

Recursos disponibles de biomasa vegetal para elaborar briquetas en las comunidades de Kumiai y Pai Pai de la Misión Santa Catarina, Ensenada B. C.

Eldda Cinthia Rodriguez Chavez ^{1,*}, Abraham Flores-Araiza ¹, Oscar Armendáriz Ibarra ², María Cristina Castañón ³

¹ Estudiante, Ingeniería en Energías Renovables, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, UABC, Tijuana, B. C., México

² Profesor de Ingeniería en Energías Renovables, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, UABC, Tijuana, B. C., México

³ Profesora-Investigadora, Ingeniería en Energías Renovables, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, UABC, Tijuana, B. C., México

* Autor de correspondencia: cinthia.rodriguez11@uabc.edu.mx

Energías Renovables (Biomasa).

Resumen: Las briquetas forman parte de los biocombustibles sólidos, los cuales son alternativas que pueden reemplazar el uso de leña y carbón mineral, utilizando la biomasa, la cual es seleccionada según la disponibilidad en un área determinada. Los beneficios adicionales es la disminución de humos y mayor tiempo de combustión. Esta investigación propone la selección más viable de la biomasa residual de las comunidades Kumiai y Pai Pai de la misión de Santa Catarina, Ensenada, Baja California México, así como la metodología de elaboración y el diseño del sistema de compactación. La elaboración de briquetas es una alternativa para las comunidades indígenas, las cuales pueden sustituir el uso de leña en estufas y con ello disminuir el impacto a la calidad del aire, pero sobre todo la reducción de daños a la salud debido a la emisión de gases generados por la combustión de leña.

Palabras clave: Briquetas; Biomasa; Biocombustible Sólido; Calidad del aire.

Available resources of vegetable biomass for the manufacture of briquettes in the communities of Kumiai and Pai Pai of the Santa Catarina Mission, Ensenada B. C.

Abstract: Briquettes are part of solid biofuels, which are alternatives that can replace the use of firewood and mineral coal, using biomass, which is selected according to availability in a given area. Additional benefits are reduced smoke and longer burning time. This research proposes the most viable selection of the residual biomass from the Kumiai and Pai Pai communities of the Santa Catarina mission, Ensenada, Baja California Mexico, as well as the elaboration methodology and the design of the compaction system. The production of briquettes is an alternative for indigenous communities, which can substitute the use of firewood in stoves and thereby reduce the impact on air quality, but above all the reduction of damage to health due to the emission of gases generated by the combustion of firewood.

Keywords: briquettes; biomass; Solid Biofuel; air quality.

Introducción

La creciente demanda del consumo energético ocurre en zonas urbanas (consumidores principales), sin embargo, también existen comunidades rurales e indígenas que aún deben recurrir a la recolección de ramas y troncos o a la tala de árboles nativos para obtener leña y una fuente de energía térmica para la cocción de sus alimentos y actividades artesanales; es el caso de la comunidades indígenas Pai Pai y Kuimiai que utilizan los residuos forestales en la cocina tradicional de leña, la cual tiene desventajas significativas debido al uso ineficiente relacionado con el consumo excesivo de combustible, además de los daños a la salud debido a la emisión de humos y partículas.

Este proyecto pretende ofrecer una alternativa energética a la comunidad mediante la planeación de una metodología técnica de elaboración de briquetas de biomasa residual, con el fin de ser utilizadas para la generación de energía térmica y gestionar la disposición de biomasa residual la cual actualmente es desaprovechada. Para llevar a cabo esta planeación, es esencial realizar un análisis de las características de la región, las actividades principales y los residuos que estas generan.

La directiva (UE) 2018/2001 del parlamento europeo y del Consejo define que los recursos biomásicos son toda fracción biodegradable de productos, residuos y desechos de origen biológico procedentes de actividades originadas en un proceso biológico, espontáneo o provocado, que puede ser utilizado como fuente de energía.

Estos dependerán de la zona donde se desee hacer uso, estos varían de acuerdo con su localización geográfica y actividades que se realicen en el entorno de la comunidad, tales como agricultura, ganadería, actividades agroindustriales, de tipo doméstico, generación de aguas residuales, entre otras.

Ubicación y características de la comunidad indígena Kumiai y Paipai

La comunidad se localiza en el municipio de Ensenada del Estado de Baja California México Longitud 115°85'63'' y latitud 31°65'08''. La comunidad se encuentra a 347 metros sobre el nivel del mar. Esta cubre una zona geográfica de 95.354km².

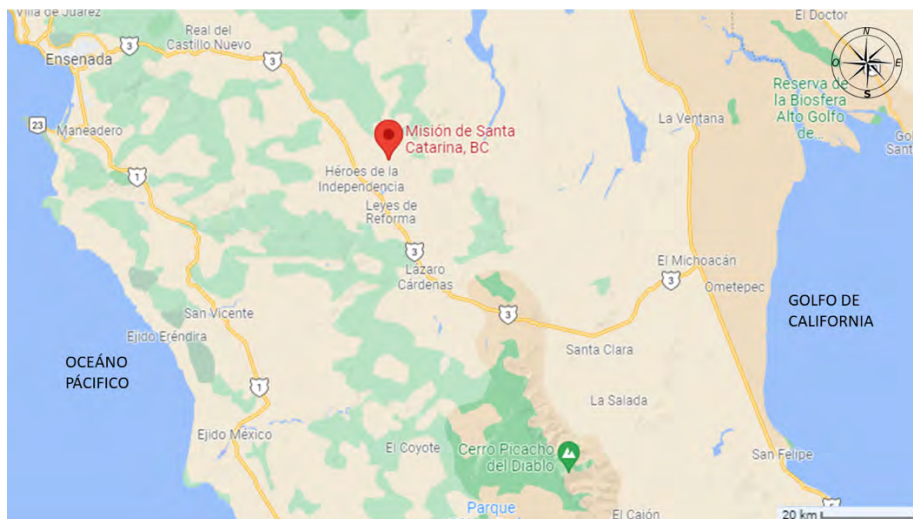


Figura 1. Macro localización de la misión de Santa Catarina (Google maps).

La temperatura media anual es de 18.9°C, el mes más cálido es agosto con 26.5°C de temperatura media y el mes más frío es enero con 13°C, por lo que la oscilación media anual es de 13.53 C, valor que le confiere la calidad de clima extremo; el total anual de precipitación es de 110.7 mm, diciembre es el mes más lluvioso con 25.2 mm y julio el más seco, con 0.4 mm; el porcentaje de lluvia invernal, calculado a partir de la precipitación ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo, corresponde a más de 36% de la lluvia total anual, por lo cual la zona se caracteriza por un clima Muy Seco Semicálido con Lluvias en invierno.

La mayoría de las comunidades Pai Pái se localizan cerca de grandes arboledas de Encino y los más destacados de esta zona son los Encinos (*Quercus agrifolia*), Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), Toyon (*Heteromeles arbutifolia*) y en escasa presencia, especies como el sauce, el álamo, el tápiro (*Sauco ssp.*) y el mezquite. Además de otras especies como la Yucca (*Yucca Schidigera*) la cual es utilizada como una materia prima por la comunidad nativa para la elaboración de artesanías y como residuo generado de esta actividad, restos de la fibra que se dispone *in situ*.

Recurso biomásico disponible

En esta región se considerarán cuatro principales recursos biomásicos de acuerdo con las actividades que se desarrollan en y se describen a continuación.

Yucca Schidigera

Es una planta suculenta de género Yucca, Compuesto por una 40-50 especies, perennes, arbustos y árboles de la familia Agavaceae nativas de Norteamérica y Centroamérica. La *Yucca schidigera* (*Yucca*) se encuentra principalmente en valles con suelos profundos y arenosos, lomas de pendiente suave y cañadas pedregosas, en altitudes entre los 400 y 1400 metros sobre el nivel del mar. En México se localiza al oeste de Baja California y a lo largo de toda la costa del golfo de México. El uso común y tradicional de la Yucca es como alimento (flores), detergentes o jabones, elaboración de cuerdas y canastas, construcción y como leña.

La Yucca puede emplearse como aglutinante en briquetas, se utiliza principalmente en cascarilla de arroz y presenta muy buenas propiedades de cohesión para este tipo de material y de un costo menor en comparación con otros materiales aglutinantes, la cantidad adecuada de adición de esta sustancia es entre el 4 al 20% dependiendo del tipo del material orgánico. El análisis de la yuca muestra que esta se encuentra constituida por diversos componentes, 13% de humedad, 2 % de fibra/cenizas, 3.5% de proteína y 81% de almidón aproximadamente. El poder calorífico que se tienen con la Yucca es de 15.3 MJ/kg, dependiendo de la adición de la otra sustancia.

Estiércol

Respecto al estiércol de ganado bovino, se estima que un animal produce en promedio 30 Kg/día de estiércol y podría elevarse hasta 45 kg/día, de estos un 85% es agua y lo restante es de carácter biomásico. Mediante la elaboración de briquetas se puede aprovechar el poder calorífico del estiércol como fuente de energía renovable, siendo este de 11914 kJ/kg. Contenido de azufre: 0,06%.

Residuos de aserradero

El principal residuo de aserradero en la región pertenece al árbol de Encino (*Quercus agrifolia*), los cuales son un género perteneciente a la familia de las fagáceas, siendo este el más abundante en la zona y usándose este principalmente como leña. Esta genero cuenta con una densidad de entre 540 a 700 kg/m³, con una media de 638 kg/m³. (Herrera Fernández, 2018).

La cantidad de sustancias minerales en la madera, es decir el contenido de cenizas, varía significativamente dependiendo de si es la corteza o el xilema (sea el duramen o la albura, entre estos no hay diferencia significativa). Siendo el contenido de estas 0.5% a 0.95% en el xilema y alcanzando 9.26% en la corteza, siendo esta la razón principal por la que el xilema es lo que se utiliza como combustible. Esta madera cuenta con un poder calorífico promedio de 17.68 MJ/Kg.

Tabla 1. Resumen de propiedades del recurso biomásico de la comunidad de Santa Catarina, Baja California.

Recurso biomásico	Calor Calorífico [MJ/Kg]	Densidad [Kg/m ³]
Yucca Schidigera	15.3	1,450
Estiércol	11.914	11.914
Residuos de aserradero	17.68	17.68

Con base en el análisis de residuos biomásicos disponibles en los alrededores de la Comunidad de la Misión de Santa Catarina, se seleccionaron el Estiércol y la Yucca *Schidigera* como la materia prima para la elaboración de briquetas. Esto debido a sus propiedades fisicoquímicas y la disponibilidad del recurso dentro de la comunidad. Para este trabajo, los residuos de aserradero fueron descartados como una opción viable de materia prima, ya que el sitio se encuentra aproximadamente a 4 kilómetros de la comunidad de Santa Catarina, por lo tanto, requeriría de un transporte para el proceso y creando un desbalance entre el costo-beneficio de las briquetas.

Metodología para la elaboración de briquetas

Se plantea un procedimiento que consta de 8 etapas (Ver Tabla 2) y se realizará de acuerdo con el diagrama de la figura 4, incluye la recolección de los materiales hasta su secado y almacenamiento. El proceso inicia con la recolección de la materia prima que es estiércol de vaca y los residuos de yucca, después los materiales deberán segregarse para verificar que no existan elementos como piedras, tierra u arcillas y en dado caso de haberlas será necesario removerlas y limpiar. La tercera etapa de este proceso será la trituración, en este caso el estiércol y la yucca serán triturados por separados para poder llevar un mejor control con respecto a las proporciones que serán necesarias en el proceso aglomeración o prensado.

La cuarta etapa consistirá en una serie de pruebas para encontrar la proporción de ambos materiales para lograr la compactación de la briketa. La primera proporción será de 1:1, es decir por cada kilogramo de estiércol 1 kilogramo de yucca, como segunda proporción se elevará la proporción para el estiércol a 2;1 y por consecuente se reduce el

porcentaje de yucca. Las proporciones se inclinan hacia un mayor porcentaje de estiércol ya que su densidad es menor, y mezclar el aglomerante. Se realizarán diversas pruebas para obtener la aglomeración adecuada (Ver Tabla 1).

Tabla 2. Etapas del proceso de briquetaje con desechos de biomasa

Etapas
1.Recolección del recurso biomásico
2.Selección y limpieza de elementos ajenos
3.Trituración del recurso por separado.
4.Mezcla de ambos materiales (de acuerdo con la porción)
5.Aglomeración o prensado
6.Extracción de briqueta
7.Secado bajo el sol
8.Almacenamiento

El proceso de aglomeramiento se realizará en el molde de compactación diseñado en forma de prisma rectangular, el cual se rellenará con cada una de las proporciones realizadas y presará proporcionando la presión necesaria para la compactación de las partículas. Es aquí donde podremos continuar con el proceso en caso de no presentar desmenuzamiento y en caso contrario volver a cambiar la proporción de los materiales. Posteriormente se procede a remover la mezcla compactada para obtener la muestra, una briqueta rectangular la cual deberá dejarse secar a temperatura ambiente, se plantea la propuesta de secarse al sol durante aproximadamente siete días y cubriéndolas por la noche, para evitar la absorción de humedad (Tabla 2).

Tabla 3. Proporciones propuestas para briquetas experimentales.

Número de prueba	Proporción (estiércol: Yucca)
1	1:1
2	2:1
3	1:1/3

Por última etapa será el almacenamiento, el cual deberá ser un lugar completamente seco y de fácil acceso, la forma rectangular de las briquetas rectangulares facilita su almacenamiento.

Sistemas de compactación

Se diseñó un molde de compactación con el cual se realizarán las briquetas por medio de prensado con tres piezas móviles, así como se establece (Figura 2) diseñado en software de diseño solidworks.

El molde planteado en este proyecto cuenta con tres piezas, la primera pieza corresponde al apisonador (figura 3), la cual presionará la materia hasta llevarla al punto de compactación, la segunda es la estructura de la briqueta (figura 4), pieza que amoldará la figura y por último la tercera pieza, es la tapadera móvil (figura 5) donde saldrá la briqueta, estas son las que nos ayudarán a que quede compacta, en forma y con las dimensiones establecidas.

La estructuración de este molde es muy sencilla, ya que está diseñada adecuadamente para el tamaño y forma de las briquetas que se desean realizar, de las cuales las dimensiones establecidas son de 12 cm a lo largo y ancho y una altura de 30 cm. El molde tiene una dimensión máxima de 20.43 in a lo largo y 5 in de ancho, y para impartir la presión y drenar el agua con la que se realizó la briqueta, se utilizará un prototipo de estructura externa.

La ventaja entre el molde propuesto (figuras 2, 4 y 5) y otros moldes que se encuentran prefabricados, es que solo requiere de presión manual (una persona promedio realiza una fuerza de 1.0 a 1.7 KPa), la cual podría ser insuficiente para lograr el aglomerado ideal de la briqueta. Por el contrario, el molde propuesto utiliza una presión externa, aplicada por una prensa hidráulica que será colocada en la parte superior del molde el cual podrá realizar el esfuerzo de hasta

2 toneladas, será colocado en una estructura externa en la que se pueda fijar para generar la fuerza y extraer la humedad excesiva de la briqueta. Los materiales que se cotizaron para dicho molde son de uso comercial.

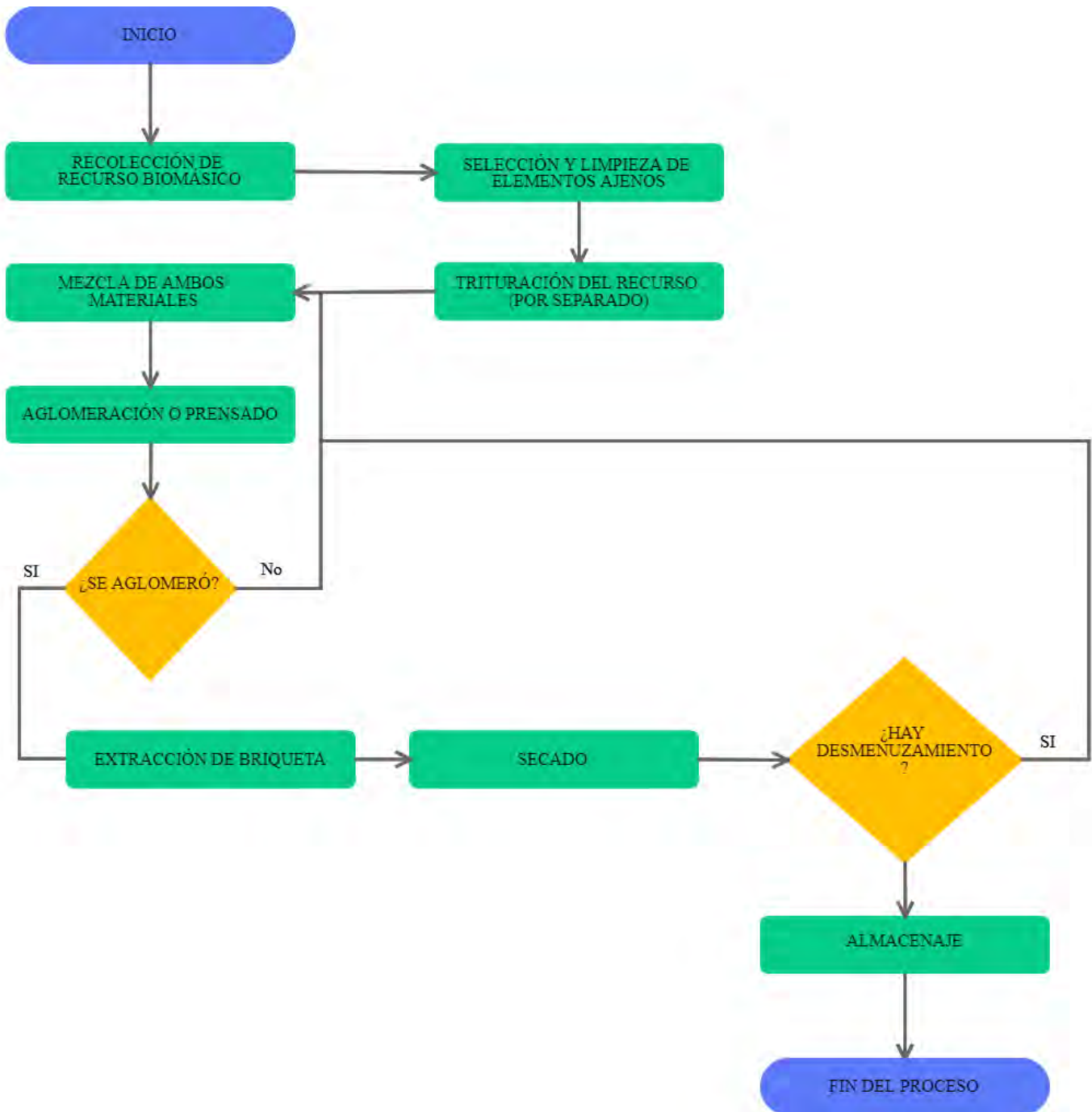


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de briquetas de estiércol y Yucca.

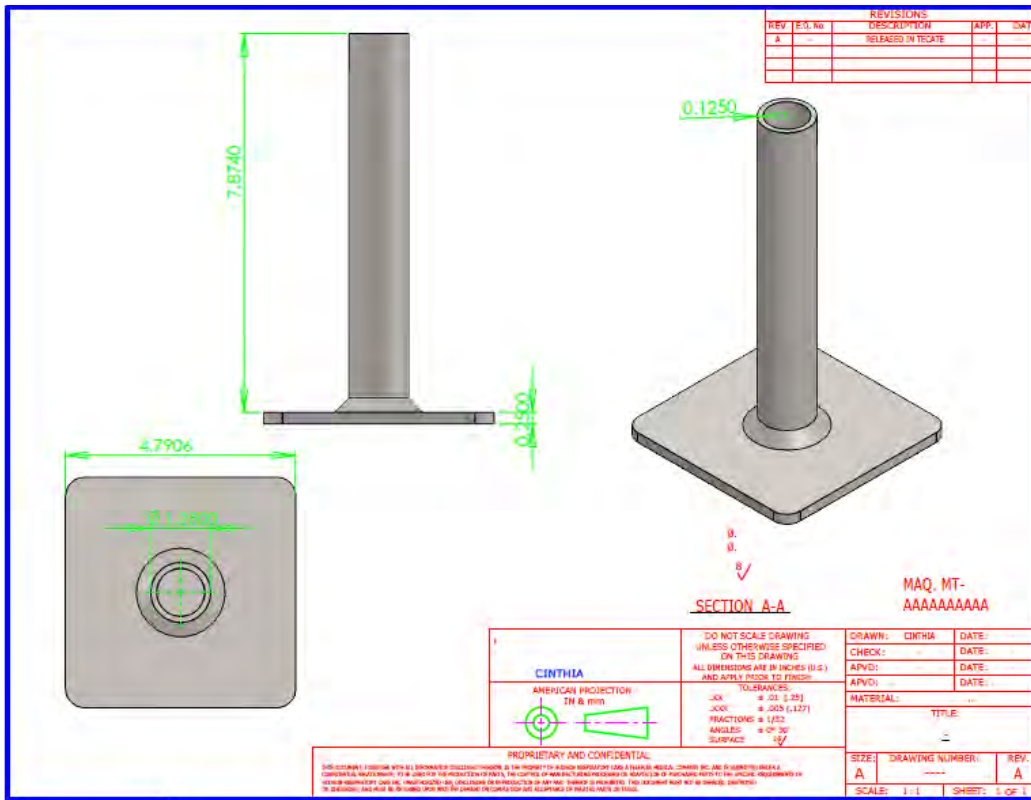


Figura 3. Diseño y dimensionamiento del apisonador. Software Solidwoks.

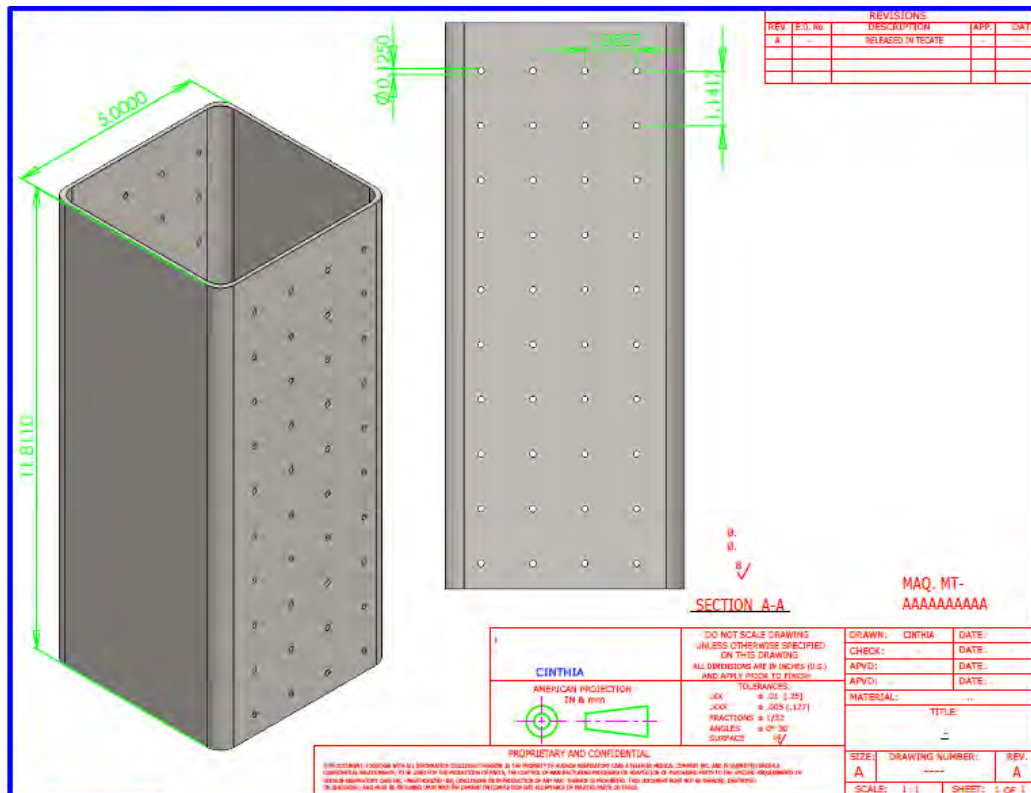


Figura 4. Diseño y dimensionamiento del molde rectangular. Software Solidwoks.

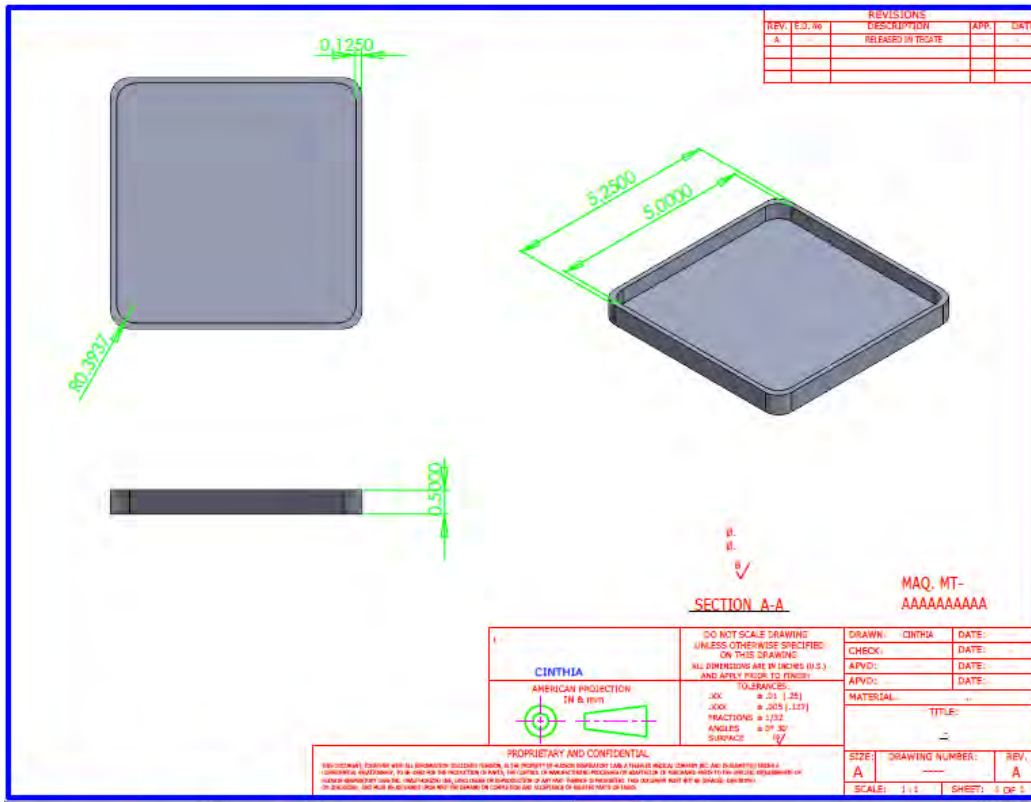


Figura 5. Diseño y dimensionamiento de la tapadera móvil. Solidwoks.

En la Tabla 4 se muestra la relación de materiales y su costo total, la venta de éstos es por pieza de 20 ft y para elaborar un molde de briqueta se necesita 1 ft, por lo tanto, el costo de los materiales por molde sería de \$264.1 Mxn y considerando que se cuenta con un fondo de apalancamiento, ya que se dispone de un taller de máquinas y herramientas equipado y capital humano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California (FCITEC- UABC). En la figura 6 se presenta el montaje del molde y el diseño de la estructura de compactación (figura 7).

Tabla 4. Cotización de materiales para la elaboración del sistema de compactación.

Material	Precio
Acero-Perfil tubular cuadrado calibre 12 (20ft)	\$1,478 Mxn
PTR 4x4 de 1/8 de espesor (20ft)	\$1,831 Mxn
Lámina de acero de 1/16 in Calibre 12 (4ft x 10ft)	\$1,408.00 Mxn
Tubo de acero de 1 ¼ in (20ft)	\$565.00 Mxn
Subtotal	\$5,282.00 Mxn
Total, por Molde	\$264.1.1Mxn

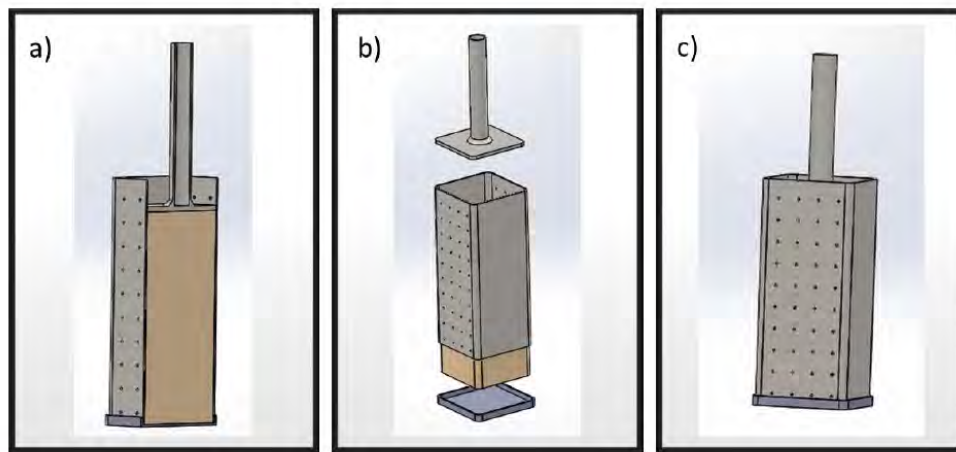


Figura 6. (a) Montaje interior del molde de tres piezas. (b) Desmontaje final para recuperar la briqueta. (c) Vista exterior del molde.



Figura 7. Diseño de estructura propuesta. SolidWorks.

Resultados y Discusión

Las briquetas forman parte de los biocombustibles sólidos, los cuales traen beneficios al aprovechamiento de recurso biomásico y considerado un desecho en muchas comunidades. En el caso de las comunidades Kumiai y Pai Pai de Santa Catalina, donde se desecha el qurote de la yucca al ambiente y se desconoce el potencial energético de los residuos generados en las actividades ganaderas. La propuesta de la elaboración de briquetas a partir de Yucca y estiércol disponible en la zona se estima es viable, ya que todos tienen características fisicoquímicas que brindan un aporte calórico y favorecen la aglomeración de las partículas.

Los procesos para la elaboración de briquetas deben ser de fácil elaboración y su complejidad puede radicar en la proporción de los materiales, los cuales serán determinados con los ensayos experimentales de briquetas y la metodología de briquetaje, la cual depende directamente del molde de compactación utilizado. En este proyecto se propone un diseño de molde de briquetaje con base en las necesidades de la comunidad considerando la biomasa a utilizar. La propuesta de molde que sugerimos se desarrolla preferentemente para el uso del qurote de la Yucca y estiércol, el cual además resulta económicamente viable para la comunidad.

Debido a la emergencia sanitaria, la elaboración de briqueta depende de la apertura del laboratorio en la FCITEC-UABC.

Conclusiones

La elaboración de estos biocombustibles sólidos resulta en un equilibrio sostenible entre la generación de energía térmica y aprovechamiento de recursos naturales a escala industrial o brinda la disminución de la deforestación, la preservación de los bosques de especies nativas y mejora la calidad del aire (disminución de CO₂) hacia la atmósfera. Estos factores mejoran la calidad de vida de los pobladores, proponiendo una nueva actividad que inicia desde el uso de algo que se considera desecho convirtiéndose en un subproducto, bajo la premisa de una economía circular. Para la implementación de este estudio debe considerarse la opinión de los habitantes por lo tanto se propone una encuesta que nos brinde información sobre el punto de vista a esta alternativa de biocombustible sólido.

Con este estudio se pueden generar impactos positivos a la comunidad, a través del aprovechamiento sostenible de los residuos *in situ*. Teniendo como objetivo principal la optimización y aprovechamiento de sus hábitos de consumo energético y teniendo en cuenta la salud y el bienestar de la comunidad. También será necesario determinar las áreas disponibles para la adecuada designación del sitio de prensado, secado y almacenaje. De acuerdo con los resultados experimentales, la implementación debe plantearse en conjunto con los líderes de la comunidad.

Bibliografía

- Archila, L. (2015). Máquina para fabricación de briquetas de aserrín para aserradero Lorenzi [Ebook]. Guatemala. Retrieved from <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/03/06/Archila-Laura.pdf>
- Bucio, R., López Albarrán, P., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2018). Densidad, composición química y poder calorífico de la madera de tres especies de encinos. *Ciencia Nicolaita*, (72). Recuperado de: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/345>
- Céspedes Jaime. (2013). desarrollo de un sistema piloto de separación de harina de yuca por vía húmeda para la producción de almidón. Universidad de los andes. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12154/u670938.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Flores Ramirez, G. (2009). Propuesta para el aprovechamiento de residuos industriales de Yucca [Ebook]. Mexico, D.F. Inafed.gob.mx. 2020. Baja California-Ensenada. [online] Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/municipios/02001a.html> [Acceso 8 de diciembre del 2020].
- Groover, M. (2020). Fundamentos de manufactura moderna (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Hargassner. 2020. El Bajo Nivel De Humedad En Las Astilla, Un Factor Clave Para Su Combustión.
- Hargassner. [online] Recuperado de: <https://www.hargassner.es/2015/12/11/el-bajo-nivel-de-humedad-en-las-astilla-un-factor-clave-para-su-combustion/> [Acceso 9 de diciembre del 2020].
- Herrera Fernández, A. C., Carrillo Parra, A., Pedraza Bucio, F. E., Correa Méndez, F., Herrera Bucio, R., López Albarrán, P., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2018). Densidad, composición química y poder calorífico de la madera de tres especies de encinos. *Ciencia Nicolaita*, (72). Recuperado de: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/345>
- Inafed.gob.mx. 2020. Baja California-Ensenada. [online] Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/municipios/02001a.html> [Acceso 8 de diciembre del 2020].
- INEGI. Síntesis de Información geográfica del estado de Baja California. 2001. Recuperado de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223854/702825223854_4.pdf [Acceso 8 de diciembre del 2020].
- Martín, F. (2020). Pélets y briquetas [Ebook]. Madrid. Retrieved from https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2293_9990.pdf
- Mendoza Fandiño, Jorge Mario, González Doria, Yahir Enrique, Doria Oviedo, Miguel, Pedroza Urueta, Álvaro, & Ruiz Garcés, Alejandro Fabio. (2020). 19 Fabricación de biocombustibles sólidos densificados (briquetas) a base de serrín de acacia y estiércol de bovinos en el departamento de Córdoba. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(3), 448-460. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000300448>
- Murcia Palacios, D., & González Vera, A. (2020). Desarrollo De Briquetas De Borra De Café Y Un Aglomerante A Diferentes Composiciones Porcentuales Para Ser Utilizadas Como Combustible Sólido Alternativo [Ebook]. BOGOTA D.C.
- Ríos Badrán, I., Santos Cruz, J., & Gutiérrez Antonio, C. (2020). Biocombustibles sólidos: una solución al calentamiento global [Ebook]. Retrieved from <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/BiocombustiblesSolidos.pdf>