentaciones le gustaría adquirirlas?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bolsa pequeña (3 kg aproximado)-21,20 ➤ Bolsa mediana (5 kg aproximado)-76,20 ➤ Bolsa quintalera (25 kg aproximado). -2,60

Nota: Preferencias de la población sacado de las encuestas. Fuente y elaboración: Propia

El rendimiento es el atributo de mayor influencia en la decisión de compra: las familias priorizan que la briqueta dure y rinda en la cocción por encima de otros factores. En consecuencia, el diseño del producto y la comunicación se orientan a maximizar la duración de la brasa y la estabilidad del desempeño. Bajo este criterio se desarrolló un

prototipo alineado a las expectativas del consumidor, privilegiando una combustión prolongada y uniforme.

En cuanto a la presentación y contenido neto, se estableció un enfoque de “peso justo”, incorporando márgenes controlados de sobrellenado en el pesado para asegurar conformidad metrológica y percepción de valor. Dado que la población manifestó preferencia por la bolsa de 5 kg, se prioriza su producción y comercialización, manteniendo la bolsa de 3 kg como alternativa secundaria.

7.4.2 Características técnicas de la briqueta

Con base en los resultados de los ensayos del Capítulo VI, los cuales permitieron seleccionar el prototipo que mejor respondió a las necesidades de los consumidores en términos de rendimiento y estabilidad de combustión, se definió un prototipo ganador. La briqueta ecológica propuesta para su producción industrial presenta las características técnicas resumidas en el siguiente cuadro:

Tabla 33

Características técnicas de la briqueta ecológica propuesta

Parámetro	Descripción
Forma geométrica	Briqueta de sección hexagonal, con orificio al centro
Diámetro y dimensiones	Diámetro: 2,50 cm. Largo: 10 cm Grosor: 2,5 cm Lados: 3 cm Orificio al centro: 1 cm
Rendimiento en combustión	Tiempo de combustión útil aproximado de 240 min=4 horas bajo condiciones de uso doméstico, permitiendo una cocción prolongada y estable.
Peso por unidad	Peso promedio de 175 g
Color y textura	Color negro característico de matriz carbonosa; textura compacta y porosa,

Nota: Características del producto. Fuente y elaboración: Propia

Figura 26
Diseño del producto



Nota: Diseño de la briqueta ecológica que contendrá cada empaque de 5 kg.

7.4.3. Materia prima e insumos

La materia prima corresponde a residuos de carbón vegetal, los proveedores para obtener estos recursos serán por a través de dos vías:

- Recuperación interna en la comercializadora EL TIZNAU.
- Alianzas de suministro con otras comercializadoras locales, a fin de asegurar volumen a precio competitivo.

Para la compra de la materia prima se buscará un proveedor que cumpla con la cantidad requerida, que sea quien abastezca a la empresa para la elaboración de las briquetas ecológicas.

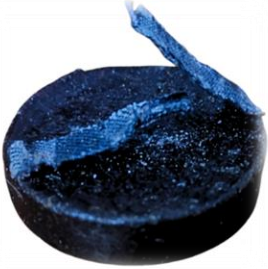


En cuanto a insumos, se utilizará almidón de yuca, adquirido a través de un proveedor de Santa Cruz a precios competitivos al por mayor para poder reducir los costos variables.

Tabla 34
Materia prima e insumos

Nombre	Descripción	Ilustración
Residuos de carbón	<p>Subproducto sólido compuesto por polvos finos y fragmentos irregulares de alta matriz carbonosa.</p> <p>Aporta un poder calorífico favoreciendo una combustión estable y con menor generación de humo. Su aprovechamiento valoriza residuos, reduce pérdidas por polvo</p>	
Almidón de yuca	<p>Polímero natural de origen vegetal que actúa como aglutinante en la briqueta, aportando cohesión en húmedo y resistencia mecánica tras el secado. Se disuelve previamente en agua (con posibilidad de pregelatinación).</p>	
Agua	<p>El agua es el componente líquido principal en la fabricación de briquetas ecológicas. Es esencial para hidratar los ingredientes secos y activar los aglutinantes, creando una masa homogénea.</p>	

Nota: Materia prima e insumos requeridos para la elaboración del producto. Fuente y elaboración: Propia

Tabla 35*Insumos adicionales*

Nombre	Descripción	Ilustración
Iniciador de fuego	Producto sólido de rápido encendido, elaborado a base de aserrín y con parafina. Se coloca en la base del brasero para facilitar el encendido de las briquetas, reduciendo el tiempo de preparación y evitando el uso de combustibles líquidos o residuos contaminantes (plásticos, papeles sucios).	
Empaque	Bolsa de empaque resistente de papel Kraft diseñada para contener 5 kg de briquetas. Protege el producto durante el almacenamiento y transporte, facilita la manipulación por parte del usuario y ofrece superficie para la impresión de la marca.	
Hilo	Hilo resistente de uso industrial de poliéster. utilizado para el cosido de las bolsas de empaque de las briquetas. Asegura un cierre firme y duradero, evitando pérdidas de producto durante el almacenamiento.	

Nota: Insumos complementarios que requerirá para la presentación de su producto.

Fuente y elaboración: Propia

7.4.3.1 Requerimiento de Materia Prima Anual

Según la producción real se requerirá comprar la siguiente materia prima para los próximos 10 años.

Tabla 36

Materia Prima Requerida Anualmente

Años	Residuos de carbón (Tn)
2026	52,40
2027	69,00
2028	86,50
2029	104,10
2030	122,20
2031	141,00
2032	159,70
2033	179,00
2034	198,90
2035	219,00

Nota: Compra necesaria de materia prima para cada año. Fuente y elaboración: Propia

7.4.3.2 Requerimientos de envases y empaques (insumos)

Las briquetas ecológicas se envasarán en bolsas de papel Kraft de 5 kg, provistas por una imprenta local especializada en empaques, representada por el Sr. Linder Flores Guerrero.

Las pastillas iniciadoras de fuego y el hilo de costura industrial se adquirirán al proveedor habitual de la comercializadora EL TIZNAU, aprovechando la relación comercial existente.

En las tablas siguientes se presenta el requerimiento anual de bolsas, iniciadores e hilo necesario para la producción proyectada de briquetas ecológicas.

Tabla 37
Insumos Requeridos Anualmente

AÑOS	EMPAQUES	PASTILLAS
2026	21.800	21.800
2027	26.600	26.600
2028	31.400	31.400
2029	36.400	36.400
2030	41.400	41.400
2031	46.600	46.600
2032	51.800	51.800
2033	57.400	57.400
2034	62.800	62.800
2035	68.600	68.600

Nota: Compra de insumos adicionales para cada año. Fuente y elaboración: Propia

7.5. Maquinaria y equipo propuesto

7.5.1. Descripción de la maquinaria y equipo propuesto

El diseño de la línea de producción de briquetas ecológicas contempla maquinaria principal para las operaciones del proceso y equipos de apoyo para control y empaque. Con el fin de optimizar la inversión, se compartirán dos equipos ya disponibles en la empresa: la balanza (para control de peso) y la costuradora de bolsas de papel Kraft (para el cierre de empaques). Esta decisión permite aprovechar activos existentes.

Para la adquisición de la nueva maquinaria se gestionaron cotizaciones mediante un proveedor que importa maquinaria industrial de origen chino, contactado a través del Ing. Jaime Luján Pérez. Dicho proveedor es considerado de confianza y ofrece condiciones competitivas de precio y plazos, por lo que se lo tomó como referencia para el presente proyecto.

Tabla 38*Descripción de maquinaria y equipos*

Ilustración	Descripción	Característica
<p style="text-align: center;">MOLINO DE MARTILLOS</p> 	<p>Trituración primaria de residuos de carbón vegetal (trozos y carbonilla gruesa) hasta granulometría apta para mezclado/extrusado. Incluye ciclón para recuperación de finos.</p>	<p>Capacidad:300-350kg/h Potencia (kw): 5,5 kw Peso (kg) :260 Dimensiones (mm): 900 x 500 x 800. Motor: cobre puro Alimentación: 220/380v</p>
<p style="text-align: center;">MEZCLADORA</p> 	<p>Preparación de la masa: disolución de almidón en agua y posterior incorporación de carbonilla; homogeneización de humedad y textura antes del briquetado</p>	<p>Capacidad:1,5-2t/h Potencia:5,5(kw) Velocidad del rodillo): 36(r/m) Peso:1500 (kg) Alimentación: eléctrica</p>
<p style="text-align: center;">EXTRUSORA</p> 	<p>Briquetado por tornillo sinfín a través de dado hexagonal (con orificio). Proporciona densidad y resistencia; incluye corte a longitud nominal.</p>	<p>Capacidad: 500kg-1000 kg. Motor de CA: 22 kw Dimensiones:2210×1370×1440 (mm). Velocidad de rotación;60 rpm Formas finales: hexagonal, redonda, cuadrada; longitud ajustable; moldes intercambiables.</p>

<p>SECADOR DE PLACA</p> 	<p>Secado acelerado y continuo de briquetas “en verde” mediante aire caliente y ventilación forzada sobre bandas/mallas en varios niveles.</p>	<p>Temperatura 50–140 °C Ancho de banda 1,2–2,0m, Longitud de sección de secado 8–10 m tiempos 0,2–1,5 h Capacidad de evaporación 60–300 kg H₂O/h. potencia: 11,4–24,5 kw Voltaje: 220V/380V/415V Dimensión:3150x1100x1650</p>
<p>ESTANTERIA METALICA</p> 	<p>Estantería metálica long-span (4 niveles). Sistema modular para almacenamiento de producto terminado y/o pre-secado estático de briquetas. Facilita orden, rotación PEPS/FEFO y control de lotes en área seca y ventilada.</p>	<p>Capacidad: hasta 200 kg/nivel (opciones superiores disponibles). Dimensiones típicas: L2000 × W600 × H2000 mm Material: acero Q235/Q235B, acabado pintura en polvo.</p>
<p>MEDIDOR DE HUMEDAD</p> 	<p>Equipo de control rápido para verificar humedad en briquetas y mezcla, útil en recepción, en proceso y control final.</p>	<p>Rango de medición: 0–80% Display: digital + LED. Interfaz: USB/RS-232 (opcional Bluetooth). Alimentación: batería Tiempo de lectura: instantáneo.</p>

Nota: Maquinaria y equipos necesarios para la implementación del Proyecto. Fuente y elaboración: Propia

7.6. Requerimiento de obras e instalaciones

Se realizará una demolición controlada de un tramo de muro en el sector del almacén de materia prima, con el fin de habilitar una apertura de acceso e instalar una puerta doble de aluminio, que facilite la circulación de carbonilla e insumos hacia el área de proceso y permita separar el flujo de carga del tránsito general de personas.

Adicionalmente, se contemplan instalaciones complementarias necesarias para la operación de la Línea 2:

- La instalación de un punto de agua potable
- La instalación de una red eléctrica trifásica

Tabla 39

Requerimiento de obras finas

OBRAS FINAS				
DETALLE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO(BS)	CANTIDAD	TOTAL (BS)
Tinglado metálico	G1	50.000	1	50.000
Puerta de aluminio	m2	770	1	770
Sub Total				50.770
INSTALACIONES				
Instalación agua potable	G1	1.400	1	1.400
Instalación red trifásica	G1	3.000	1	3.000
Sub Total				4.400
Total, de inversión de construcción (Bs)				55.170

Nota: Modificaciones e instalaciones en la empresa. Fuente y elaboración: Propia

7.7. Layout propuesto

Se plantea una redistribución interna que reorganiza zonas, rutas y accesos para integrar el proceso de briquetado sin interferir con la operación de la Línea 1 (fraccionamiento/envasado de carbón). La propuesta de materiales, la separación entre materias primas, producto terminado y la reducción de cruces entre personas y cargas,

incorporando además el nuevo acceso en almacén de materia prima (puerta doble de aluminio). El área total disponible para la Línea 2 es de 65,5 m².

7.7.1 Espacios físicos disponibles en la empresa.

El área de producción de la empresa El TIZNAU se organiza actualmente en torno a una Línea 1, destinada al fraccionamiento, envasado, pesaje, costurado y despacho de carbón vegetal. Sin embargo, a partir de la evaluación de la distribución de planta (figura 6) se observan áreas dispersas que podrían ser reubicadas estratégicamente con el fin de optimizar el espacio disponible y asegurar condiciones adecuadas para la instalación de una Línea 2 orientada a la fabricación de briquetas ecológicas.

Superficie: 4.0 × 5.0 m (20 m²).

Función: resguardo de carbón en polvo (materia prima) y de insumos auxiliares como aglutinantes, empaques y aditivos necesarios para la producción.

En este rediseño, se dispondría de los siguientes ambientes:

a) Área de producción – Línea 2

Superficie: 7.0×2.5m (17.5m²)

Actividades: preparación de material, briquetado de briquetas ecológicas.

b) Almacén de materia prima e insumos

Superficie: 4.0 × 5.0 m (20 m²)

Función: resguardo de los residuos de carbón (materia prima) y de insumos auxiliares como aglutinantes, empaques y aditivos necesarios para la producción.

c) Almacén de producto terminado – Línea 2

Superficie: 4.0 × 4.0 m (16 m²)

Función: acopio de briquetas terminadas en pallets, listas para su distribución y venta.

d) Superficie total destinada a la Línea 2:

$$\text{Área total} = 17.5m^2 + 20m^2 + 12m^2 + 16m^2 = 65.5m^2.$$

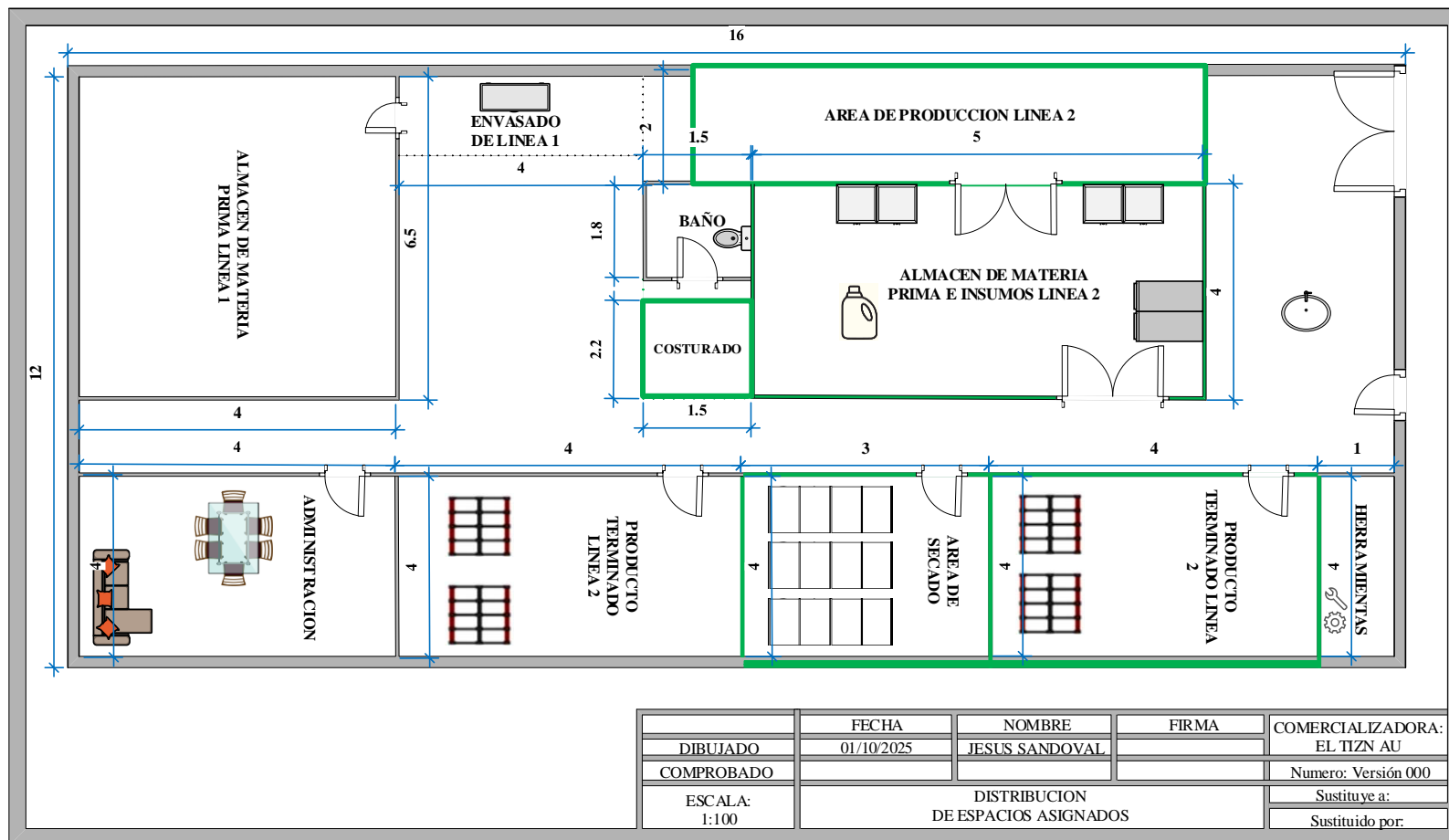
Se cuenta con una superficie total de 65.5 m² de disposición para la instalación de nuevos equipos y procesos para la nueva línea.

7.7.2. Redistribuciones de áreas (propuesta)

A continuación, se describe las áreas propuestas para la modificación del diseño:

- Administración (estado actual) → Almacén de materia prima e insumos- Línea 2. Se relocaliza la antigua oficina administrativa para destinar ese ambiente al acopio de carbonilla/trozos y aglutinantes, adyacente al punto de ingreso, reduciendo recorridos hacia producción.
- Almacén de insumos -Línea 1(estado actual) → Almacén de producto terminado-Línea 2. Se reorienta este ambiente a producto terminado de la nueva línea, próximo a la ruta de despacho y sin interferir con el flujo de materias primas.
- Almacén de herramientas (estado actual) → Área de secado - Línea 2. Se adecúa este local para cámara/estanterías de secado, por su proximidad a la zona de extrusado y facilidad de ventilación.
- Almacén de producto terminado -Línea 1 (estado actual) → Administración. La función administrativa se traslada aquí para mantener independencia de la operación productiva y mejorar la supervisión general.
- Pasillo (estado actual) → Área de producción - Línea 2. El corredor disponible se realizará la construcción de un tinglado metálico para el cubrimiento de la nueva línea, de tal manera que cubra de posibles lluvias que puedan afectar la maquinaria que estará en esa área predestinada.

Figura 27
Layout propuesto



Nota: Las áreas en verde muestran las asignaciones de la nueva línea 2. Fuente y elaboración: Propia

7.8. Diagrama de recorridos propuesto

En el siguiente layout (Figura 29) se observan las distintas líneas de recorrido de la Línea 2: desde la recepción de materia prima, su traslado al molino de martillos, el pesaje de materia e insumos y el mezclado hasta obtener una masa uniforme; posteriormente, la mezcla ingresa a la extrusora con corte en línea, para luego dirigirse al área de secado y, una vez alcanzada la humedad objetivo, pasan a envasado y costurado para finalmente ingresar al almacén de producto terminado.

La siguiente tabla muestra las actividades que se contemplan en el diagrama de recorrido junto a sus distancias respectivas:

Tabla 40

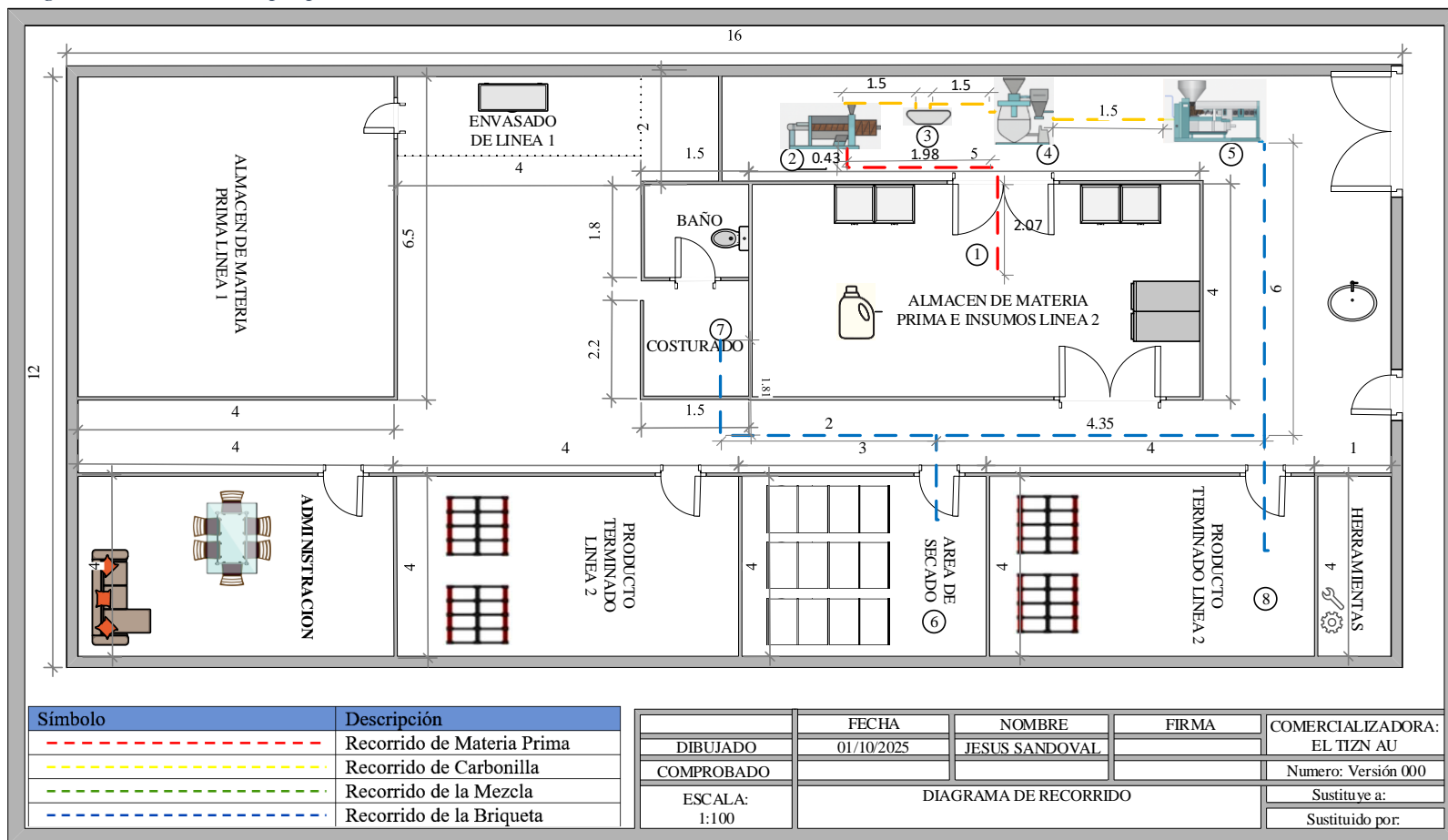
Descripción de las actividades del diagrama de recorrido

N°	Actividad	Distancia (m)
1	Recepción de materia prima	0,00
2	Traslado de M.P al molino	4,48
3	Pesaje de la materia prima e insumos	1,00
4	Mezclado de la M. P	1,25
5	Extrusado y cortado de la mezcla	1,50
6	Secado de la briqueta	11,85
7	Costurado	5,11
8	Almacén	9,17

Nota: Actividades y distancias en cada etapa del layout. Fuente y elaboración: Propia

En la siguiente figura se muestra el diagrama de recorrido con sus actividades enfocadas en la anterior tabla, con sus distancias establecidas, el número de cada actividad representa el área a la que pertenece.

Figura 28
Diagrama de recorridos propuesto



Nota Diagrama de recorrido con tiempos y actividades detalladas. Fuente y elaboración: Propia

7.9 Marketing operativo

Las estrategias de marketing para la línea de briquetas ecológicas de carbón vegetal de la Comercializadora EL TIZNAU se estructuran en función de las 4P del marketing: producto, precio, plaza (distribución) y promoción. Su finalidad es posicionar las briquetas como una alternativa ecológica, de alto rendimiento y fácil uso frente al carbón vegetal tradicional, aprovechando la red comercial ya existente de la empresa.

7.9.1 Estrategias del producto

Las briquetas ecológicas se posicionarán bajo una estrategia de diferenciación, orientada a satisfacer las necesidades de los compradores al momento de utilizarlas. El producto se caracteriza por una mayor duración y mejor rendimiento en comparación con el carbón vegetal tradicional, el cual suele contener altos porcentajes de residuos finos; en cambio, al estar compactadas, las briquetas generan menor desperdicio y permiten aprovechar prácticamente toda la unidad. Además, su forma facilita el armado en bloques piramidales, haciendo más práctico el encendido y reduciendo la huella de carbono con el cliente, lo que disminuye la suciedad en manos y ropa. Estas características se complementan con su empaque individual de 5 kg en bolsa de papel Kraft, que aporta protección, facilidad de manejo y una presentación más ordenada y estética para el consumidor.

7.9.1.1 Nombre del producto

El producto llevará el nombre “Briquetas de Carbón” bajo la marca comercial EL TIZNAU, resaltando de forma directa el tipo de combustible, debido a que un nombre que no lleve carbón puede causar confusión a los clientes.

7.9.1.2 Logo del Producto

Figura 29

Logotipo del Producto



Nota. Logotipo propuesto para los productos de la línea de briquetas ecológicas de la comercializadora “El TIZNAU”. Fuente y elaboración: Propia.

El nombre “Briquetas de Carbón” fue seleccionado porque permite que el cliente identifique de manera inmediata que se trata de un combustible sólido para uso en parrilladas y cocción a la brasa. Las llamas de fuego incorporadas en el logotipo refuerzan visualmente la idea de calor. Contribuyendo a captar la atención del consumidor y a asociar el producto con un encendido eficiente y una buena potencia calorífica.

7.9.1.3 Presentación del producto

Las briquetas se envasarán en bolsas de papel Kraft de 5 kg, de doble hoja, que aportan resistencia al peso, buena manipulación y una estética rústica–ecológica coherente con la propuesta del producto. En el frente se imprimen el logo, el peso neto, el nombre de la comercializadora y el número de contacto, mientras que en la parte lateral se incluyen las instrucciones de uso y precauciones.

Figura 30

Presentación del Producto para un empaque de 5 kg



Nota: Representación del empaque que será utilizado para la comercialización de las briquetas ecológicas, junto con el diseño propuesto. Fuente y elaboración: Propia

7.9.1.4 Slogan

El slogan “El calor que tus parrilladas necesitan” se seleccionó porque vincula de forma explícita el producto con su principal ocasión de uso: las parrilladas familiares y sociales. La frase resalta el aporte de calor y rendimiento de las briquetas ecológicas, utiliza un lenguaje sencillo y fácil de recordar, y refuerza la idea de confiabilidad del producto al momento de cocinar carnes y otros alimentos a la brasa.

Figura 31*Slogan*

El calor que tus parrilladas necesitan
--

Nota. Slogan propuesto para la nueva línea. Fuente y elaboración: Propia

7.9.2 Estrategias de precio

Tomando como referencia el análisis de la oferta sobre los competidores directos y los cálculos realizados para sacar el costo unitario y el precio de venta del producto, se propone ingresar al mercado con un precio competitivo y estratégico, coherente con los valores identificados tanto en el estudio de mercado como en el análisis financiero de carbón vegetal. En la actualidad, las bolsas de briquetas ecológicas de 5 kg se comercializan en un rango aproximado de 18-20 Bs, variación asociada a factores como la situación económica del país, el prestigio de la marca y su posicionamiento comercial.

se prevé el uso de descuentos especiales de lanzamiento para incentivar la primera compra y consolidar el posicionamiento de la marca. Asimismo, se plantea un esquema de beneficios para clientes fieles, que incluya promociones periódicas, rebajas por volumen y precios preferenciales para canales de distribución y comercializadores, con el objetivo de atraer nuevos socios comerciales y fortalecer la red de venta de las briquetas ecológicas.

7.9.3. Estrategias de plaza (distribución)

La estrategia de plaza combina canales directos e indirectos, apoyándose en la experiencia previa de la comercializadora en la venta de carbón vegetal.

7.9.3.1 Distribución directa

- Venta en el punto físico de la Comercializadora EL TIZNAU (barrio Narciso Campero).

- Atención de pedidos mediante WhatsApp y redes sociales, con entregas a domicilio dentro de la ciudad de Tarija.

7.9.3.2. Distribución indirecta

- Abastecimiento de tiendas de barrio, supermercados y mercados de abasto donde ya se comercializa carbón vegetal.
- Oferta dirigida a carnicerías, pollerías, restaurantes y parrilleras, incorporando las briquetas como complemento al carbón tradicional.

Este enfoque mixto garantiza que el producto llegue a diversos tipos de clientes, adaptándose tanto a quienes prefieren comprar directamente como a aquellos que confían en establecimientos físicos o revendedores. Además, permite fortalecer el posicionamiento de la marca en la ciudad.

7.9.4. Estrategia de promoción

Para posicionar las briquetas ecológicas se plantea una estrategia combinada de empuje (push) hacia los intermediarios y de atracción (pull) hacia el consumidor final.

7.9.4.1 Estrategia de Empuje

- Establecer alianzas comerciales con carnicerías, pollerías, tiendas de barrio y pequeños supermercados, ofreciendo condiciones especiales de compra (precio por volumen, entregas programadas).
- Facilitar material de apoyo en los puntos de venta como ser afiches, habladores, exhibidores simples (canastillos) que resalten los beneficios del producto.
- Implementar descuentos o bonificaciones para clientes mayoristas y revendedores frecuentes.

7.9.4.2. Estrategia de atracción

A través de los canales digitales (Instagram, Facebook, WhatsApp Business, Tik Tok), y de contacto directo con el consumidor, se desarrollarán que despierten las acciones y el deseo de utilizar el producto. Las estrategias previstas son:

- Demostraciones de encendido y duración de brasas.
- Parrilladas reales utilizando las briquetas.
- Testimonios de clientes satisfechos.
- Lanzamiento con promociones temporales (precio especial por introducción, combos carbón + briquetas + sal parrillera).
- Sorteos y dinámicas simples en redes (por ejemplo, “sube la foto de tu parrillada con briquetas El TIZNAU”) para fomentar interacción y recordación de marca.

Figura 32

Afiche promocional de lanzamiento.



Nota: Lanzamiento de promoción. Fuente y elaboración: Propia

7.9.5. Presupuesto de marketing (costos indirectos)

Los siguientes costos corresponden a un estimado mensual destinado a las actividades de marketing para la introducción y posicionamiento de la línea de briquetas ecológicas. Estos gastos se consideran dentro de los costos indirectos y se distribuyen mensualmente en acciones de difusión, promoción y apoyo en punto de venta.

Tabla 41*Costos anuales estimados de marketing*

Artículo	Costo estimado (Bs)
Publicidad en redes sociales	500
Impresión de afiches y material	250
Promociones, sorteos y fidelización de clientes	300
Canastillos exhibidores para puntos de venta (10 canastillos/mes)	2000
Otros gastos	200
TOTAL	3250

Nota: Costos marketing indirectos. Fuente y elaboración: Propia

7.10. Manual de procedimientos

A fin de describir y fijar los lineamientos básicos para la producción de briquetas ecológicas, se elaboró los manuales de procedimientos. Todo este material se incorpora en los anexos (ver anexos 10) que se detallan a continuación:

Manuales de Procedimiento (Operativos):

- Manuales de Procedimiento Recepción e inspección de materia prima. Con su respectivo instructivo. Código: ET – PROD – MP- 001.
- Manuales de Procedimiento Proceso de extrusado. Con su respectivo instructivo. Código: ET – PROD – MP- 002.
- Manuales de Procedimiento Proceso de moladora de martillos. Con su respectivo instructivo. Código: ET – PROD – MP- 003.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS ECONÓMICO

8. Análisis económico

8.1 Inversiones

8.1.1 Inversión en activos fijos

La inversión en activos fijos es clave para el desarrollo y la expansión sostenida tanto de la nueva línea como de la empresa en su conjunto. Estos activos que abarcan terrenos, edificaciones, maquinaria y equipos son compromisos de largo plazo que no solo incrementan la capacidad instalada, sino que también refuerzan la competitividad y mejoran la eficiencia productiva. Al asignar recursos relevantes a activos fijos, la organización fortalece su infraestructura, optimiza sus procesos y consolida una base sólida para el crecimiento futuro.

8.1.1.1 Inversión en maquinarias y equipos

La inversión considera los equipos principales de la línea. Con el fin de optimizar el proceso productivo, se compartirán equipos existentes de la comercializadora por capacidad ociosa (costuradora Siruba AA-6 y balanza digital), por lo que no generan desembolso en este proyecto. En la siguiente tabla se detallan la cantidad, costo unitario de cada maquinaria y equipo.

Tabla 42

Inversión en maquinaria y equipos

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(Bs.)	TOTAL(Bs.)
Molino de martillos	1	35.000	35.000
Mezcladora	1	30.000	30.000
Extrusora	1	130.000	130.000
Secadora	1	220.000	220.000
Tablero eléctrico	1	12.000	12.000
Estantería metálica	4	600	2.400
Canastillos	4	150	600
Medidor de humedad	1	3.500	3.500
Total (Bs.)			433.500

Nota: Inversión en maquinaria necesaria para la línea. Fuente y elaboración: Propia

8.1.1.2 Inversión en terreno

Al contar con un espacio disponible ya habilitado dentro de la empresa, no se considera un monto en este componente de la inversión. La superficie útil asignada para la nueva línea es de 65,5 m², suficiente para la instalación de equipos y la disposición del proceso. En consecuencia, el terreno se reconoce como activo existente.

8.1.1.3 Inversión en construcción e instalaciones

La inversión en obra civil, comprende únicamente las adecuaciones mínimas necesarias para habilitar el flujo de materiales y personal. En específico, se ejecutará la demolición controlada de un tramo de pared para la apertura, la colocación de una puerta de aluminio con su respectivo marco y umbral, y las terminaciones asociadas. Se considerará el ajuste de un punto de instalación de agua potable y red eléctrica (Trifásica). Estos trabajos se realizarán mediante la contratación de un albañil y plomero.

Tabla 43

Inversión en construcción e instalaciones

OBRAS FINAS				
DETALLE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO(BS)	CANTIDAD	TOTAL (BS)
Tinglado metálico	G1	50.000	1	50.000
Puerta de aluminio	m2	770	1	770
Sub Total				50.770
INSTALACIONES				
Instalación agua potable	G1	1.400	1	1.400
Instalación red trifásica	G1	3.000	1	3.000
Sub Total				4.400
Total, de inversión de construcción (Bs)				55.170

Nota. Instalaciones requeridas para la línea. Fuente y elaboración: Propia

8.1.1.4 Inversión en mobiliario

La inversión en mobiliario incluye los elementos necesarios para esta línea. Dado que el área administrativa ya se encuentra establecida, no se consideran en este listado los muebles correspondientes a dicha área.

Tabla 44

Inversión en mobiliario

Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total(bs.)
Basurero	2	20	40
Escoba	2	15	30
Trapeador	1	15	15
Extintor 6kg	1	500	500
Total (Bs.)			585

Nota. Inversiones adicionales. Fuente y elaboración: Propia

8.1.2 Inversiones en activos diferidos

En el siguiente cuadro se presentan las inversiones en activos diferidos. Se considera que, con la implementación de la nueva línea de briquetas, la comercializadora superará el límite de producción de la categoría E de la ABT, por lo que será necesario subir de categoría y tramitar el registro correspondiente en SEPREC e Impuestos Nacionales. Estos costos se capitalizan como activos diferidos y se amortizan en el tiempo, al estar vinculados al funcionamiento formal de la nueva línea de producción.

Tabla 45

Inversión en activos diferidos

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
Estudio del proyecto	Gbl	1	4.000	4.000
Capacitación Maquinarias y equipos	Gbl	1	5.000	5.000
Capacitación Seguridad e higiene industrial	Gbl	1	2.000	2.000
Registro Seprec y NIT	Gbl	1	600	600
Registro ABT	Gbl	1	1.000	1.000
Capacitación de procesos	Gbl	1	3.000	3.000
Pruebas pilotos	Gbl	1	7.000	7.000
Total (Bs.)				22600

Nota. Compra necesaria de materia prima para cada año. Fuente y elaboración: Propia

Tabla 46*Resumen del total de inversiones en activos*

Descripción	Costo (bs)
Activos fijos	489.255
Activos diferidos	22.600
Capital de trabajo	83.633
Total (Bs.) de activos	595.488

Nota. Suma del total de las inversiones. Fuente y elaboración: Propia

8.1.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde a los recursos económicos necesarios para iniciar y sostener la fase operativa del proyecto durante un ciclo productivo. Incluye los costos variables asociados a la producción, tales como mano de obra, materia prima, insumos y gastos indirectos vinculados al proceso, entre ellos esta:

- Costos diferenciales de la mano de obra para la producción de la línea.

Se contará con personal eventual que trabajará los días jueves y viernes, con un salario de Bs. 100 por jornada de 8 horas. Considerando una jornada por lote y 8 lotes por mes, se obtienen los costos mensuales de mano de obra directa que se presentan en el cuadro correspondiente.

Tabla 47*Costos diferenciales de la mano de obra para la producción de la línea*

Detalle	N° personal	Sueldo por jornada	Jornada por lote	Jornada por mes	Sueldo (Bs/mes)	Sueldo (Bs/año)
Operador de línea de producción	3	100	2	8	1.600	38.400
Empaquetador	2	100	2	8	1.600	25.600
Jefe de producción	1	170	2	8	2.240	17.920
Total (Bs.)						81.920

Nota. Pagos eventuales de la mano de obra directa dependientes de la cantidad a producirse. Fuente y elaboración: Propia

➤ Costos de Mano de obra indirecta

El personal de limpieza será el único cargo adicional que se contratará con salario fijo, desempeñando sus funciones en un turno parcial (medio turno) de manera diaria durante todo el mes. Este puesto es el único requerido debido a que la empresa ya cuenta con personal establecido para las áreas administrativas.

Tabla 48

Costos mano de obra indirecta

Detalle	N° Personal	Sueldo (Bs/Mes)	Sueldo (Bs/Año)
Personal de limpieza	1	1225	14.700
Total (Bs.)			14.700

Nota. Pagos mensuales fijos. Fuente y elaboración: Propia

➤ Materia prima e insumos

En el siguiente cuadro se muestran los costos de materia prima e insumos necesarios para la producción: cantidades por lote, consumo mensual estimado, precios unitarios que están en bolivianos por toneladas y subtotales. Esta estructura permite calcular el costo total asociado a la operación de la línea y la cantidad de empaques que serán necesarios para el embolsado de 5 kg de briquetas ecológicas

Tabla 49

Costos variables de materia prima

Materia Prima e Insumos	Unidad	Cantidad (Unid. /año)	Costo Unitario (Bs/tn)	Costo (Bs/Año)
Residuos de carbón	Tn	52,44	400	20.976
Almidón de yuca	Tn	10,54	10.000	105.400
Agua	m3	31,62	30	949
Iniciador de fuego	Unid.	21.080	0,30	6.324
Empaque	Unid.	21.080	3,15	66.402
Total				200.051

Nota. Costos que varían de acuerdo a la producción. Fuente y elaboración: Propia

Para calcular el capital de trabajo primero se debe realizar la suma de costos fijos más costos variables del primer año de funcionamiento, esto permite saber el costo total de producción anual.

➤ Otros costos

En estos costos se toma en cuenta los servicios básicos y combustible necesario para la producción de briquetas ecológicas.

Tabla 50
Otros costos

Detalle	Costo Anual (Bs/Año)
Energía Eléctrica	4.500
Agua	3.000
Mantenimiento	2.500
Combustible	1.500
Total	11.500

Nota. Otros costos. Fuente y elaboración: Propia

Para calcular el capital de trabajo, primero se debe realizar la suma de los costos fijos y los costos variables correspondientes al primer año de funcionamiento, lo que permite determinar el costo total de producción anual.

De la siguiente manera se calculó el capital de trabajo con la siguiente fórmula:

$$CT = \frac{\text{Costo total anual}}{365} \times N^{\circ} \text{ días ciclo productivo}$$

El número de días de ciclo productivo es de 96 días

$$CT = \frac{317.980}{365} \times 96 = 83.633Bs$$

Para el primer año se tiene un capital de trabajo de 83.633Bs, el cual será necesario para cubrir el primer ciclo productivo del primer año, contabilizando los ciclos productivos que se generaran al año.

8.2 Determinación de costos e ingresos

8.2.1 Costos variables

En los siguientes cuadros se presentan los costos variables, entendidos como aquellos que cambian con el volumen de producción (bienes y servicios). Para la línea de briquetas comprenden la materia prima el polvillo, almidón y agua, materiales de empaque y la mano de obra directa proporcional al ritmo de trabajo; cuando corresponda por política comercial, se incluye el gasto variable de canal. Los precios y consumos se dejan de acuerdo a cotizaciones reales. La empresa dispondrá durante cada año una cantidad de 10,8 tn de residuos, lo que cubre el 17,08% para el primer año del costo de materia prima de residuos requerido para la producción de las briquetas ecológicas; el 82,92% restante se abastecerá mediante compra a terceros con un precio de 10 Bs por un quintal de 25kg para el primer año.

Tabla 51

Cantidad necesaria para la compra de residuos de carbón

Años	Requerimiento de residuos de carbón (Tn)	Compra de residuos de carbón del (Tn)
2026	63,24	52,44
2027	80,04	69,24
2028	97,27	86,47
2029	114,91	104,11
2030	132,96	122,16
2031	151,47	140,67
2032	170,46	159,66
2033	189,82	179,02
2034	209,74	198,94
2035	230,10	219,30

Nota. La empresa genera 17,08% de los residuos que se requerirá para cubrir la demanda planificada y el otro 82,92% se deberá comprar para el primer año de operación. Fuente y elaboración: Propia

Tabla 52*Costos variables*

Detalle/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Residuos de carbón	20.976	27.696	20.976	41.645	48.864	56.268	63.864	71.606	79.574	87.720
Almidón de yuca	105.400	133.400	162.120	191.520	221.600	252.450	284.100	316.360	349.560	383.500
Agua	949	1.201	1.459	1.724	1.994	2.272	2.557	2.847	3.146	3.452
Energía Eléctrica	6.558	8.300	10.087	11.917	13.788	15.708	17.677	19.684	21.750	23.862
Iniciador de fuego	6.324	8.004	9.727	11.491	13.296	15.147	17.046	18.982	20.974	23.010
Empaque	66.402	84.042	102.136	120.658	139.608	159.044	178.983	199.307	220.223	241.605
Mano de obra directa	81.920	103.682	126.004	148.855	172.234	196.212	220.811	245.884	271.688	298.068
TOTAL	288.530	366.327	432.513	527.813	611.390	697.106	785.045	874.679	966.924	1.061.226

Nota. Se refleja un costo Elevado del almidón de yuca, se aconseja buscar proveedores que oferten un bajo costo de este insumo necesario para la elaboración de las briquetas ecológicas. Fuente y elaboración: Propia

8.2.2 Costos fijos

Se presentan los costos fijos entendidos como aquellos desembolsos que la empresa debe cubrir independientemente del volumen producido. En el siguiente cuadro se observa el costo de cada ítem.

Tabla 53

COSTOS FIJOS										
Detalle/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agua	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Energía Eléctrica	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
Mantenimiento	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Combustible	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Mano de obra indirecta	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700
TOTAL	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200	26.200

Costos fijos

Nota. Los costos se mantendrán iguales al pasar los años. Fuente y elaboración: Propia

Tabla 54

Costos indirectos de marketing

Detalle/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Marketing	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
TOTAL	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250

Nota: Costos que cubrirán la parte las estrategias de promoción. Fuente y elaboración: Propia

Tabla 55*Resumen de los costos totales*

Detalle	Costo Anual (Bs/Año)
Costos fijos	29.450
Costos variables	288.530
Total	317.980

Nota. Total, de la suma de los costos. Fuente y elaboración: Propia

8.2.3 Depreciación de activos fijos

La depreciación de los activos fijos, tales como la maquinaria de proceso, equipo de envasado, instalaciones y mobiliario, representa el reconocimiento contable del desgaste y pérdida de valor por su uso. Mediante este cargo se distribuye el costo de los activos a lo largo de su vida útil, reflejando de forma prudente el consumo de capacidad en los estados financieros. Para efectos del proyecto se empleará el método lineal, con vidas útiles según la naturaleza del bien, su efecto se evidencia en el Estado de Resultados y en los cuadros de depreciación anual por activo.

Tabla 56*Depreciación de activos fijos*

Ítem	Monto (Bs.)	Vida útil (años)	Depreciación anual (Bs./año)	Valor residual (Bs.)
Terreno	0	0	0	
Construcción	55.170	15	3.678	18.390
Muebles y enseres	585	5	49	-
Maquinaria	433.500	12	36.125	72.250
Total	489.255		39.852	90.640

Nota. El valor residual se recuperará en el último año del proyecto y elaboración: Propia

La depreciación de los activos fijos, tales como la maquinaria de proceso, equipo de envasado, instalaciones y mobiliario, representa el reconocimiento contable del desgaste y pérdida de valor por su uso. Mediante este cargo se distribuye el costo de los activos a lo largo de su vida útil, reflejando de forma prudente el consumo de capacidad en los estados financieros. Para efectos del proyecto se empleará el método

lineal, con vidas útiles según la naturaleza del bien, su efecto se evidencia en el Estado de Resultados y en los cuadros de depreciación anual por activo.

8.2.4 Amortización de activos diferidos

Tabla 57

Amortización de activos diferidos

Descripción	Monto (Bs.)	Vida útil (años)	Amortización anual (Bs/año)
Estudio del proyecto	4.000	5	800
Capacitación Maquinarias y equipos	5.000	5	1.000
Capacitación Seguridad e higiene industrial	2.000	5	400
Registro SEPREC y NIT	600	5	120
Registro ABT	1.000	5	200
Capacitación de procesos	3.000	5	600
Pruebas pilotos	7.000	5	1.400
Total	22.600		4.520

Nota. La amortización se recuperará el 5to año. Fuente y elaboración: Propia

En el cuadro anterior se refleja la amortización de activos diferidos como ser; licencias, registros, capacitaciones y otros gastos previos a la operación, los cuales fueron distribuidos de forma proporcional y sistemática el valor de estas inversiones durante el período en que generan beneficios.

8.2.5 Determinación del costo y precio del producto

8.2.5.1 Costo unitario

En la determinación del costo unitario del empaque de 5 kg de briquetas ecológicas se tomarán en cuenta los costos variables que se encuentran en la tabla 52 y los costos fijos de la Tabla 53 ya calculados previamente.

$$Cu = \frac{\text{Costo fijo} + \text{Costo variable}}{\text{Cantidad}}$$

Datos:

- **C.F:** 29.450 Bs
- **C.V.:** 288.530 Bs
- **Q:** 21.080 Unidad de paquetes de 5 kg

$$C_u = \frac{29.450 + 288.530}{21.080} = \mathbf{15,08 \text{ Bs}}$$

Tabla 58*Costo unitario del producto*

Año	Costo unitario (Bs)
2026	15,08
2027	14,83
2028	14,25
2029	14,55
2030	14,46
2031	14,39
2032	14,33
2033	14,29
2034	14,25
2035	14,22

Nota. Lo que le costara producir cada empaque de 5 kg. Fuente y elaboración: Propia

En el primer año, la producción de briquetas ecológicas alcanzará 21.080 empaques de 5 kg, por lo que el costo unitario es de 15,08 Bs por empaque. En los años siguientes, el mayor volumen de producción permitirá distribuir mejor los costos, ocasionando una reducción progresiva del costo unitario debido a los costos fijos que no incrementan sus costos con el transcurso del tiempo, tal como se muestra en el anterior cuadro

8.2.5.2 Precio unitario

El precio unitario de las briquetas ecológicas se definió aplicando un margen de utilidad del 18 % sobre el costo de producción unitario (15,08 Bs), de acuerdo con la política comercial de la empresa, por lo tanto, se utiliza la siguiente fórmula para determinar este en el primer año

$$\text{Precio de venta} = \frac{\text{Costo de producción}}{1 - \% \text{ Utilidad}}$$

Datos:

- C.P = 15,08
- % Utilidad = 18%

$$\text{Precio de venta} = \frac{15,08}{1 - 18\%} = \mathbf{18,40}$$

Por estrategia comercial y para mantener un precio competitivo frente a otras briquetas y al carbón vegetal, el precio de venta se ajusta a 18 Bs por bolsa de 5 kg, valor que se mantiene constante durante los primeros cinco años del horizonte de evaluación, facilitando el posicionamiento del producto en el mercado.

A partir del sexto año, se considera un reajuste moderado entre 5 a 10 % sobre el precio de venta, con el fin de prevenir posibles inestabilidades, como el posible incremento en los costos de insumos y servicios (empaquete, energía, mano de obra) y la evolución de los precios de las carnes que condicionan el consumo de carbón y briquetas, garantizando la sostenibilidad económica de la línea sin perder competitividad.

Tabla 59

Precio unitario del producto

Año	Precio unitario (Bs/año)
2026	18
2027	18
2028	18
2029	18
2030	18
2031	19
2032	19
2033	19
2034	19
2035	19

Nota. Precio para la venta de la bolsa de 5 kg de briquetas. Fuente y elaboración: Propia

8.2.6 Proyección de los ingresos

Los ingresos por ventas de briquetas ecológicas se estiman a partir de la cobertura de mercado que se espera alcanzar con la línea, partiendo de una participación inicial baja y aumentando de forma progresiva a medida que el producto se posiciona en el mercado local. La cantidad de empaques vendidos por año se obtiene de aplicar estos niveles de cobertura a la demanda por el precio unitario de 18 Bs por empaque de 5 kg.

A continuación, se presenta el cuadro de proyecciones de ingresos

Tabla 60

Ingresos anuales

Año	Cantidad Empaques de 5 kg (Unid)	Ingresos (Bs/año)
2026	21.080	379.440
2027	23.104	480.240
2028	25.182	583.632
2029	27.306	689.472
2030	29.472	797.760
2031	31.696	908.820
2032	33.978	1.022.760
2033	36.296	1.138.896
2034	38.684	1.258.416
2035	41.124	1.380.600

Nota. Ingresos obtenidos de la venta de las bolsas de 5 kg. Fuente y elaboración: Propia

8.2.7 Determinación del punto de equilibrio

El punto de equilibrio indica el nivel mínimo de ventas y producción a partir del cual la línea cubre todos sus costos sin pérdidas ni utilidades. Para la línea de briquetas para un empaque de 5 kg, se calcula con base a los siguientes datos:

Datos:

- Costos fijos = 29.450 Bs
- Costos variables = 288.530Bs
- Ingresos = 379.440 Bs
- Precio de venta por paquete de 5 kg = 18 Bs

- Costo variable por unidad = 15,08 Bs

Con los datos anteriores, se procedió a calcular el punto de equilibrio en sus tres expresiones: monetario (Bs), en unidades (bolsas de 5 kg) y porcentual sobre las ventas proyectadas, aplicando las siguientes fórmulas:

$$PE(\text{Bs}) = \frac{29.450}{\left(1 - \frac{288.530}{379.440}\right)} = 122.918 \text{ Bs}$$

$$PE(\%) = \frac{29.450}{(379.440 - 288.530)} \times 100 = 32,39 \%$$

$$PE = \frac{29.450}{(18 - 15,08)} = 10.086 \text{ Empaques de 5 kg}$$

Para no tener pérdidas ni ganancias en la línea de briquetas ecológicas para el empaque de 5 kg, se debe vender 10.086 empaques al año, o cubrir el 32,39 % de las ventas totales esperadas, o generar al menos 122.918 Bs en ventas para no incurrir en pérdidas y mantenerse en el punto medio donde no existirá ni ganancias ni perdidas en este punto.

8.3 Evaluación financiera

8.3.1. Estructura de financiamiento del Proyecto

El financiamiento del proyecto resulta esencial para cubrir la inversión inicial en activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo. Para ello, se plantea una estructura que combina recursos propios y crédito bancario.

8.3.1.1 Fuentes de financiamiento externo

Dada la magnitud de la inversión requerida para la implementación de la nueva línea de briquetas ecológicas, se recurrirá al sistema bancario privado, específicamente al Banco Ganadero S.A., mediante un crédito de inversión productiva. Esta fuente externa

permitirá cubrir el 60 % de la inversión total, equivalente a 357.293 Bs sobre un monto global de 595.488 Bs.

8.3.1.2 Fuentes de financiamiento interno

El 40 % restante de la inversión total, correspondiente a Bs 238.195, será financiado con recursos propios de la empresa, principalmente a través de aportes de los socios y de la reinversión de utilidades generadas por la comercialización.

8.3.1.3. Condiciones

El requerimiento de capital externo corresponde al 60 % de la inversión total del proyecto. El crédito productivo será gestionado con el Banco Ganadero S.A., bajo un plazo de 8 años y una tasa de interés anual del 11,60 %. La amortización del préstamo se calculará mediante el método francés, con cuotas anuales constantes y sin periodo de gracia, de modo que la deuda se inicie desde el primer año de operación del proyecto.

Tabla 61

Plan de cuentas

Año	Interés	Amortización	Cuota	Saldo Deudor
0				357.292,82
1	41.445,97	29.475,85	70.921,81	327.816,97
2	38.026,77	32.895,04	70.921,81	294.921,93
3	34.210,94	36.710,87	70.921,81	258.211,06
4	29.952,48	40.969,33	70.921,81	217.241,73
5	25.200,04	45.721,77	70.921,81	171.519,96
6	19.896,32	51.025,50	70.921,81	120.494,47
7	13.977,36	56.944,45	70.921,81	63.550,01
8	7.371,80	63.550,01	70.921,81	0,00

Nota: Plan de cuentas para el pago del financiamiento. Fuente y elaboración: Propia.

8.3.2 Tasa de oportunidad

La tasa de oportunidad es la rentabilidad mínima que la empresa exige para invertir sus recursos en este proyecto, considerando el riesgo y las alternativas disponibles. Dado que el proyecto se financia con aporte propio, se adopta como tasa de descuento el costo de oportunidad del capital propio, fijado en 13%. Esta tasa se utiliza para llevar a valor presente los flujos del proyecto y no depende del origen del dinero, sino del rendimiento mínimo requerido para aceptar la inversión.

8.3.3 Configuración del flujo de caja

El flujo de caja del proyecto se calcula para un horizonte de 10 años, considerando el año 0 como etapa de inversión y los años 1–10 como periodo de operación de la Línea 2. Dado que, con la implementación de esta línea, la empresa dejará de tributar en la ABT como categoría E y deberá registrarse en SEPREC y en el Servicio de Impuestos Nacionales dentro del Régimen General, en la proyección se incorporan expresamente los efectos de los impuestos: IVA 13 % crédito y débito fiscales e IUE 25 % sobre la utilidad antes de impuestos.

Para la evaluación se utiliza una tasa de descuento del 13 % como tasa de oportunidad del capital, coherente con el riesgo de una empresa familiar de pequeña–mediana. Bajo esta configuración, el proyecto genera flujos de caja positivos desde el primer año, con una tendencia creciente a lo largo del horizonte de análisis.

En el siguiente cuadro se detalla los cálculos del flujo de caja.

Tabla 62*Flujo de caja*

Nota: De acuerdo al flujo de caja para 10 años, se tiene que, a partir del segundo año ya se podría percibir ganancias.

Concepto / Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso x ventas		379.440	480.240	583.632	689.472	797.760	908.820	1.022.760	1.138.896	1.258.416	1.380.600
Costos variables		288.530	366.327	432.513	527.813	611.390	697.106	785.045	874.679	966.924	1.061.226
Costos fijos		29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450
Crédito Fiscal (13%)		41.337	51.451	60.055	72.444	83.309	94.452	105.884	117.537	129.529	141.788
Débito Fiscal (13%)		49.327	62.431	75.872	89.631	103.709	118.147	132.959	148.056	163.594	179.478
Depreciación de Act. Fijos		39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862
Amortización de Act. Diferidos		4.520	4.520	4.520	4.520	4.520	0	0	0	0	0
Gastos financieros		41.446	38.027	34.211	29.952	25.200	19.896	13.977	7.372	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		-32.358	-8.926	27.259	40.687	66.939	98.811	127.351	157.014	188.114	212.372
Impuestos (25%)		0	0	6.815	10.172	16.735	24.703	31.838	39.253	47.029	53.093
UTILIDAD DESP. IMPUESTOS		-32.358	-8.926	20.445	30.516	50.204	74.109	95.513	117.760	141.086	159.279
Depreciación de Act. Fijos		39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862
Amortización de Act. Diferidos		4.520	4.520	4.520	4.520	4.520	0	0	0	0	0
Inversión en Act. Fijos y Diferidos	511.855										
Capital de Trabajo	83.633										
Valor Residual											90.640
Recuperación de Capital de Trabajo											83.633
Préstamo	357.293										
Amortización del préstamo		29.476	32.895	36.711	40.969	45.722	51.025	56.944	63.550	0	0
FLUJO DE CAJA NETO	-238.195	-49.809	-6.366	62.190	84.787	132.537	186.459	237.620	290.339	416.090	638.879
FLUJO ACTUALIZADO	-238.195	-44.079	-4.985	43.101	52.002	71.936	89.560	101.003	109.214	138.510	188.206
FLUJO ACT. ACUMULADO	-238.195	-282.274	-287.260	-244.159	-192.157	-120.221	-30.661	70.341	179.555	318.066	506.272

8.3.4 Estado de resultados

El estado de resultados proporciona información detallada sobre cómo se generan utilidades o se incurren en pérdidas en la empresa, para la línea de briquetas ecológicas; también se conoce como estado de pérdidas y ganancias.

Tabla 63

Estado d resultados

CONCEPTO / DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas	379.440	480.240	583.632	689.472	797.760	908.820	1.022.760	1.138.896	1.258.416	1.380.600
Costos Variables	288.530	366.327	432.513	527.813	611.390	697.106	785.045	874.679	966.924	1.061.226
UTILIDAD BRUTA	90.910	113.913	151.119	161.659	186.370	211.714	237.715	264.217	291.492	319.374
Costos Fijos	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450
UTILIDAD SOBRE EL FLUJO	61.460	84.463	121.669	132.209	156.920	182.264	208.265	234.767	262.042	289.924
Depreciación de AF	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862
Amortización de AD	4.520	4.520	4.520	4.520	4.520	0	0	0	0	0
UTILIDAD OPERATIVA	17.078	40.081	77.287	87.827	112.538	142.402	168.403	194.905	222.180	250.062
Gastos financieros	41.446	38.027	34.211	29.952	25.200	19.896	13.977	7.372	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	-24.368	2.054	43.076	57.875	87.338	122.506	154.426	187.533	222.180	250.062
Imp. A las Utilidades (25%)	0	513	10.769	14.469	21.835	30.626	38.606	46.883	55.545	62.515
UTILIDAD DESP. IMPUESTOS	-24.368	1.540	32.307	43.406	65.504	91.879	115.819	140.650	166.635	187.546

Nota: Presenta las utilidades de la nueva línea de briquetas ecológicas durante los 10 años. Fuente y elaboración propia.

8.3.5 Estado de fuentes y usos

El estado de fuentes y usos permite identificar de dónde provendrán los recursos financieros (fuentes) y cómo cuales será los (usos) en la ejecución del Proyecto de briquetas ecológicas.

Tabla 64

Estado de fuentes y usos

Concepto / Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FUENTES											
Aporte propio	595.488										
Préstamo bancario	357.293										
Crédito Fiscal		41.337	51.451	60.055	72.444	83.309	94.452	105.884	117.537	129.529	141.788
Depreciación de Act. Fijos		39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862	39.862
Amortización de Act. Diferidos		4.520	4.520	4.520	4.520	4.520	0	0	0	0	0
UTILIDAD DESP. IMPUESTOS		-32.358	-8.926	20.445	30.516	50.204	74.109	95.513	117.760	141.086	159.279
Ingreso x ventas		379.440	480.240	583.632	689.472	797.760	908.820	1.022.760	1.138.896	1.258.416	1.380.600
Valor Residual											90.640
Recuperación de Capital de Trabajo											83.633
TOTAL, FUENTES	952.781	432.802	567.147	708.514	836.814	975.655	1.117.243	1.264.020	1.414.055	1.568.892	1.895.802
Inversión en Act. Fijos y Diferidos	511.855										
Capital de Trabajo	83.633										
Debito Fiscal		49.327	62.431	75.872	89.631	103.709	118.147	132.959	148.056	163.594	179.478
Costos variables de producción		288.530	366.327	432.513	527.813	611.390	697.106	785.045	874.679	966.924	1.061.226
Costos fijos		29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450	29.450
Impuestos (25%)		0	0	6.815	10.172	16.735	24.703	31.838	39.253	47.029	53.093
Gastos Financieros		41.446	38.027	34.211	29.952	25.200	19.896	13.977	7.372	0	0
Amortización del crédito		29.476	32.895	36.711	40.969	45.722	51.025	56.944	63.550	0	0
TOTAL, USOS	595.488	438.229	529.130	615.572	727.988	832.205	940.327	1.050.213	1.162.361	1.206.997	1.323.247
SALDO DEL PERIODO	357.293	-5.427	38.016	92.942	108.826	143.450	176.916	213.806	251.694	361.895	572.555
SALDO ACUMULADO	0	-5.427	32.589	125.531	234.357	377.807	554.722	768.529	1.020.223	1.382.119	1.954.673

Nota: Estado de fuentes y usos más su saldo por cada periodo y el saldo acumulado. Elaboración y fuente: Propia

8.3.6 Indicadores de evaluación

8.3.6.1. Valor actualizado neto

Con los cálculos realizados en el flujo de caja para la obtención de este indicador, el cual dio como resultado:

$$\text{VAN} = 506.272 \text{ BS}$$

Valor que refleja viabilidad económica del proyecto, asegurando que se obtendrán ganancias. Se aconseja la inversión en el mismo.

8.3.6.2. Tasa interna de rendimiento

Para la tasa interna de retorno de la nueva línea de briquetas ecológicas se tiene un valor calculado de:

$$\text{TIR} = 31\%$$

Lo que por interpretación podemos entender como: rentabilidad de la nueva línea, puesto que supera a la tasa de oportunidad aplicable.

8.3.6.3. Relación beneficio costo

En cuanto al valor calculado para el este indicador se tiene valores de:

$$\text{RBC} = 2,76$$

Si la $\text{RBC} > 1$, indica que los beneficios superan los costos, por lo tanto, la nueva línea de producto debe ser considerada, puesto que se ganaría 1,76 Bs. por cada 1 Bs. invertido, recuperando el 1 Bs. Invertido.

8.3.6.4. Periodo de recuperación de capital

Efectuadas las operaciones para el payback, se determina que la inversión se recupera:

En 6 años, 8 meses y 10 días

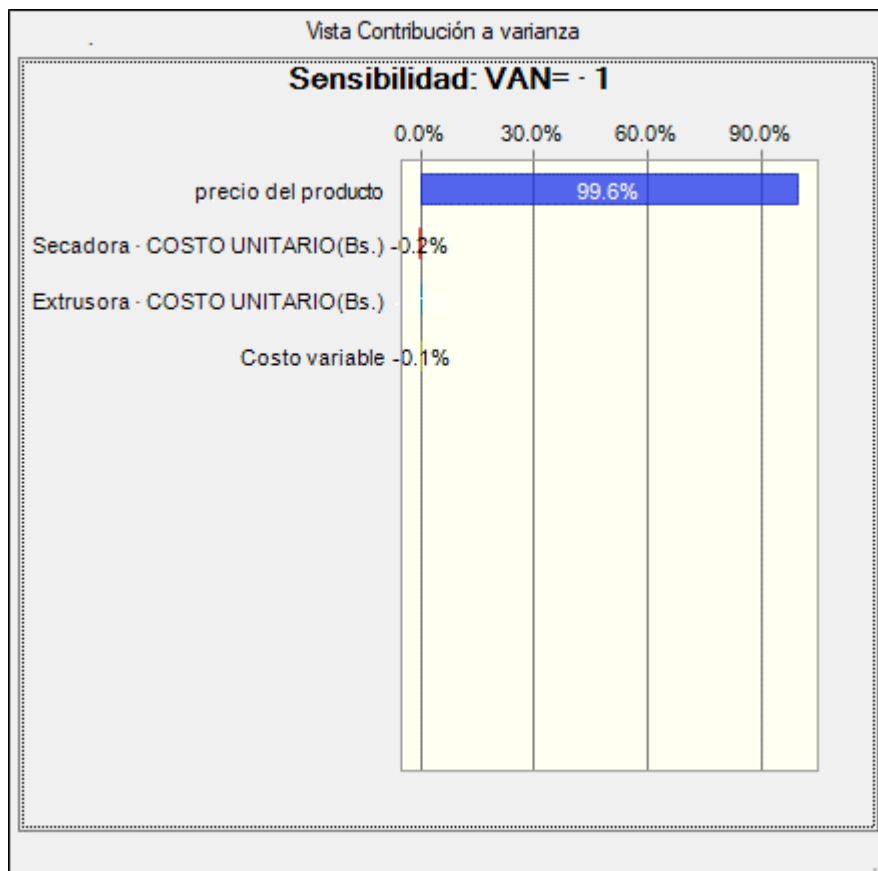
Se recupera el capital después de la mitad del horizonte de 10 años, lo que muestra un tiempo de retorno regulable para los inversionistas.

8.3.7 Análisis de sensibilidad

Para evaluar la robustez financiera del proyecto frente a cambios en sus principales supuestos, se realizó un análisis de sensibilidad del VAN mediante el software Crystal Ball, ejecutando 50.000 simulaciones. Se consideraron como variables críticas el precio de venta de la bolsa de 5 kg, el costo unitario de la secadora, el costo unitario de la extrusora y los costos variables unitarios. En los siguientes gráficos se demuestras las pruebas realizadas:

Figura 33

Gráfico de sensibilidad (Crystal Ball)



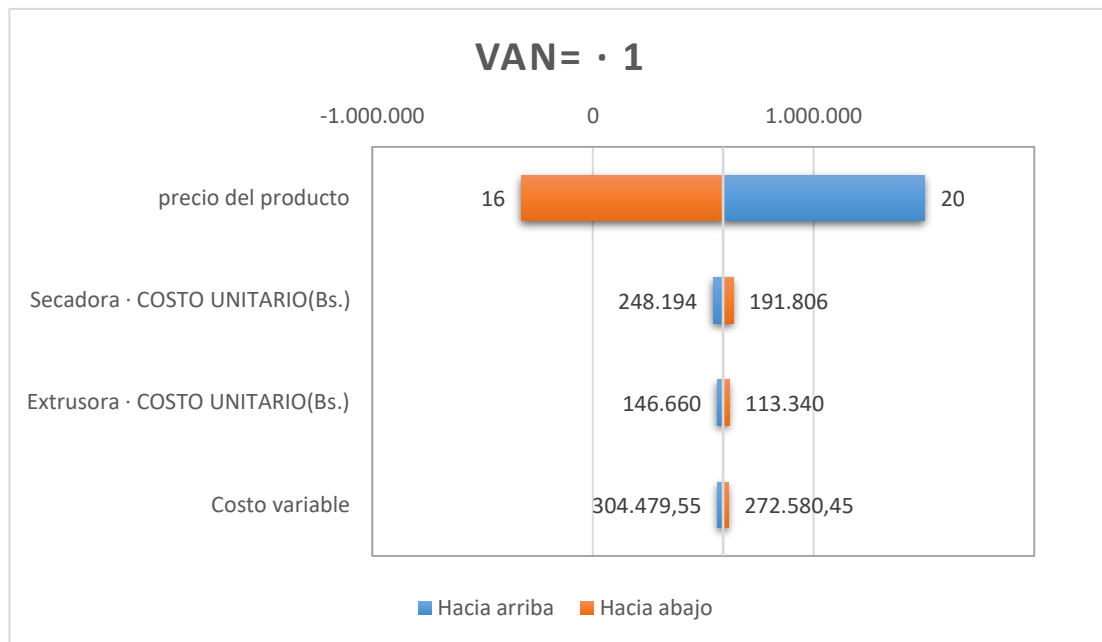
Nota: El precio es altamente sensible frente a las demás variables. Fuente y elaboración propia.

8.3.7.1 Diagrama de tornado

En el siguiente diagrama de tornado presenta el efecto de modificar cada variable dentro del rango definido para el análisis. Para el precio de venta se evaluó un intervalo entre 16 y 20 Bs por bolsa de 5 kg (precio base: 18 Bs). La barra asociada al precio muestra que, cuando este se aproxima al límite inferior de 16 Bs, el VAN disminuye de manera importante y se acerca al punto de equilibrio, mientras que al aumentar hacia 20 Bs el VAN se incrementa significativamente, reforzando la rentabilidad del proyecto.

Figura 34

Gráfico del tornado



Nota: El precio puede llegar a bajar hasta 16 para no tener pérdidas el VAN. Fuente y elaboración: Propia

CAPITULO IX
CONCLUSIONES,
RECOMENDACIONES Y
BIBLIOGRAFIA

9.1. CONCLUSIONES

- Se confirmó que la empresa El TIZNAU dispone de espacio físico suficiente para instalar la línea de briquetas ecológicas sin interrumpir la operación actual de fraccionamiento y envasado de carbón vegetal. Esto permite aprovechar la infraestructura existente, evitar costos de relocalización y organizar la nueva Línea 2.
- Se verificó una merma promedio de 1,25 kg por cada saco de 25 kg (equivalente al 5 %) en forma de trozos pequeños de carbón vegetal. Este material, que antes representaba una pérdida económica y un problema de manejo de residuos, pasa a constituirse en insumo directo para la nueva línea de briquetas, respaldando la factibilidad operativa del proyecto y generando valor agregado al transformar residuos en un producto comercializable.
- El estudio de mercado evidenció interés de compra en hogares con jefes de familia de 30 años o más, que utilizan combustibles sólidos y valoran especialmente el rendimiento, la duración y la estabilidad térmica del combustible. Sobre la base de estos resultados se identificó un mercado disponible y, bajo un criterio prudente, se consideró una participación inicial del 4 % del mercado total en 2026, proyectando un incremento de 1 % adicional por año, lo que muestra un potencial de crecimiento gradual y sostenido del producto en el mercado local.
- En la fase experimental se demostró que la formulación compuesta por 60 % polvillo de carbón vegetal, 30 % almidón de yuca y 10 % agua constituye la mezcla óptima para elaborar briquetas ecológicas. Esta formulación cumple con los parámetros de resistencia mecánica, compactación, contenido de humedad y estabilidad dimensional, asegurando que el producto sea manipulable, resistente al transporte y adecuado para un proceso de producción a pequeña–mediana escala.
- Se identificó al prototipo ganador mediante la combinación de pruebas cuantitativas y cualitativas. En la parte cuantitativa se evaluaron la presión de

compactación, la resistencia mecánica y el comportamiento térmico (curvas de combustión); en la parte cualitativa, un panel de expertos calificó la textura, compactación y humedad de las briquetas. A partir de estos criterios se seleccionó el prototipo 3, que presentó el mejor balance entre resistencia, estabilidad y rendimiento térmico.

- Se verificó que una mayor compactación favorece la cohesión de partículas, reduce la tasa de consumo y prolonga la entrega de calor, mientras que una compactación menor acelera el consumo de la briketa y acorta su tiempo útil de combustión. Esta relación confirma que el control de la presión de prensado y de la consistencia de la mezcla es un factor crítico para asegurar la calidad y el desempeño térmico del producto final.
- Las pruebas comparativas de combustión, realizadas a igual masa de combustible, mostraron que la briketa ecológica del prototipo 3 ganador alcanza un tiempo de aporte térmico de aproximadamente 240 minutos, frente a los 160 minutos del carbón vegetal tradicional. Aunque las briquetas requieren un encendido más lento y presentan un pico térmico algo menor, este comportamiento propio se debe a una mayor compactación que se compensa con una entrega de calor más prolongada y uniforme, lo que mejora el rendimiento.
- La maquinaria requerida para la implementación del proyecto está compuesta por un molino de martillos, una mezcladora, una extrusora y una secadora, que conforman los activos fijos esenciales para la fabricación de las briquetas ecológicas. Adicionalmente, se requiere la instalación de un tinglado metálico para proteger el área de producción de la lluvia y la intemperie, asegurando condiciones adecuadas de trabajo.
- En el análisis económico se consideró un precio de venta de 18 Bs por empaque de 5 kg, evidenció resultados favorables para la implementación de la línea de producción. Se obtuvo una TIR de 31 %, un VAN de 560.272 Bs y una Relación Beneficio–Costo (RBC) de 2,76 indicadores que superan ampliamente la tasa

de oportunidad asumida y demuestran la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto en las condiciones planteadas.

9.2. RECOMENDACIONES

- Implementar una línea de briquetas ecológicas, sustentada en el conocimiento técnico de sus beneficios, beneficiará a la empresa al fortalecer su posicionamiento en el mercado; sus clientes potenciales contarán con una opción más económica y rendidora, que cuida el presupuesto del consumidor y de las familias.
- Se recomienda construir una prensa hidráulica con gata invertida para realizar pruebas de compactación de manera consistente, asimismo medir con precisión las proporciones de almidón, ya que un exceso puede provocar deformaciones o fisuras durante el secado en horno.
- Al adquirir nueva maquinaria, es aconsejable incluir años adicionales de garantía y establecer un monitoreo técnico de desempeño y mantenimiento, a fin de reducir paradas no planificadas y proteger la inversión realizada en la ampliación de la línea.
- Al iniciar la implementación del proyecto, capacitar al personal en el proceso de producción (operativo) y en el manejo de insumos específicos de la nueva línea.
- En caso de alcanzar volúmenes altos de producción, reclutar personal conforme a las políticas de la empresa, cubriendo perfiles declarado en los manuales de procedimiento administrativo, para mantener la trazabilidad y los niveles de servicio comprometidos.
- Se recomienda considerar el diseño de briquetas con orificio central u otras geometrías que favorezcan el flujo de aire, con el fin de mejorar el tiempo de encendido y optimizar el comportamiento combustivo, manteniendo al mismo tiempo la estabilidad estructural y el rendimiento térmico del producto.