

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE BRIQUETAS
ECOLÓGICAS PARA LA COMERCIALIZADORA EL TIZNAU DE
LA CIUDAD DE TARIJA**

Por:

JESUS ANGEL SANDOVAL ROMERO

**Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Industrial.**

Diciembre 2025

TARIJA - BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Lic. Fernando E. Cortez Michel

**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Ing. Emmy Adela Alfaro Murillo

**DIRECTORA DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Dean Castillo Limachi

Ing. Cristhian Paul Fernandez Velasquez

Ing. Paula Andrea Jaime Valeriano

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mis padres Máximo y Cristina, y a mi pareja Elitamar cuya constante inspiración y apoyo han sido fundamentales en cada paso de este camino. Este logro es una muestra de gratitud por su motivación y confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el conocimiento y la sabiduría, la fortaleza y la guía otorgadas para completar esta etapa.

A mi familia, en especial a mis padres Máximo y Cristina por el sacrificio silencioso con el que me brindaron las herramientas necesarias, y a mi pareja por acompañarme, apoyarme en todo momento y ofrecerme su apoyo incondicional.

A mis docentes de ingeniería Industrial, en especial a mi tutora Virginia, por compartir todo su conocimiento.

Finalmente, a mí por la perseverancia, la disciplina y la voluntad de trabajar con dedicación para lograr cada meta.

PENSAMIENTO

*“En cada residuo hay un valor oculto,
esperando a quien tenga la visión de
devolverle vida.”*

Jesús Sandoval

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad proponer el diseño de una línea de producción de briquetas ecológicas para la Comercializadora El TIZNAU, ubicada en la ciudad de Tarija. La iniciativa surge ante la evidente acumulación y el escaso aprovechamiento del residuo generado durante el fraccionamiento del carbón vegetal.

El estudio inicia con un diagnóstico de la situación actual de la empresa, donde se cuantificó la generación de este residuo, así como un estudio de mercado cualitativo y cuantitativo, aplicando encuestas a consumidores finales, entrevistas a expertos y un análisis de la oferta local. Asimismo, se realizó una revisión técnica sobre los beneficios de las briquetas ecológicas. A partir de ello, se procedió a la formulación de diferentes prototipos de briquetas, los cuales fueron sometidos a ensayos de resistencia y combustión con el fin de seleccionar la mejor alternativa en términos de resistencia, rendimiento y durabilidad. Posteriormente, se realizaron pruebas comparativas con el carbón vegetal para validar que las briquetas ofrecen mayores beneficios que este combustible tradicional.

Asimismo, se diseñó el proceso productivo propuesto para las briquetas ecológicas, incluyendo el lay-out de planta, flujogramas, balance de materia, requerimiento de materia prima e insumos, distribución en planta y requerimientos de maquinaria. Se desarrolló una estrategia de marketing que abarca producto, precio, plaza y promoción. Finalmente, se elaboró el análisis económico-financiero proyectado a diez años, lo cual demuestra la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

La ejecución de esta propuesta permitirá a la empresa El TIZNAU transformar un residuo actualmente desaprovechado en un producto con valor agregado, diversificar su línea de oferta, reducir pérdidas operativas y contribuir a la sostenibilidad ambiental mediante la valorización de residuos y el desarrollo de un combustible sólido. Asimismo, promueve el uso de materias primas de origen local (alianzas con comercializadoras de carbón vegetal) y el desarrollo económico regional.

ÍNDICE GENERAL

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN	v
1. Antecedentes.	1
1.1. Antecedentes teóricos.....	1
1.2. Antecedentes de campo.....	2
1.3. Historia de la Empresa.	3
1.4. Descripción de la situación problemática.	3
1.4.1. Introducción.	3
1.4.2. Planteamiento del problema.....	4
1.4.3. Árbol de Problemas.....	6
1.4.4. Árbol de Soluciones.....	7
1.5. Formulación de pregunta.....	7
1.6. Objetivo.....	7
1.6.1. Objetivo General.	7
1.6.2. Objetivos Específicos.....	8
1.7. Justificación.....	8
1.7.1. Justificación Académica.....	8
1.7.2. Justificación Técnica.....	9
1.7.3. Justificación Legal.	9
1.7.4. Justificación Económica.....	10
1.7.5. Justificación Personal.....	10
1.8. Metodología.	10
1.8.1. Enfoque.	10
1.8.2. Tipo de investigación	11

1.8.2.1. Investigación exploratoria.....	11
1.8.2.2. Investigación descriptiva.....	11
1.8.2.3. Investigación experimental	12
1.8.3. Métodos y Técnicas de investigación.	12
1.8.3.1. Método de investigación.	12
1.8.3.2. Técnicas de investigación.	12
1.8.4. Población o sujeto de estudio.....	13
1.8.5. Tipo de muestreo.....	14
1.8.5.1. Muestreo no probabilístico por conveniencia (clientes potenciales).	14
1.8.5.2. Muestreo no probabilístico (expertos técnicos).	15
1.8.6. Tamaño de la muestra.	15
1.8.6.1. Consumidores finales (familias).	15
1.8.6.2. Puntos de venta y comercios	16
1.8.7. Recolección de información.....	16
1.8.7.1. Información primaria.	16
1.8.7.2. Información secundaria.....	17
1.8.7.3. Fases de recolección.....	18
1.8.8. Instrumentos de recolección de información.	18
2. Identificación de la empresa.....	19
2.1. Empresa.....	19
2.1.1. Datos Comerciales.	19
2.2. Ubicación	20
2.3. Organización	21
2.4. Productos y/o servicios	22
2.4.1. Bolsas de carbón vegetal:.....	22
2.5. Materia Prima e Insumos	24
2.5.1. Materia Prima.....	24
2.6. Proceso Productivo.	26
2.6.1. Descripción del proceso productivo.....	26
2.6.2. Diagrama de flujo del proceso	28

2.7. Maquinaria y Equipo.....	29
2.8. Layout	31
2.9. Residuos y/o desechos.	33
3. Marco Teórico.....	34
3.1. Marco científico o conceptual.....	34
3.1.1. Diseño de Producto.	34
3.1.2. Prototipo.....	34
3.1.3. Ciclo de Vida del Producto (LCA).	34
3.1.4. Economía Circular.	35
3.1.5. Estudio de Mercado.....	36
3.1.5.1. El Mercado.....	36
3.1.5.1.1. Segmentación del Mercado.....	36
3.1.5.2. Demanda	36
3.1.5.3. Oferta.....	37
3.1.5.4. Encuesta de Mercado	37
3.1.6. Capacidad de producción.	37
3.1.6.1. Capacidad diseñada.....	37
3.1.6.2. Capacidad máxima.....	38
3.1.6.3. Capacidad real.....	38
3.1.7. Ingeniería del proyecto.....	38
3.1.7.1. Flujograma	38
3.1.7.2. Layout	38
3.1.7.3. Balance Másico	39
3.1.7.4. Diseño de Mezcla.....	39
3.1.7.5. Diagrama de hilos	39
3.1.7.6. Cuello de botella	40
3.1.8. Aspectos económicos	40
3.1.8.1. Costos Fijos.....	40
3.1.8.2. Costos variables.	40
3.1.8.3. Costo unitario.....	40

3.1.8.4. Costo de producción.....	41
3.1.8.5. Precio	41
3.1.8.6. Ingresos	41
3.1.8.7. Punto de equilibrio	42
3.1.9. Evaluación Económica del Proyecto.....	42
3.1.9.1. Flujo de caja	42
3.1.9.2.. VAN	42
3.1.9.3. TIR	42
3.1.9.4. RBC.....	43
3.2. Marco Referencial.....	43
3.2.1. Briquetas.	43
3.2.2. Biocombustibles.....	44
3.2.3. Carbón Vegetal.....	44
3.2.3.1. Características del carbón vegetal.....	45
3.2.4. Pirólisis.....	45
3.2.5. Poder Calorífico.	45
3.2.6. Fundamentos de la combustión en biocombustibles sólidos.....	45
3.2.6.1. Triángulo del fuego	46
3.2.6.2. Oxígeno como agente comburente.....	46
3.2.6.3. Temperatura de combustión.....	47
3.2.6.4. Combustión	47
3.2.6.5. Tipos de combustión	48
3.2.6.6. Temperatura.	48
3.3. Marco legal y normativo.	49
3.3.1. Ley Forestal N.º 1700 de 12 de julio de 1996.....	49
3.3.2. Ley N.º 1333 del Medio Ambiente (1992).....	49
3.3.3. Ley N.º 755 de Gestión Integral de Residuos (2015).....	50
3.3.4. Decreto Supremo N.º 26736 – Reglamento Ambiental del Sector Industrial	50
4. Análisis de la situación actual.	51
4.1. Análisis de la situación actual de la empresa.	51

4.1.1. Análisis de la materia prima.....	51
4.1.1.1. Análisis de la cantidad de desperdicio	51
4.1.1.2. Estimación mensual y anual del residuo.	54
4.1.1.3. Pérdidas económicas por ineficiencia del proceso.....	55
4.1.2. Análisis de la mano de obra	57
5. Estudio de mercado.	59
5.1. Intención de consumo.	59
5.1.1. Necesidad existente por cubrir.	59
5.1.2. Espacio del mercado.	60
5.1.3. Segmentación del mercado	62
5.1.4. Tipo de muestra.....	65
5.1.5. Mercado meta.....	65
5.2. Encuestas.....	66
5.2.1. Tamaño de muestra.	66
5.2.2. Objetivo de las encuestas.	67
5.2.3. Tipo de preguntas de la encuesta.	68
5.3. Resultado del estudio de Mercado.	68
5.3.1. Resultados de la encuesta a consumidores finales.....	68
5.3.2. Resultado encuestas a comerciantes.....	69
5.3.3. Resultado de Entrevista a expertos	69
5.3.3.1. Entrevista a comercializadora experta	69
5.3.3.2. Entrevista a docente experto	70
5.4. Análisis de la demanda.....	71
5.4.1. Análisis cualitativo de la demanda.....	72
5.4.2. Proyección de la demanda.....	73
5.4.2.1. Proyección de la demanda mediante el método regresión exponencial	76
5.5. Análisis de la oferta.....	76
5.5.1. Competidores	77
5.5.1.1. Competencia directa.....	77
5.4.1.2. Productos sustitutos.....	77

5.6. Cobertura del producto.....	79
6. Parte Experimental.....	80
6.1. Plan de ejecución del prototipo.....	80
6.2. Análisis del área productiva.....	81
6.2.1. Descripción y análisis de materias primas e insumos.....	81
6.2.2. Descripción de equipos y materiales.....	82
6.2.3. Proceso productivo.....	85
6.2.3.1. Diagrama de flujo del prototipo.....	87
6.3. Elaboración de los prototipos.....	88
6.3.1. Formulación de recetas para los prototipos.....	88
6.3.2. Parámetros y características de los prototipos.....	88
6.3.3. Evaluación cuantitativa de los prototipos.....	91
6.3.3.1. Ensayo de resistencia mecánica de las briquetas.....	91
6.3.3.2. Ensayo preliminar de combustión de los prototipos.....	93
6.3.4. Evaluación cualitativa con expertos.....	96
6.3.4.1. Criterios y resultados de la evaluación cualitativa.....	96
6.3.5. Selección del prototipo ganador.....	97
6.4. Ensayos comparativos del prototipo ganador y el carbón vegetal.....	98
6.4.1. Ensayo de combustión y Pérdida de masa (curva etc.).....	99
6.4.2. Resultados para la briqueta ecológica seleccionada.....	100
6.4.3. Resultados para el carbón vegetal tradicional.....	101
6.4.4. Estimación del poder calorífico.....	103
6.4.5. Comparación de los combustibles.....	105
7. Ingeniería del Proyecto.....	107
7.1. Introducción a la ingeniería del Proyecto.....	107
7.2. Tamaño del Proyecto.....	107
7.2.1. Capacidad diseñada, instalada y efectiva.....	107
7.2.1.1. Capacidad diseñada.....	107
7.2.1.2 Capacidad instalada.....	107
7.2.1.3. Capacidad Efectiva.....	108

7.2.2. Producción Real	108
7.2.2.1. Programa de Producción	108
7.3. Propuesta del proceso productivo para la elaboración de briquetas ecológicas...	109
7.3.1. Descripción del proceso productivo para briquetas ecológicas	109
7.3.2. Diagrama de flujo del proceso	111
7.3.3. Balance de materia	112
7.4. Características para el desarrollo de las briquetas ecológicas.....	114
7.4.1. Atributos de preferencia de la población para la briqueta ecológica.	114
7.4.2. Características técnicas de la briqueta.....	115
7.4.3. Materia prima e insumos.....	116
7.4.3.1. Requerimiento de Materia Prima Anual	119
7.4.3.2. Requerimientos de envases y empaques (insumos)	119
7.5. Maquinaria y equipo propuesto.....	120
7.5.1. Descripción de la maquinaria y equipo propuesto	120
7.6. Requerimiento de obras e instalaciones	123
7.7. Layout propuesto.....	123
7.7.1. Espacios físicos disponibles en la empresa.	124
7.7.2. Redistribuciones de áreas (propuesta).....	125
7.8. Diagrama de recorridos propuesto	127
7.9. Marketing operativo	129
7.9.1. Estrategias del producto	129
7.9.1.1. Nombre del producto.....	129
7.9.1.2. Logo del Producto	130
7.9.1.3. Presentación del producto	130
7.9.1.4. Slogan.....	131
7.9.2. Estrategias de precio	132
7.9.3. Estrategias de plaza (distribución)	132
7.9.3.1. Distribución directa.....	132
7.9.3.2. Distribución indirecta.....	133
7.9.4. Estrategia de promoción.....	133

7.9.4.1 Estrategia de Empuje.....	133
7.9.4.2. Estrategia de atracción	133
7.9.5. Presupuesto de marketing (costos indirectos).....	134
7.10. Manual de procedimientos	135
8. Análisis económico	136
8.1. Inversiones	136
8.1.1 Inversión en activos fijos	136
8.1.1.1. Inversión en maquinarias y equipos.....	136
8.1.1.2. Inversión en terreno.....	137
8.1.1.3. Inversión en construcción e instalaciones	137
8.1.1.4. Inversión en mobiliario	138
8.1.2. Inversiones en activos diferidos	138
8.1.3. Capital de trabajo	139
8.2. Determinación de costos e ingresos	142
8.2.1. Costos variables	142
8.2.2. Costos fijos.....	144
8.2.3. Depreciación de activos fijos	145
8.2.4. Amortización de activos diferidos	146
8.2.5. Determinación del costo y precio del producto.....	146
8.2.5.1. Costo unitario.....	146
8.2.5.2. Precio unitario	147
8.2.6. Proyección de los ingresos	149
6.2.7. Determinación del punto de equilibrio.....	149
8.3. Evaluación financiera.....	150
8.3.1. Estructura de financiamiento del Proyecto	150
8.3.1.1. Fuentes de financiamiento externo.....	150
8.3.1.2. Fuentes de financiamiento interno	151
8.3.1.3. Condiciones.....	151
8.3.2. Tasa de oportunidad	152
8.3.3. Configuración del flujo de caja	152

8.3.4. Estado de resultados	154
8.3.5. Estado de fuentes y usos	155
8.3.6. Indicadores de evaluación	156
8.3.6.1. Valor actualizado neto.....	156
8.3.6.2. Tasa interna de rendimiento	156
8.3.6.3. Relación beneficio costo	156
8.3.6.4. Periodo de recuperación de capital	156
8.3.7. Análisis de sensibilidad.....	157
8.3.7.1. Diagrama de tornado	158
9.1. CONCLUSIONES	159
9.2. RECOMENDACIONES	161
9.3. BIBLIOGRAFÍA	162

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de la empresa EL TIZNAU.....	20
Tabla 2 Productos de Comercialización.....	23
Tabla 3 Materia prima en insumos.....	24
Tabla 4 Máquinas y Equipos.....	30
Tabla 5 Perdidas por cada bolsa quintalera de 25 kg de carbón vegetal.....	53
Tabla 6 Población finita de los municipios objetos de estudio en 2024	60
Tabla 7 Población del Municipio de Cercado, Tarija (2012–2024).....	61
Tabla 8 Frecuencia de compra y familias adoptantes	73
Tabla 9 Consumo por familia mensual y anual en Kg-Tn	74
Tabla 10 Proyección base (2016–2025) por consumo por familia anual.....	75
Tabla 11 Cálculo del coeficiente de correlación	75
Tabla 12 Proyección de la demanda a través del método regresión exponencial	76
Tabla 13 Comercializadoras locales de briquetas ecológicas en Tarija.....	77
Tabla 14 Comercializadoras locales de carbón vegetal en Tarija.....	78
Tabla 15 Cobertura del producto.....	79
Tabla 16 Descripción de materia prima para la elaboración de los prototipos	81
Tabla 17 Descripción de equipos y materiales.....	82
Tabla 18 Cantidades de materia prima por prototipo.....	88
Tabla 19 Parámetros de los prototipos	89
Tabla 20 Características de los prototipos	90
Tabla 21 Resultados del ensayo de resistencia de las briquetas.....	92
Tabla 22 Registro de tiempos y temperaturas para los 3 prototipos	94
Tabla 23 Interpretación del comportamiento combustivo de los prototipos.....	95
Tabla 24 Grupo de evaluación	96
Tabla 25 Promedio de evaluación	96
Tabla 26 Selección de los prototipos	97
Tabla 27 Porcentaje de ingredientes	98
Tabla 28 Lecturas de temperatura y masa de la briqueta ecológica.....	100

Tabla 29 Lecturas de temperatura y masa.....	102
Tabla 30 Comparativo de combustibles.....	106
Tabla 31 Programa de Producción de las Briquetas Ecológicas.....	109
Tabla 32 Preferencias de la población sobre las encuestas.....	114
Tabla 33 Características técnicas de la briqueta ecológica propuesta.....	115
Tabla 34 Materia prima e insumos.....	117
Tabla 35 Insumos adicionales.....	118
Tabla 36 Materia Prima Requerida Anualmente.....	119
Tabla 37 Insumos Requeridos Anualmente.....	120
Tabla 38 Descripción de maquinaria y equipos.....	121
Tabla 39 Requerimiento de obras finas.....	123
Tabla 40 Descripción de las actividades del diagrama de recorrido.....	127
Tabla 41 Costos mensuales estimados de marketing.....	135
Tabla 42 Inversión en maquinaria y equipos.....	136
Tabla 43 Inversión en construcción e instalaciones.....	137
Tabla 44 Inversión en mobiliario.....	138
Tabla 45 Inversión en activos diferidos.....	138
Tabla 46 Resumen del total de inversiones en activos.....	139
Tabla 47 Costos diferenciales de la mano de obra para la producción de la línea.....	139
Tabla 48 Costos mano de obra indirecta.....	140
Tabla 49 Costos variables de materia prima.....	140
Tabla 50 Otros costos.....	141
Tabla 51 Cantidad necesaria para la compra de residuos de carbón.....	142
Tabla 52 Costos variables.....	143
Tabla 53 Costos fijos.....	144
Tabla 54 Costos indirectos de marketing.....	144
Tabla 55 Resumen de los costos totales.....	145
Tabla 56 Depreciación de activos fijos.....	145
Tabla 57 Amortización de activos diferidos.....	146
Tabla 58 Costo unitario del producto.....	147

Tabla 59 Precio unitario del producto.....	148
Tabla 60 Ingresos anuales	149
Tabla 61 Plan de cuentas.....	151
Tabla 62 Flujo de caja.....	153
Tabla 63 Estado d resultados.....	154
Tabla 64 Estado de fuentes y usos	155

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de Problemas	6
Figura 2	Árbol de Soluciones.....	7
Figura 3	Ubicación de la empresa El TIZNAU	20
Figura 4	Organigrama de la empresa El TIZNAU	22
Figura 5	Diagrama de flujo del proceso de embolsado del carbón vegetal	28
Figura 6	Layout de la comercializadora EL TIZNAU	32
Figura 7	Ciclo de vida del producto.....	35
Figura 8	Briquetado.....	43
Figura 9	Comparación de tipos de combustibles	44
Figura 10	Triángulo del fuego.....	46
Figura 11	Proceso de Combustión	47
Figura 12	Tipos de combustión.....	48
Figura 13	Diagrama de flujo trazado balance de masa para el proceso de fraccionado	52
Figura 14	Generación mensual de los residuos de carbón vegetal en la empresa	54
Figura 15	Pérdida económica mensual por venta de polvillo en la empresa	56
Figura 16	Segmentación en el Municipio de Cercado	63
Figura 17	Mercado	66
Figura 18	Plan de ejecución del prototipo.....	80
Figura 19	Diagrama de flujo para la elaboración del prototipo	87
Figura 20	Comportamiento de las curvas de calor de los prototipos	94
Figura 21	Montaje del ensayo	100
Figura 22	Curva de calor de la briqueta ecológica.....	101
Figura 23	Curva de calor del carbón vegetal	102
Figura 24	Diagrama de flujo del proceso productivo.....	112
Figura 25	Balance de materia.....	113
Figura 26	Diseño del producto.....	116
Figura 27	Layout propuesto	126
Figura 28	Diagrama de recorridos propuesto.....	128
Figura 29	Logotipo del Producto	130

Figura 30 Presentación del Producto para un empaque de 5 kg	131
Figura 31 Slogan	132
Figura 32 Afiche promocional de lanzamiento.	134
Figura 33 Gráfico de sensibilidad (Crystal Ball)	157
Figura 34 Grafico del tornado	158

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Preguntas de las encuestas a los consumidores finales	164
Anexo 2 Preguntas de entrevistas a comerciantes de carbón	171
Anexo 3 Resultados e interpretación de las encuestas a consumidores	173
Anexo 4 Resultados e interpretación de las encuestas a vendedores	187
Anexo 5 Elaboración del prototipo	194
Anexo 6 Control de los prototipos (mediciones)	199
Anexo 7 Ensayo de combustión de los prototipos	202
Anexo 8 Evaluación cualitativa con expertos (formato, ficha, registro).....	204
Anexo 9 Ensayo de combustión y pérdida de masa P3 vs carbon vegetal.....	208
Anexo 10 Manuales de procedimientos	210
Anexo 11 Respaldo del analisis financiero	255