

TESIS DE GRADO DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES,
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO - AÑO
2023.

**LEÑA SOCIAL: PROPUESTA DE GESTIÓN DE PODA
URBANA EN EL DEPARTAMENTO DE GODOY CRUZ,
MENDOZA, ARGENTINA.**



TESISTA: Florencia Paula Edwin

DIRECTOR: Martín Reynoso

CO-DIRECTOR: Andrea Virginia Lacave

LEÑA SOCIAL: PROPUESTA DE GESTIÓN DE PODA
URBANA EN EL DEPARTAMENTO DE GODOY CRUZ,
MENDOZA, ARGENTINA.

Autor: Florencia Paula Edwin

Contacto: fedwin@est.fca.uncu.edu.ar

Director: Martín Reynoso

Co-director: Andrea Virginia Lacave

Comisión evaluadora: Ing. Melisa Alarcón; Ing. José Nicolás Martín; Ing.
Ignacio Ferlijiwskyj

RESUMEN

La gestión actual de poda urbana (PU) en el departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza, posee factores mejorables desde el aspecto ambiental, social y económico principalmente. Si bien las tareas de podado en el departamento se realizan de forma preestablecida, se considera, en el presente trabajo, que este tipo de gestión puede mejorarse con los avances tecnológicos que han surgido en el último tiempo, ocupando lo que es actualmente un residuo como un recurso energético.

En el presente documento se realiza un diagnóstico sobre la situación actual de la PU del departamento de Godoy Cruz, con el fin de desarrollar una propuesta de mejora al manejo de los mismos.

El diagnóstico se realizó a partir del trabajo en conjunto con la Subdirección de Forestación de la Municipalidad de Godoy Cruz, proyectos relacionados con la temática y estudios realizados por parte de distintas instituciones. Con el objetivo de conocer el potencial energético de la PU y sus posibles usos, acordes a la demanda por parte de los sectores más vulnerables energéticamente dentro del departamento.

Como se mencionó anteriormente, la propuesta de mejora desarrollada consiste en una modificación de la gestión logística y en el procesamiento de la PU. De esta forma se obtiene como producto fardos de leña, que puedan ser utilizados con fines energéticos por parte de las 170 familias que habitan actualmente el asentamiento *Dique Maure*. Dicha modificación presenta una inversión inicial por la compra de una máquina enfardadora y equipamiento adicional.

En el presente trabajo se observó, mediante un análisis de flujo de fondos económico, que la implementación de un sistema de gestión que permita utilizar los restos de PU como leña es positivo. Además de generar un impacto social y ambiental del mismo carácter.

Se concluye, en vista de las dificultades que presenta la gestión actual de PU, que es necesario implementar sistemas como el propuesto, tanto en el departamento de Godoy Cruz como en otros departamentos de la provincia de Mendoza y del resto de Argentina. Esto, con el fin de incitar a realizar buenas prácticas ambientales en los hogares y municipios, colaborando con la construcción de una sociedad más igualitaria y a la vez sustentable.

ABSTRACT

The current management of urban pruning (PU) in the department of Godoy Cruz, province of Mendoza, has environmental, social and economic problems. Although the pruning tasks in the department are carried out in a pre-established way, it is considered in the present work that this kind of management can be improved with the technological advances that have emerged recently, occupying what is nowadays a waste as an energetic resource.

In this document, a diagnosis is made thinking about the current situation of the PU in the department of Godoy Cruz, in order to develop a proposal to improve their management.

The diagnosis was made from the work in conjunction with the Department of Forestry of the Municipality of Godoy Cruz, projects related to the subject and studies carried out by different institutions to know the calorific power of the PU and its possible uses.

In the present work it was observed, through an analysis of the flow of economic funds, that implementation of a management system that allows the use of the remains of PU as firewood is positive. In addition to generating a social and environmental impact of the same character.

It is concluded, in view of the difficulties presented by the current management of PU, that it is necessary to implement systems like the one proposed, both in the department of Godoy Cruz and in other departments of the province of Mendoza and the rest of Argentina too, in order to encourage to carry out good environmental practices in homes and municipalities, collaborating with the construction of a more egalitarian and sustainable society.

PALABRAS CLAVES

Energía biomásica, Godoy Cruz, empaquetadora de residuos urbanos

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, papá y hermana Valentina por haberme brindado todo su apoyo y cariño desde el comienzo de mis estudios, por siempre motivarme a seguir adelante y ser mejor persona, son mi ejemplo a seguir.

A los amigos que me dió la vida, algunos llegaron hace mucho tiempo y otros más recientemente, pero todos me apoyaron incondicionalmente en cada paso, aliviandome el camino y animándome a ir por más, enseñándome con cada charla, cada risa y cada mate compartido que en lo simple reside la felicidad.

A mis compañeros de la Facultad de Ciencias Agrarias, amigos que me regaló esta hermosa carrera, gracias por hacer este camino tan lindo y alegre, gracias por haber ampliado el horizonte que tenía antes de conocerlos.

A mis compañeros de intercambio que hicieron posible que terminara de escribir este trabajo, gracias por su compañía y por hacerme sentir con un segundo hogar a pesar de estar a miles de kilómetros de mi tierra.

A Martín y Andrea, por haberme ayudado y guiado de una manera tan excepcional en el desarrollo de este trabajo para poder finalizar mis estudios, gracias por su tiempo, dedicación y paciencia.

A David Martín, profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias por ayudarme en el análisis económico de este proyecto y a todos los profesores que con mucha vocación y esfuerzo diario hicieron posible que finalice este camino.

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN, ANTECEDENTES**
 - 1.1. INTRODUCCIÓN**
 - 1.1.1. DEFINICIONES**
 - 1.2. JUSTIFICACIÓN**
 - 1.3. ANTECEDENTES**
 - 1.3.1. Calidad de poda urbana**
- 2. OBJETIVOS**
 - 2.1. OBJETIVO GENERAL**
 - 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**
- 3. ALCANCE DEL ESTUDIO**
 - 3.1. METODOLOGÍA**
 - 3.2. ZONA DE INFLUENCIA**
 - 3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ASENTAMIENTO DIQUE MAURE**
 - 3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL ARBOLADO URBANO**
 - 3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE BRIQUETAS Y PODA DE GODOY CRUZ**
 - 3.2.3.1. TIEMPO DE SECADO DE PODA**
 - 3.3. EXTERNALIDADES DEL USO DE BIOMASA**
- 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA**
 - 4.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA**
 - 4.1.1. Poda urbana enfardada**
 - 4.1.1.1. OPERACIÓN EN CALLE**
 - 4.1.1.2. OPERACIÓN EN CENTROS DE GESTIÓN**
 - 4.1.2. Poda urbana sin enfardar**
 - 4.2. ALTERNATIVA DE MEJORA SELECCIONADA**
- 5. ANÁLISIS FODA**
- 6. PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO**
 - 6.1. PROCESO PRODUCTIVO**
 - 6.2. MODELO DE NEGOCIO**
 - 6.3. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**
 - 6.4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**
- 7. RESULTADOS**
 - 7.1. BRIQUETAS**
 - 7.2. LEÑA SOCIAL**
 - 7.2.1. PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO**
 - 7.2.1.1 INVERSIÓN INICIAL**
 - 7.2.1.1.1. Inversión inicial sin proyecto**
 - 7.2.1.1.2. Inversiones con proyecto**
 - 7.2.1.2. INGRESOS**
 - 7.2.1.2.1 Ingresos de gestión actual**
 - 7.2.1.2.2. Ingresos de la gestión propuesta**

7.2.1.3. EGRESOS	
7.2.1.3.1. Egresos con y sin proyecto	
7.2.1.3.1.1. Egresos sin proyecto	
7.2.1.3.1.2. Egresos con proyecto	
7.2.1.4. FLUJO DE FONDOS	
7.2.1.4.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)	
7.2.1.4.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	
7.2.1.4.3. INTERPRETACIÓN DE INDICADORES	
8. ALTERNATIVA DE MEJORA SELECCIONADA	
8.1. PROPUESTA ECONÓMICA	
8.2. PROPUESTA TÉCNICA	
8.1. ENFARDADORA	
8.2. ZONA DE ACOPIO	
8.3. CANTIDAD DE FAMILIAS ABASTECIDAS CON LEÑA SOCIAL	
8.4. DESTINO DE HOJAS DE PODA	
9. CONCLUSIONES	
10. RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1. Arbolado urbano de la provincia de Mendoza.....	6
Imagen 2. Localización del departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza.....	7
Imagen 3. Asentamiento <i>Dique Maure</i> , departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza.....	8
Imagen 4. Porcentajes de especies de árboles en el departamento de Godoy Cruz.....	9
Imagen 5. Mapa de oferta directa total en la provincia de Mendoza.....	12
Imagen 6. Análisis de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del sistema de gestión de PU propuesto en el presente proyecto.....	17
Imagen 7. Diagrama de flujos para obtención de leña social.....	20
Imagen 8. Mapa de la zona de acopio, asentamiento Dique Maure y ruta de unión de 1,5 km entre ambos puntos.....	34
Imagen 9. Empaquetadora de residuos urbanos de poda UrBioPaq.....	35
Imagen 10. Trabajadores municipales utilizando enfardadora en Buenos Aires.....	36
Imagen 11. Zona de acopio seleccionada.....	37
Imagen 12. Diseño de hileras de fardos de leña.....	38
Imagen 13. Partidora de madera.....	41

Imagen 14. Cortadora de madera.....	42
-------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis cualitativo de las briquetas elaboradas por parte de la Subdirección de Forestación.....	10
Tabla 2. Caracterización analítica próxima o inmediata de muestras de biomasa.....	10
Tabla 3. Resumen del resultado de determinación de PCS a volumen constante mediante bomba calorimétrica (en base seca y por duplicado).....	10
Tabla 4. Resumen del resultado de determinación de PCI a volumen constante mediante ensayo calorimétrico.....	11
Tabla 5. Oferta indirecta de biomasa por departamento.....	13
Tabla 6. Demanda anual de biomasa por departamento.....	13
Tabla 7. Matriz de análisis FODA del sistema de gestión de PU propuesto en el presente proyecto.....	19
Tabla 8. Herramientas disponibles en el municipio de Godoy Cruz para llevar a cabo las actividades de podado anual.....	21
Tabla 9. Cantidad de operarios capacitados disponibles en el municipio de Godoy Cruz para llevar a cabo las actividades de podado anual.....	21
Tabla 10. Datos obtenidos de encuestas realizadas a 6 familias del asentamiento “Dique Maure”.....	22
Tabla 11. Flujo de fondos sin proyecto, gestión actual de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz.....	27
Tabla 12. Flujo de fondos con proyecto, gestión actual de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz.....	28
Tabla 13. Toneladas de PU generadas en el departamento de Godoy Cruz en época fuerte y sus costos de deposición en el vertedero El Borbollón.....	31
Tabla 14. Toneladas de PU generadas en el departamento de Godoy Cruz en época de desrame y sus costos de deposición en el vertedero El Borbollón.....	32
Tabla 15. Gasto de transporte de PU con camiones en época de desrame por parte de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz.....	32
Tabla 16. Gasto de transporte de PU con camiones en época de desrame por parte de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz.....	32
Tabla 17. Propuesta económica realizada por Lignis a los ocho días del mes de marzo del año 2023.....	36

1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN, ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

El arbolado público en la Provincia de Mendoza, es imprescindible para aportar al ser humano bienestar en un medio natural de características semidesérticas, propias de la provincia. Los mismos aportan no solamente un impacto visual positivo sino que también regulan la temperatura y son refugio de diversas especies.

El podado urbano es una práctica que implica la eliminación de algunas partes del arbolado. Esta actividad se realiza durante todo el año, pero su época fuerte es realizada durante otoño e invierno, debido a que es el momento en el cual las especies se encuentran en estado de dormición. En esta época, los árboles se encuentran en reposo vegetativo, dándose ciertas características que evitan causarle daño a los árboles, tales como altos niveles de reservas de alimentos, lo cual es favorable para la cicatrización; la circulación de la savia es lenta, por lo tanto no se produce un derrame de la misma; la corteza es muy dura y se evita que se desgarre; y en el caso de caducifolias se logra observar mucho mejor la disposición de las ramas, facilitando la operación.

Según (A. Lacave, comunicación personal, julio de 2023) se diferencia a esta práctica en 3 tipos, dependiendo de sus objetivos:

1. Poda de formación: se realiza en la temprana edad del ejemplar, con el objetivo de que exprese su morfología propia, con una estructura equilibrada y fuerte.
2. Poda de mantenimiento: se realiza con el objetivo de mantener el arbolado urbano a una altura adecuada, preservando los servicios ecosistémicos del mismo, despejando luminarias y techos de viviendas, equilibrando sus copas.
3. Poda de rejuvenecimiento: tiene como finalidad alargar la vida útil del árbol, se realiza en aquellos casos en los cuales el mismo se encuentra añejo pero no está disponible para ser erradicado.

Como resultado de la poda se obtienen materiales que poseen potencial de energía biomásica. Dicha energía, presenta la ventaja de que es constante y almacenable, no depende de la variabilidad meteorológica, es una solución para la reducción de residuos y efluentes y genera combustibles líquidos, gaseosos y sólidos (biocombustibles). Los mismos pueden ser almacenados, transportados y utilizados con los mismos sistemas de abastecimiento de combustibles fósiles (INTA, 2017).

En el desarrollo de la presente propuesta nos centraremos, como se mencionó anteriormente, en la gestión del podado urbano del departamento de Godoy Cruz, en la provincia de Mendoza. En el mismo, las actividades de poda se realizan a lo largo de todo el año y los restos son trasladados hacia el vertedero El Borbollón, donde la poda es depositada como un residuo y no es aprovechada de ninguna manera.

1.1.1. DEFINICIONES

- **Biomasa:** material de origen biológico que excluye al material biológico inserto en formaciones geológicas o fosilizadas (IRAM-ISO 17225-1).
- **Chipear:** tiene por finalidad producir chips/astillas, mediante el uso de los restos verdes que se obtienen de las distintas tareas como poda y mantenimiento de espacios verdes, jardinería, entre otras (Russi, C.A, 2017).

- **Briquetas:** producto hecho a base de desechos maderables, que mediante un proceso de compresión compactan las partículas formando un producto con propiedades caloríficas adecuadas para su utilización (García, E., 2014).
- **Podado urbano:** acción necesaria para evitar que caigan ramas, lo que puede provocar lesiones en las personas y otros daños, y para mantener el crecimiento de los árboles bajo control, impidiendo que su desarrollo afecte las edificaciones cercanas (Pérez Porto, J.; Merino, M., 2013).
- **Leña:** madera generalmente trozada, proveniente de troncos o ramas, que se destina para hacer fuego. Es un material altamente higroscópico, y al momento de su corte puede tener un contenido de humedad elevado (mayor al 30-40%). La madera destinada a su utilización como leña normalmente atraviesa un periodo de estacionamiento que permite un oreado o secado al aire, hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente circundante (FAO, 2008).
- **Época de desrame:** podado realizado desde noviembre a marzo, consiste en retirar aquellas ramas con un diámetro menor a 20 centímetros de diámetro (A. Lacave, comunicación personal, 2021).
- **Época de podado fuerte:** podado realizado desde el mes de abril hasta el mes de octubre, consiste en retirar aquellas ramas con un diámetro mayor a 20 centímetros de diámetro, también se retiran árboles completos que se encuentran secos (A. Lacave, comunicación personal, 2021).
- **Vulnerabilidad energética:** presente en hogares que no tienen acceso a electricidad, sea por red o cualquier otra forma. Hogar que no accede a fuentes de gas, sea por red o garrafa (CONICET, 2020).

1.2. JUSTIFICACIÓN

A lo largo del tiempo, se ha demostrado que la falta de modelos de gestión eficientes para residuos de poda urbana, han sido fuente de generación de problemas, no solo ambientales sino también sociales y económicos.

En lo ambiental, por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), contaminación de suelo y aguas subterráneas, agotamiento de vertederos e incendios. En cuanto a lo social, se observa como la poda es arrojada junto con el resto de los residuos sólidos, cuando podría ser aprovechada por la sociedad como un recurso para la generación de energía térmica, el cual presenta una elevada demanda actualmente, además el paisaje se ve alterado cuando la poda se arroja en vertederos o en sitios no controlados. Económicamente, trae inconvenientes en cuanto a costos elevados de transporte y remediación de problemas ambientales, que la poda puede generar por el hecho de ser depositada en vertederos sin ningún tipo de control, como sucede habitualmente (Mosquera, J., 2017).

Actualmente, existe un gran interés por aumentar el uso de fuentes de energía de tipo renovable, tanto por sus beneficios ambientales como por el potencial económico que representa. Como menciona FAO (2020) en su informe técnico N°10, la mayor parte de la matriz energética argentina se encuentra conformada por combustibles fósiles, sin embargo, frente al contexto de crisis energética actual a nivel local e internacional, la disponibilidad de recursos biomásicos con la que cuenta el país, representa una oportunidad de diversificación energética. Este cambio de paradigma, ha desencadenado el desarrollo de diferentes proyectos de esta índole, entre ellos de energía térmica de biomasa.

En contraste con lo mencionado anteriormente, cabe destacar que los restos de poda tienen un elevado potencial como fuente de energía biomásica. Este material podría ser de gran ayuda, si la misma fuese tratada como un recurso en lugar de basura, sin ningún fin útil como en la actualidad (Fernández, J., 2003).

1.3. ANTECEDENTES

La gestión actual de poda urbana, en el departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza, es realizada durante todo el año, por parte de la Subdirección de Forestación del Municipio. En el presente, el podado urbano en este departamento, se lleva a cabo con motosierras eléctricas. Luego, toda la poda es cargada en camiones contratados y se transporta hacia el relleno sanitario El Borbollón, sitio donde la misma es depositada junto con el resto de los residuos sólidos urbanos.

Este sistema presenta problemas de gran magnitud, los más destacables son: un elevado gasto de combustible desde el centro de Godoy Cruz hacia El Borbollón, que posee una distancia de 19 kilómetros de ida. Además, un costo adicional que cobra este relleno sanitario por toneladas de residuos a depositar, comprendido en 2.095,00\$/tonelada de residuos (noviembre de 2022), lo que equivale a 12,74 USD¹/tonelada de residuos y una elevada cantidad de camiones necesarios, 3 por día, los cuales son contratados a razón de 2.300,00\$/hora*camión, 13,98 USD/hora*camión (A. Lacave, comunicación personal, 2022); ocasionando gastos de 28.112.674,66 \$/año (170.887,33 USD/año) para el municipio. Además una vez que la poda se seca, en ocasiones, se prende fuego y es difícil de controlar.

La propuesta de gestión será desarrollada en la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, la cual comenzó a trabajar en el año 2019 con algunas toneladas de poda urbana (5 t, aproximadamente), con el objetivo de dejar de depositarla junto con el resto de los residuos sólidos urbanos (RSU) y buscarle un fin útil. Para ello comenzaron a chipear la misma para luego formar, junto con papeles, aserrín y chips de poda, briquetas. Sin embargo, esta prueba no tuvo el mejor de los resultados, ya que si bien logró disminuir los costos de transporte y los problemas ambientales que presenta el depósito con residuos (A. Lacave, comunicación oral, 2022).

USD¹: tipo de cambio de 164,50 \$/USD, correspondiente a dólar billete oficial a la venta, Banco Nación, día 04 de noviembre de 2022.

1.3.1. Calidad de poda urbana

A continuación, se procederá a realizar una breve mención sobre la calidad de poda urbana y antecedentes de aplicación de sistemas de gestión similares al propuesto en este proyecto en otras localidades de Argentina, de Latinoamérica y el mundo.

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial, al igual que la empresa bonaerense Lignis, la cual se encarga de gestionar residuos de poda, han realizado diversos estudios en pos de conocer la calidad de la poda urbana. Tanto INTI como la empresa Lignis, por separado, coinciden en sus conclusiones, siendo las mismas que la biomasa obtenida de la poda urbana posee un gran potencial para el aprovechamiento energético, pero el desafío consiste en la reducción del costo logístico y de postratamiento. Resolver esto, permite generar ahorros y, al mismo tiempo, poder mostrar un cambio positivo respecto al desempeño socio-ambiental de los municipios en los que ha sido ejecutado un plan de gestión, con el objetivo de utilizar poda como recurso biomásico en forma de leña, en lugar de destinarla como un residuo para disposición final en vertedero.

Antes del año 2018, municipios como Pilar, en la provincia de Buenos Aires gastaban 110.000 USD/año solo con el transporte de la poda hacia un relleno sanitario, en el que, frecuentemente, había problemas porque la misma se incendiaba. Con la nueva gestión, puesta en práctica en el año 2018, se logró reducir el costo a 50.000 USD/año, generando un combustible barato y beneficios para el municipio. Esto generó un triple impacto debido al aporte directo de biomasa en forma de leña a las familias, una mejora ambiental y una mejora en la percepción social de la gestión municipal. Se logró con una gestión que se ejecutó con el propósito de obtener leña a partir de la poda urbana. Haciendo una inversión inicial para la compra de una máquina enfardadora, lo mismo fue llevado a cabo en el Chaco Seco y distritos de la provincia de Buenos Aires (Lignis, 24 de junio de 2020).

Hay lugares en Latinoamérica como Sao Paulo, Brasil que con el incentivo de cumplir el protocolo de Kyoto, prohibieron el relleno sanitario con poda urbana. En su lugar lo ocupan actualmente como un recurso biomásico para obtener energía, mientras que las hojas son utilizadas para realizar compost (Geraldo, F., 2016).

En el partido de La Plata (Buenos Aires) se utilizan los restos de poda de quebracho colorado, itín y eucalipto, para calefacción de hogares principalmente y, en segundo lugar, para la cocción de alimentos. Cabe destacar, que en este lugar la leña obtenida de la poda es vendida (Universidad Nacional de La Plata, 2019).

En el ayuntamiento de Ogíjares, Granada, España; se puso en marcha en el año 2013 un plan de gestión que actualmente sigue vigente. El mismo consiste en perfeccionar la gestión de poda urbana, utilizando los restos de esta por fracciones, realizando valorizaciones de dos tipos: valor como compost para abonar espacios verdes de la zona y biomasa en forma de leña para calefacción. Este trabajo se realizó en una primera instancia, con el sector social, con el objetivo de que la población tomara conciencia del valor de este recurso y luego se pudo ver reflejado en números un ahorro cercano al 50% en cuanto a costos de transporte y gestión de poda como residuos (Ahora Granada, 2023).

En la provincia de Mendoza, hay municipios como Godoy Cruz que muestran interés para que este tipo de gestión se ponga en práctica. La subdirectora de la Subdirección de Forestación de Godoy Cruz afirma que es una necesidad trabajar en un sistema de gestión alternativo para solucionar problemas ambientales y sociales (A. Lacave, comunicación personal, 2021).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema alternativo de gestión de la poda urbana municipal, en base al aprovechamiento energético de la corriente material en forma de leña social, en el departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la implementación de una máquina enfardadora fija en pos de mejorar la logística de recolección y el postratamiento del material.

Establecer tiempos de secado que la leña debe tener para que pueda ser aprovechada correctamente.

Generar un mecanismo de distribución para abastecer con leña a los sectores del departamento de Godoy Cruz catalogados como vulnerables energéticamente.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

3.1. METODOLOGÍA

Para iniciar con el desarrollo de este proyecto se procedió a dialogar con la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, con el objetivo de conocer detalladamente de qué manera se gestiona año a año la PU, desde la obtención hasta su disposición final.

En el mes de julio del año 2022 se entregaron, por parte de la Subdirección de Forestación 400 briquetas por hogar, en el asentamiento "*Dique Maure*". La cantidad de briquetas mencionadas pesó 100 kilos aproximadamente y fueron fabricadas con restos de poda del municipio de Godoy Cruz, chipeadas en el predio de la Forestación y prensadas en el mismo, junto con aserrín y papel.

En el mes de agosto del año 2022 se procedió a realizar una encuesta a las familias del asentamiento, el mismo acoge a 170 familias y se encuentra localizado aproximadamente a 5 km hacia el oeste del centro del departamento de Godoy Cruz. Los hogares entrevistados tuvieron un promedio de 4 habitantes por domicilio, de la totalidad de familias encuestadas, un 90% presentaron condiciones precarias de construcción. Los resultados obtenidos de estas encuestas se encuentran en el apartado 7.1.

De la información obtenida y del estudio realizado sobre la gestión actual de PU, se hizo un análisis de antecedentes de distintas alternativas para el manejo de este tipo de residuos con el fin de que la misma pueda realizarse de una manera más eficiente. Cabe destacar que para considerar las distintas alternativas se tuvieron en cuenta las demandas energéticas de la zona a través de datos otorgados por parte del municipio y los posibles usos del PU para evitar que el mismo se convierta en residuo, junto con la disponibilidad del municipio de implementar un nuevo sistema de gestión.

Además, se procedió a realizar una evaluación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), un estudio de prefactibilidad técnico y económico del proyecto, en pos de concluir la viabilidad de la presente propuesta de gestión. Se acudió a buscar una solución para reducir el volumen de poda urbana, mantenerla ordenada y poder transportarla hacia los hogares con mayor facilidad, de esta manera fue que se dio con grupo Lignis que es una empresa bonaerense que produce máquinas enfardadoras, siendo en la actualidad la única proveedora en Argentina, se utilizaron datos de costos de los

productos de esta empresa para volcarlos en el análisis económico de la presente propuesta.

Para el estudio de prefactibilidad económica, se planteó un flujo de fondos pensado para 10 años, teniendo en cuenta ingresos, egresos y costos de inversión comparando un análisis sin proyecto, es decir de la gestión actual y un análisis con proyecto, de la gestión propuesta. Los costos se obtuvieron por medio de la Subdirección de Forestación de la municipalidad de Godoy Cruz y del grupo Lignis.

Con el objetivo de conocer la viabilidad y rentabilidad de ambos proyectos, se utilizaron dos indicadores: VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), a partir de los cuales se elaboraron luego conclusiones.

3.2. ZONA DE INFLUENCIA

La propuesta de gestión del presente proyecto está destinada al departamento de Godoy Cruz de la provincia de Mendoza, la misma se encuentra localizada al centro-oeste de la República Argentina, caracterizada por su clima árido. Puede apreciarse en la imagen 1 el arbolado urbano en la provincia de Mendoza.

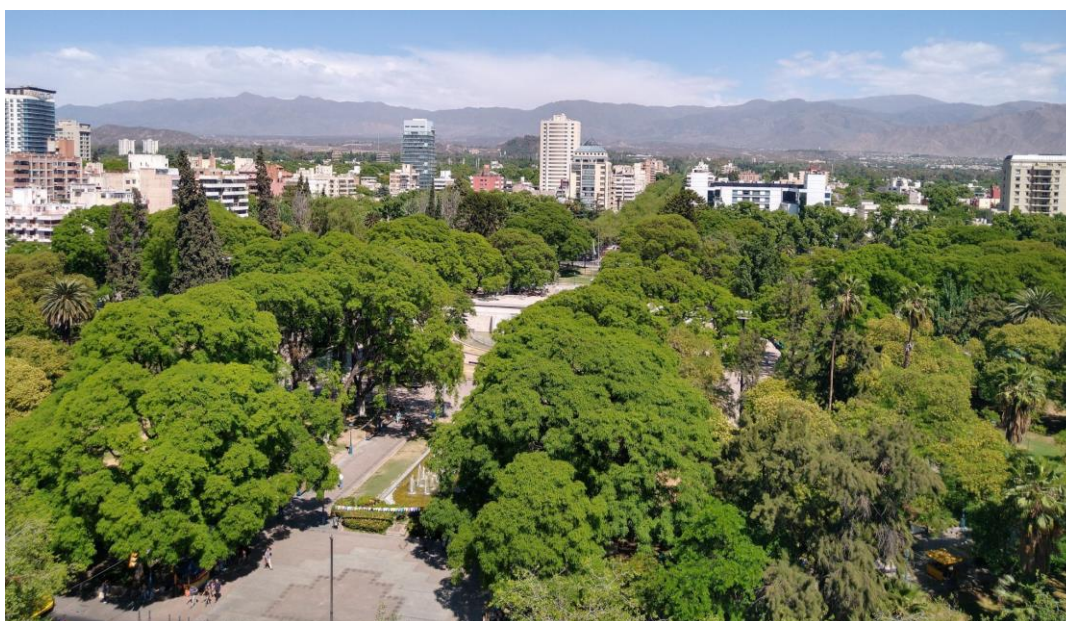


Imagen 1. Arbolado urbano de la provincia de Mendoza. Fuente: Gobierno de Mendoza, 2020.

Las condiciones climáticas históricas de la zona de Mendoza, generaron la necesidad de crear un oasis irrigado mediante un sistema de acequias, lo que permitió, además de desarrollo agrícola, el establecimiento y mantenimiento de arbolado urbano.

Cabe destacar que el mencionado arbolado urbano de la provincia de Mendoza, por su historia, forma parte de un patrimonio cultural que se encuentra fuertemente arraigado en la sociedad (M. Domizio, 2014). Este factor junto a la densidad de arbolado en el sector urbano genera que se le dé una gran importancia a su mantenimiento y cuidados como por ejemplo frente a factores climáticos adversos como lo es el viento zonda.

El presente proyecto, centra su estudio en la totalidad de podado urbano obtenido en el departamento de Godoy Cruz. El mismo, se comprende de 6992 toneladas de poda anuales, según lo calculado en base a datos de la Subdirección de Forestación en 2021. Por otra parte, la mayor demanda energética insatisfecha de tipo residencial se centra en las zonas del mismo departamento más vulnerables como asentamientos (A. Lacave, comunicación

personal, 2021). Se observa en la imagen 2 un mapa de Godoy Cruz en la provincia de Mendoza.



Imagen 2. Localización del departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza. Fuente: Wikimedia Commons (2013).

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ASENTAMIENTO DIQUE MAURE

Se propone que la leña obtenida de la PU sea destinada al asentamiento *Dique Maure*, cabe destacar que se dirigió la presente propuesta a este asentamiento ya que por disposición de la Dirección de Hábitat del municipio de Godoy Cruz, se realizó a modo de prueba la entrega de un lote de briquetas en el mes de julio de 2022, por lo tanto se utilizó esa práctica para obtener datos que contribuyan al desarrollo del presente trabajo.

Dique Maure se localiza en el sector Oeste del departamento de Godoy Cruz. Al estar ubicado en la provincia de Mendoza su clima se caracteriza por ser árido con escasa humedad relativa. Las precipitaciones ocurren entre octubre y marzo; la media de los últimos 80 años es de 198 mm. La temperatura máxima absoluta en verano es de 42,7 y la mínima absoluta de -6,2° C en invierno (Grünwaldt, Eduardo G. Pesalaccia, M. F.; Pedone, C., 1995).

En cuanto a la vegetación en el área es típica de Monte (Roig, 1976), compuesta por hierbas como *Thymophylla belenidium* (perlilla); arbustos como *Larrea cuneifolia* y *L. divaricata*, ambas denominadas comúnmente jarilla; gramíneas como *Trichloris crinita* (pasto de hoja) y suculentas como la *Opuntia sulphurea* (Grünwaldt, Eduardo G. Pesalaccia, M. F.; Pedone, C., 1995).

Durante la entrevista realizada en el año 2021, se encontró que las viviendas de la zona, se presentan construidas de materiales diversos como adobe, ladrillo, madera, chapas y polietileno. Algunas de ellas poseen baño dentro del domicilio mientras que otras los poseen en el exterior.

El método más frecuente entre la población para calefaccionarse es a través de leña combustionada en salamandras, también es utilizada para calentar agua sanitaria. En ocasiones, sobre todo en invierno, cuando ha escaseado biomasa han optado por quemar objetos plásticos, los cuales son perjudiciales para la salud y el medioambiente.

Los datos obtenidos de registros de temperaturas, velocidad del viento de la zona, por otra parte las condiciones de los hogares relevados en una visita realizada a dicho asentamiento. Los mismos nos dan una aproximación a las necesidades que presentan dichos habitantes para poder calefaccionar de manera adecuada durante el invierno.

Cabe destacar que la definición de “asentamiento” según TECHO (2016) es:

“Barrios que se constituyeron mediante distintas estrategias de ocupación del suelo, que presentan diferentes grados de precariedad y hacinamiento, un déficit en el acceso formal a los servicios básicos y situación dominial irregular en la tenencia del suelo. La definición operativa es el asentamiento, entendido como un conjunto de un mínimo de ocho familias (agrupadas o contiguas), en donde más de la mitad de la población no cuenta con título de propiedad, ni acceso regular a, por lo menos, dos de los servicios básicos (red de agua corriente, energía eléctrica con medidor domiciliario y/o sistema de eliminación de excretas a través de la red cloacal formal).”

A continuación se adjunta un mapa del asentamiento delimitado.

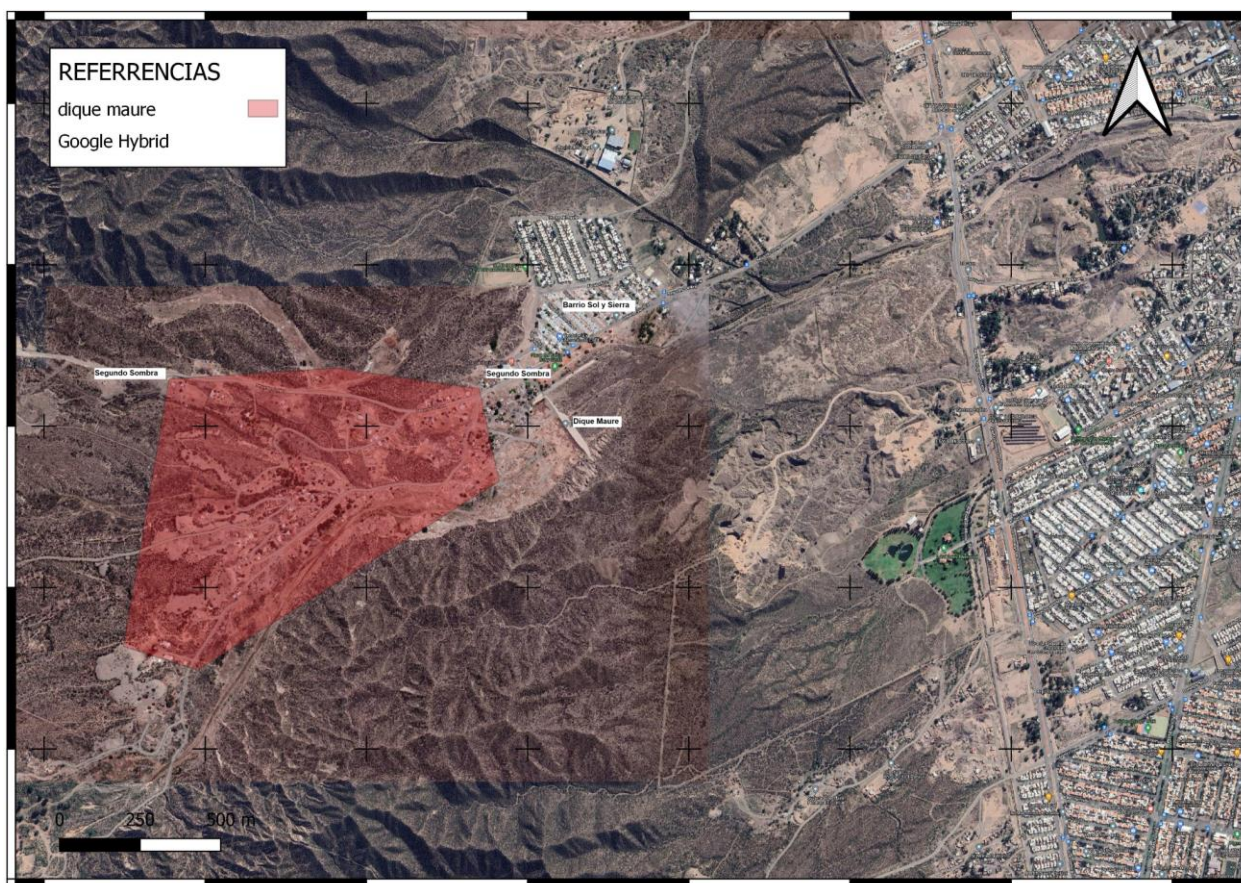


Imagen 3. Asentamiento *Dique Maure*, departamento de Godoy Cruz, provincia de Mendoza. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los pobladores de esta zona, presentan poseen escasos recursos económicos, no poseen acceso a servicios básicos como electricidad y gas. Si bien este no es un caso

excepcional del asentamiento Dique Maure, sino que se repite en más asentamientos, dentro del departamento de Godoy Cruz, se decidió trabajar sobre el mismo por sugerencia de Hábitat del municipio.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL ARBOLADO URBANO

El arbolado urbano presente en el departamento de Godoy Cruz, está compuesto principalmente por *Morus alba híbrido* “morera híbrida”, *Acer negundo* “acer”, *Fraxinus americana* “fresno americano”, *Melia azedarach* “paraíso común”, *Fraxinus excelsior* “fresno europeo” y *Platanus acerifolia* “plátano” (Forestación Godoy Cruz, 2021) . Se adjunta un gráfico de torta de especies realizado por parte de la Subdirección de Forestación de Godoy Cruz en el año 2021.

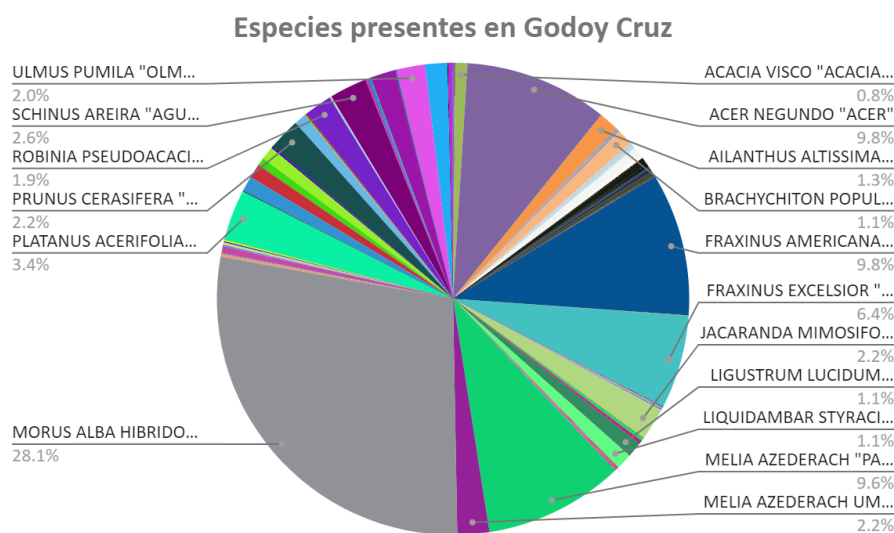


Imagen 4. Porcentajes de especies de árboles en el departamento de Godoy Cruz. Fuente: elaboración propia en base a datos de la Subdirección de Forestación, Godoy Cruz.

Como podemos ver, *Morus alba híbrido* es la especie con mayor cantidad de individuos dentro del departamento, en cuanto al resto de las especies presentes, se puede considerar que poseen una distribución relativamente equitativa.

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DE BRIQUETAS Y PODA DE GODOY CRUZ

En el año 2021 se procedió a realizar, por parte de la Subdirección de Forestación de Godoy Cruz, un análisis cualitativo de las briquetas obtenidas en el mismo municipio, fabricadas por medio de chipeo de PU a partir de las especies presentes en el mismo, mencionadas en el apartado 3.2.2 y su posterior prensado junto con papel y aserrín.

Cabe destacar que las mismas fueron utilizadas en una estufa a leña con chimenea de concreto, dentro de una oficina con paredes de ladrillo revestidas en concreto. Los resultados obtenidos a partir de ese ensayo se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Análisis cualitativo de las briquetas elaboradas por parte de la Subdirección de Forestación. (2021).

característica	percepción
cantidad de humo	muy baja
cantidad de cenizas	muy baja
sensación de calor	alta

Cabe destacar que se consideró como muy baja percepción a la presencia de humo cuando el mismo no pudo ser percibido visual y olfativamente. Como muy baja a la cantidad de cenizas que, al finalizar la ignición de una unidad de material no dejaron restos significativos que requirieron limpieza del sitio de quema. Como alta a la sensación de calor cuando la persona dejó de sentir frío en un radio de 2 metros desde el sitio de quema.

Se presenta a continuación un estudio genérico de valorización de materiales biomásicos con fines energéticos por parte de INTI Mendoza. Para llevar a cabo dicho estudio el municipio de Godoy Cruz entregó un pequeño lote de material de podado urbano en el año 2021, el lote de material mencionado estuvo formado por las especies más representativas del municipio.

Tabla 2. Caracterización analítica próxima o inmediata de muestras de biomasa (INTI, 2021).

Muestra	Contenido de humedad en base húmeda [% m/m, bh]	Contenido de cenizas en base seca [% m/m, bs]	Materias volátiles en base seca [% m/m, bs]	Carbono fijo en base seca (por cálculo) [% m/m, bs]
Leña de poda	9,23	7,13	74,46	18,41

En cuanto a las determinaciones analíticas próximas o inmediatas mencionadas precedentemente, se especifica que: la determinación de Humedad se efectúa en estufa de secado de convección forzada a 105°C hasta peso constante en base a UNE CEN/TS 14774-1:2007, contenido de Cenizas (% Cz) mediante mufla de calcinación en base a UNE-EN 14775:2010, Materias Volátiles (% MV) en mufla de calcinación en base a UNE-EN 15148:2010 y contenido de Carbono Fijo (% CF) por cálculo a partir de resultados analíticos anteriores.

$$\text{Biomasa (en fresco)} = \text{Materia seca [\%]} + \text{Humedad [\%]}$$

$$\text{Materia seca} = \text{Cenizas [\%]} + \text{Carbono Fijo [\%]} + \text{Materias Volátiles [\%]}$$

Tabla 3. Resumen del resultado de determinación de PCS a volumen constante mediante bomba calorimétrica (en base seca y por duplicado). Fuente: INTI (2021).

Muestra	Parámetro	Método/Norma	Equipo empleado	Valor	Unidades
Leña de poda	PCS _{vol. const., b.s.}	UNE 164001 EX	IKA C2000	19.011	J/g b.h

A continuación se muestra el valor del poder calorífico inferior, PCI, el mismo se calcula con el fin de saber la cantidad de energía con la que se cuenta finalmente.

Tabla 4. Resumen del resultado de determinación de PCI a volumen constante mediante ensayo calorimétrico. Fuente: INTI (2021).

Muestra	PCI calculado a presión constante y en base seca [kJ/kg, b.s.]	PCI calculado a presión constante y a humedad de muestra [kJ/kg, b.h.]
Leña de poda	17.784	15.918

Es esencial que la leña se encuentre lo más seca posible para lograr una combustión eficiente, evitando así el desperdicio de combustible. Para alcanzar este tipo de reacción, además de estar seca, la leña debe contar con la cantidad adecuada de aireación para una oxigenación completa. La humedad en la leña puede llevar a una pérdida de energía de combustión, ya que parte de esta se utiliza para evaporar el agua presente, reduciendo la temperatura de reacción y afectando negativamente la eficiencia del proceso.

La calidad de la leña se asocia al contenido de humedad de la misma. La Ley de Chile N°21499 de Biocombustibles Sólidos (2022), que apunta a regular los combustibles sólidos provenientes de la biomasa, establece que el porcentaje de humedad sea menor al 25%, ya que en este porcentaje se producen 9 veces menos emisiones de material particulado que con un 35% de humedad. Por otra parte indica que la leña seca, entrega entre un 12% y 14% más calor que la leña húmeda.

Teniendo en cuenta que al material se lo puede dejar en un porcentaje óptimo de humedad, se puede concluir que el mismo se va a comportar adecuadamente a la hora de combustionar.

3.2.3.1. TIEMPO DE SECADO DE PODA

El tiempo de secado de la poda urbana en la región de Mendoza presenta variaciones significativas según la época del año. En esta provincia, las estaciones se dividen en cuatro categorías, cada una con características climáticas distintas.

Según un diálogo mantenido con A. Lacave, en el año 2022, durante los meses de diciembre a marzo, es decir, durante primavera y el verano, se presentan las estaciones más cálidas. En este período, la poda urbana tiende a secarse rápidamente, normalmente en un rango de tres a seis semanas. El otoño se hace presente en los meses de abril a junio, con temperaturas más bajas. Aquí, el proceso de secado puede extenderse de seis a diez semanas.

Por último, durante los meses de junio a septiembre prevalece el invierno en Mendoza. Durante esta temporada, el secado se vuelve más lento debido a las condiciones de humedad y las bajas temperaturas, requiriendo típicamente de 10 a 14 semanas.

3.2.3. OFERTA Y DEMANDA PROVINCIAL DE BIOMASA

Para conocer la oferta y demanda a nivel provincial de biomasa, se tomó como referencia el informe de WISDOM realizada en el año 2017. El mismo permite integrar y analizar la información estadística y espacial sobre la oferta y demanda de combustibles biomásicos.

Según el modelo conceptual de WISDOM, la oferta total de biomasa está dada por la sumatoria de la oferta directa, compuesta por bosques nativos, frutales, forestaciones, hortalizas, etc., más la oferta indirecta, dada por poda urbana, secadero de frutas, etc. Por otra parte, la demanda se encuentra compuesta fundamentalmente por ladrilleras más el consumo residencial.

Cabe destacar que en el presente informe de WISDOM, cuando se menciona la palabra toneladas, hace referencia a masa seca del material, es decir con humedad en base cero. A continuación se puede observar un mapa de la provincia de Mendoza con la oferta directa total del recurso.

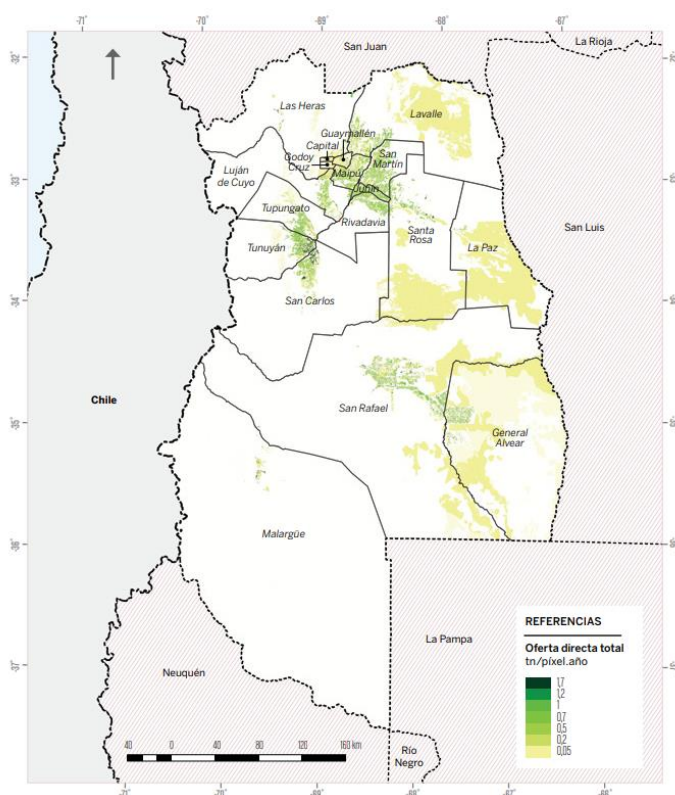


Imagen 5. Mapa de oferta directa total en la provincia de Mendoza. Fuente: WISDOM, Mendoza (2017).

Tabla 5. *Oferta indirecta de biomasa por departamento. Fuente: WISDOM, Mendoza (2017).*

Departamento	Oferta Indirecta (tn/año)			
	Bodegas	Frigoríficos de fruta	Poda urbana	Secaderos de fruta
Capital	0,0	0,0	898,8	0,0
General Alvear	0,0	1640,0	332,2	177,6
Godoy Cruz	51,9	0,0	843,1	0,0
Guaymallén	3930,6	5269,0	1623,6	0,0
Junín	10 275,1	0,0	61,2	25,4
La Paz	13,2	0,0	102,9	10,2
Las Heras	1005,5	0,0	2430,5	0,0
Lavalle	7856,5	0,0	157,9	0,8
Luján de Cuyo	11104,2	0,0	1239,7	0,0
Maipú	19462,0	272,0	1132,3	10,6
Malargüe	0,0	0,0	217,9	0,0
Rivadavia	19890,3	25,0	242,0	25,8
San Carlos	1754,8	0,0	92,1	0,0
San Martín	47 295,1	552,0	558,5	56,3
San Rafael	6832,7	1440,0	1328,3	576,9
Santa Rosa	4884,0	0,0	61,8	33,1
Tunuyán	3157,0	6758,0	217,9	0,0
Tupungato	3852,5	0,0	12,3	0,0
SubTotal	141 365,4	15 956,0	11 552,9	916,7
Total	169 791,0			

Tabla 6. *Demanda anual de biomasa por departamento. Fuente: WISDOM, 2017*

Departamento	Demanda (tn/año)	
	Demanda residencial	Ladrilleras
Capital	63,4	0,0
General Alvear	216,0	344,0
Godoy Cruz	106,2	0,0
Guaymallén	262,6	1462,0
Junín	70,6	1118,0
La Paz	77,3	86,0
Las Heras	764,3	2924,0
Lavalle	1468,7	1032,0
Luján de Cuyo	156,5	0,0
Maipú	357,6	258,0
Malargüe	921,7	0,0
Rivadavia	155,0	172,0
San Carlos	249,8	0,0
San Martín	402,1	1032,0
San Rafael	909,8	2236,0
Santa Rosa	123,8	86,0
Tunuyán	208,5	0,0
Tupungato	87,0	0,0
SubTotal	6 600,7	10 750,0
Total	17 350,7	

En el informe Wisdom Mendoza (FAO, 2017) se puede identificar que la oferta de biomasa en el departamento de Godoy Cruz proviene principalmente de la poda urbana

(843 tn/año). Mientras que la demanda residencial es de 106 tn/año, habría un superávit de biomasa de 737 tn/año.

El informe de FAO 2017, con metodología Wisdom señaló lo siguiente:

La Provincia de Mendoza presenta una amplia variedad de fuentes de biomasa, principalmente residuos provenientes de la poda de frutales y vid. Asimismo, el volumen de biomasa seca y húmeda, le confiere a la Provincia un gran potencial bioenergético, susceptible de producir energía renovable. El análisis realizado constituye un insumo esencial para la toma de decisiones en políticas públicas y en la planificación y formulación de estrategias bioenergéticas. Este trabajo constituye la línea de base para la promulgación de proyectos bioenergéticos de manera sustentable.

Existe una discrepancia significativa entre los datos de oferta de poda urbana de la FAO, en el informe con metodología Wisdom y los datos obtenidos para el presente trabajo. Se debe considerar con precaución la información del informe Wisdom, ya que se basa en estimaciones que dependen de estimaciones.

En el documento WISDOM Argentina (FAO, 2017) utilizó para Mendoza el valor medio (0,23 tn/ha x año) y la cantidad de hectáreas se estimó en base a los radios censales de tipo “urbano” del CNPhyV, del 2010 (INDEC, 2010).

Como resultado, la estimación de poda presentada en el informe resulta ser considerablemente inferior a la cantidad real de poda en el departamento de Godoy Cruz, según los datos analizados en este proyecto.

3.3. EXTERNALIDADES DEL USO DE BIOMASA

Se entiende por externalidades a los costos o beneficios asociados a una actividad económica concreta que recae indiscriminadamente sobre la sociedad y el medio ambiente, y no están incluidos en la estructura de precios del producto o servicio que la origina (FAO, 2020). Las externalidades positivas del empleo de biomasa como fuente de energía están relacionadas con la eliminación de residuos que de otra manera generarían olores, en algunos casos impactos sobre la salud, contaminación visual, ocupación de espacios y generación de metano, un gas de efecto invernadero (GEI) cuyo poder de calentamiento global es 21 veces mayor que el del dióxido de carbono (PROBIOMASA, 2020).

Además de las externalidades mencionadas anteriormente, se debe tener en cuenta que el empleo de los residuos de PU como fuente de energía biomásica trae consigo ventajas tales como disminución de riesgos de incendios y ahorro de emisiones de CO₂ por reemplazo de una fuente de combustible fósil. Por otra parte, existen externalidades negativas como contaminación del aire por partículas, desprendimiento de gases nocivos (benceno, formaldehído, acroleína e hidrocarburos aromáticos policíclicos); se debe tener en cuenta que cuanto más completa sea la combustión de la leña menor cantidad de humo se liberará (EPA, 2023).

Según una valoración de externalidades de biomasa seca realizada por FAO (2020), más del 60% del valor de las externalidades corresponde a los aspectos que podrían denominarse socioeconómicos (inversión, empleo e impuestos). Mientras que el resto se divide entre el aprovechamiento energético y la disminución de impactos ambientales.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Para desarrollar la propuesta de mejora se realizó un análisis de las cantidades de PU obtenidas anualmente en el departamento de Godoy Cruz, un diagnóstico obtenido a partir de las necesidades de leña social por parte de las familias del asentamiento *Dique Maure* y de los resultados obtenidos en el flujo de fondos. Se desarrollaron 3 alternativas de mejora y se procedió a seleccionar la más conveniente.

Por último, con la propuesta de gestión elegida, se procedió a realizar una comparación de la gestión con proyecto y sin proyecto, con el objetivo de comparar ambas alternativas. Se debe tener en cuenta que para el desarrollo de la presente propuesta se tuvo la intención no solamente de transformar un residuo en un recurso para una zona vulnerable energéticamente, si no que también disminuir impactos ambientales negativos.

4.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

A continuación se evalúan 3 posibles alternativas de mejora, de las cuales 2 requieren una enfardadora para poda urbana y una no la requiere. Se procederá a realizar un breve análisis de cada una y una conclusión que justifique la propuesta de mejora seleccionada para el desarrollo del presente proyecto.

4.1.1. Poda urbana enfardada

Dentro de esta alternativa, que consiste en enfardar la PU por medio de una máquina, nos encontramos con dos opciones a la hora de operar, las mismas serán detalladas a continuación.

4.1.1.1. OPERACIÓN EN CALLE

Operación en la calle consiste en enfardar el material en las mismas cuadrillas que realizan la poda, para este sistema de operación es necesario un equipo enfardador por cuadrilla y el departamento de Godoy Cruz posee 8 cuadrillas que operan en simultáneo. Por lo tanto se necesitarían 8 máquinas enfardadoras para poder operar con este método, lo cual si bien disminuye la cantidad de camiones necesarios para el transporte de la misma, requiere un gran inversión inicial, en un proyecto que hasta el momento no se ha realizado en ningún municipio de Mendoza.

Otra posible solución para llevar adelante la operación en calle, sería dejar en las mismas la poda acumulada y que una única máquina enfardadora vaya operando en cada cuadrilla. La dificultad de esta opción es que, se debería ir dejando la poda acumulada en las calles por períodos prolongados hasta que la máquina pueda enfardandolos, dificultando el tránsito de los ciudadanos y generando un impacto visual negativo. Cabe destacar que, se dialogó con el municipio sobre esta oportunidad pero fue descartada por las problemáticas mencionadas, sin necesidad de darle una mayor profundidad a la alternativa.

4.1.1.2. OPERACIÓN EN CENTROS DE GESTIÓN

La segunda opción es la operación en centros de gestión, se gestiona el material en un predio pequeño donde se descargan los camiones y se realiza el empaquetado y el acopio del material allí. Es la metodología más utilizada para los departamentos que generan grandes cantidades de PU, es decir más de 5 mil toneladas, como es el caso de Godoy Cruz, debido a que se evitan los conflictos mencionados en el apartado 4.1.1.1. Además, se puede comenzar a operar con una sola máquina enfardadora, lo cual disminuye el costo de inversión inicial y cumple con el objetivo de obtener PU en condiciones para apilar y luego distribuir sin mayores dificultades.

4.1.2. Poda urbana sin enfardar

En esta tercera alternativa se propone que la PU recolectada del departamento de Godoy Cruz sea depositada en una zona baldío en la cual pueda secarse y luego las personas puedan abastecerse de la misma para calefaccionarse.

Se debe tener en cuenta que el volumen de poda urbana sin enfardar depositada por camión es de 6 m³ (metros cúbicos), lo cual representa un gran espacio por camión, además se utilizan 8 camiones diarios en época fuerte de podado (durante 6 meses) y 4 camiones diarios en época de desrame (durante 6 meses). Cabe destacar que también se corren riesgos por incendios, contaminación visual, refugio para especies que presentan un riesgo sanitario elevado para la población, etc.

A partir de esta alternativa podemos concluir que si bien no requiere una inversión inicial como es la compra de una enfardadora o de maquinaria adicional, la cantidad de camiones requeridos para el transporte de la misma, el espacio de depósito necesario y el riesgo de incidentes, representan un elevado valor, y además presenta dificultades para que las personas que habitan en el asentamiento *Dique Maure* puedan abastecerse de la misma, debido a las dificultades de traslado de este material sin un orden determinado.

4.2. ALTERNATIVA DE MEJORA SELECCIONADA

En base a las alternativas descritas en la sección 4.1 se procedió a seleccionar la alternativa de operación en centros de gestión. Como se mencionó en el desarrollo de la misma, es a priori la más adecuada para la cantidad de toneladas anuales de poda que maneja el municipio de Godoy Cruz. No se procedió a profundizar el análisis de las otras alternativas, debido a que se dialogó sobre las problemáticas que implicaría la incorporación de ambas gestiones con la Subdirección de Forestación y se concluyó en que no era necesario realizar análisis adicionales.

5. ANÁLISIS FODA

En base a la alternativa de mejora seleccionada anteriormente, se realizó una evaluación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), la misma fue llevada a cabo con la intención de identificar principalmente oportunidades de mejora para poder desarrollar el plan más adecuado de gestión. Este análisis nos permitirá continuar con un estudio de prefactibilidad técnico y económico del proyecto.

Cabe destacar que, las fortalezas de este análisis hacen referencia a las iniciativas internas que funcionan de una manera adecuada. Una vez identificadas las fortalezas, podrán servir como soporte para aquellas áreas o aspectos que necesiten refuerzo.

Las debilidades, por el contrario, se refieren a las iniciativas internas que no funcionan adecuadamente y ofrecen un punto de partida del cual se puede mejorar el proyecto. Como resultado de las fortalezas y debilidades se obtienen las oportunidades. Son iniciativas externas al proyecto que permiten que el mismo pueda tener un mejor resultado. Por último, las amenazas se refieren a aquellas áreas que tienen potencial para ocasionar problemas y que, al ser externas, se encuentran fuera de nuestro control.

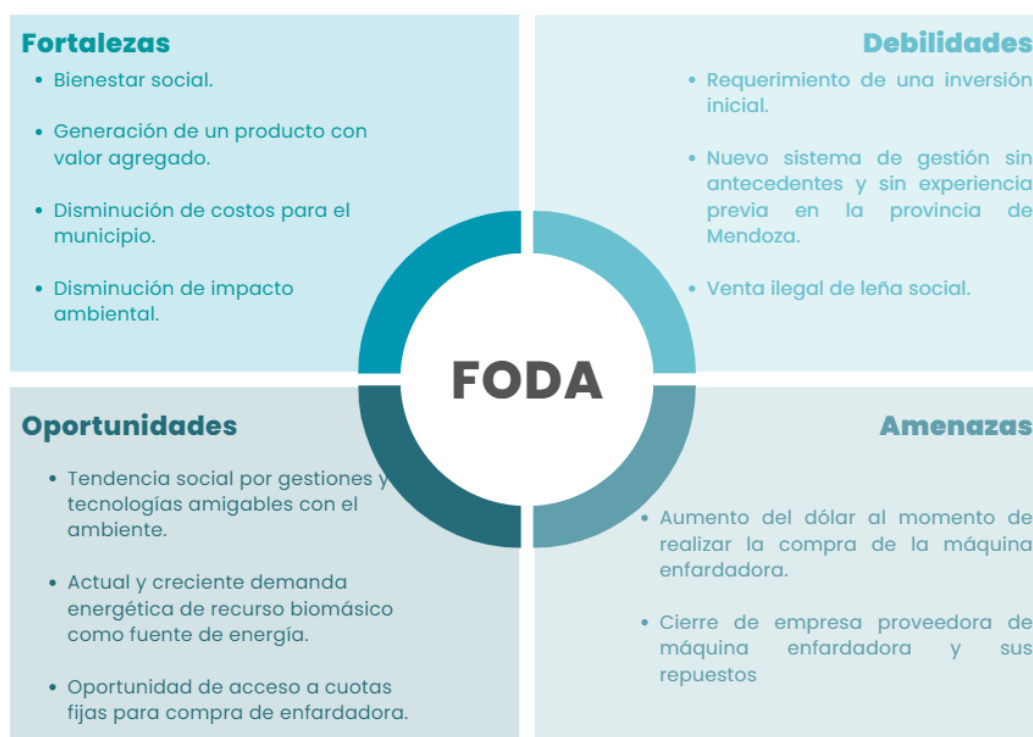


Imagen 6. Análisis de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del sistema de gestión de PU propuesto en el presente proyecto. Fuente: elaboración propia.

Del presente análisis se obtuvieron cuatro principales fortalezas, la primera de ellas es el bienestar social, la misma se contempló debido a que con la producción de leña por medio de PU se estaría cubriendo una demanda energética insatisfecha en la actualidad, otra de las fortalezas es la generación de un producto con valor agregado, se considera a la misma como fortaleza debido a que lo que es en la actualidad un residuo, por medio de un cambio de gestión, pasaría a ser un recurso que tiene un valor en el mercado, a pesar de que no se comercialice.

Otra de las fortalezas es la disminución de costos para el municipio, se consideró de esta manera debido a que el sistema de gestión propuesto generaría una disminución de costos operativos a partir de la inversión inicial que requiere. Por último se consideró como una fortaleza a la disminución del impacto ambiental, por la disminución de cantidad de kilómetros recorridos de cada camión.

Las debilidades detectadas en el FODA son el requerimiento de una inversión inicial, se considera de esta manera ya que el cambio de gestión actual por el propuesto, necesitaría de esta primera inversión para la compra de la enfardadora y luego para incorporar dos operarios más. Otra debilidad es que este sistema de gestión es nuevo, por lo tanto no cuenta con antecedentes ni experiencia previa en la provincia de Mendoza. De esta manera el desconocimiento público del tema puede causar desconfianza. Por último, se detectó a la venta ilegal de leña como una debilidad debido a que sin un adecuado control se podría comercializar el producto final, desvirtuando el espíritu del proyecto.

En oportunidades se detectaron principalmente tres, la primera de ellas es la tendencia que posee la sociedad actualmente por políticas y tecnologías asociadas con el cuidado del medio ambiente (Compromiso RSE, 2020). Se considera oportunidad debido a que generaría un mayor grado de aceptación social hacia el sistema de gestión propuesto.

Otra oportunidad detectada es la actual y creciente demanda del recurso energético biomásico (FAO, 2020). Se justifica en que la producción de leña a partir de PU podría cubrir total o parcialmente a la misma. Por último, se detectó la posibilidad de acceso a la compra de la enfardadora en cuotas fijas ofrecidas por parte de Lignis, esta oportunidad facilitaría al acceso de la misma por parte del municipio.

Las amenazas detectadas son dos, el aumento del dólar al momento de la compra de la máquina enfardadora debido a que puede complicar el acceso a la misma, se habla de aumento de dólar y no de disminución del peso argentino debido a que la máquina está cotizada en dólares, por lo tanto la afectación es directa. Por último, el cierre de la empresa proveedora de la máquina enfardadora y de sus respectivos repuestos.

Tabla 7. Matriz de análisis FODA del sistema de gestión de PU propuesto en el presente proyecto.
Fuente: elaboración propia.

(FE) Factores Internos (FE) Factores Externos	1-(F) Fortalezas 1. Bienestar social. 2. Generación de un producto con valor agregado. 3. Disminución de costos para el municipio.	3-(D) Debilidades 1. Requerimiento de una inversión inicial. 2. Nuevo sistema de gestión sin antecedentes y sin experiencia previa.
	2-(O) Oportunidades 1. Tendencia social por gestiones y tecnologías amigables con el ambiente. 2. Actual y creciente demanda energética de recurso biomásico	Estrategias FO 2F, 2O La generación de la oferta de un producto con valor agregado (leña) que se encuentra con una demanda real y actual.
	4-(A) Amenazas 1. Aumento del dólar al momento de realizar la compra de la máquina enfardadora. 2. Cierre de empresa proveedora de máquina enfardadora y sus repuesto	Estrategias DO 2D, 1O A pesar de que es un sistema de gestión sin experiencia en la provincia hay una actual tendencia social por gestiones amigables con el ambiente.
	Estrategias FA 3F, 2A La escasa aceptación por parte de las políticas del municipio podría verse disminuida debido a la disminución de costos a su favor.	Estrategias DA 2D, 2A Al ser un nuevo sistema de gestión, podría ser más accesible el reemplazo de la empresa proveedora de la máquina enfardadora.

En conclusión del presente análisis, podemos decir que las fortalezas que presenta el proyecto pueden potenciar las oportunidades, en este caso la generación de leña que actualmente es depositada como basura puede cubrir la actual y real demanda energética. Por otra parte, las fortalezas también logran disminuir el impacto de las posibles amenazas, en este caso la amenaza detectada como escasa aceptación social por parte de las políticas del municipio, pueden verse atenuadas por la disminución de costos de gestión y también por cubrir la demanda energética actual de las zonas carentes de energía. Además, existe una tendencia hacia la elaboración de políticas más sostenibles.

En cuanto a las debilidades, entre ellas la falta de experiencia, puede verse atenuada por la actual tendencia de la sociedad hacia los modelos de gestión amigables con el ambiente. La amenaza de cierre de empresa, puede verse disminuida porque al ser un sistema de gestión novedoso y no instaurado hace mucho tiempo, se puede reemplazar por otro proceso de enfardado o empresa.

6. PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

Con el objetivo de evaluar y poder eliminar todas las incertidumbres que pudieran surgir en la propuesta de gestión, se procedió a realizar un estudio de prefactibilidad técnico y económico, de esta manera indicará si la propuesta puede llevarse a cabo de una manera técnicamente sólida y económicamente viable.

El estudio de prefactibilidad técnico consiste en realizar una evaluación y listado de la cantidad y disponibilidad, tanto de herramientas que presenta el municipio como de personal capacitado para poder llevar a cabo el tipo de gestión propuesta.

6.1. PROCESO PRODUCTIVO

Se procede a continuación, en la imagen 7, con la descripción del proceso productivo de obtención de leña social a partir de poda urbana por medio de un diagrama de flujo.

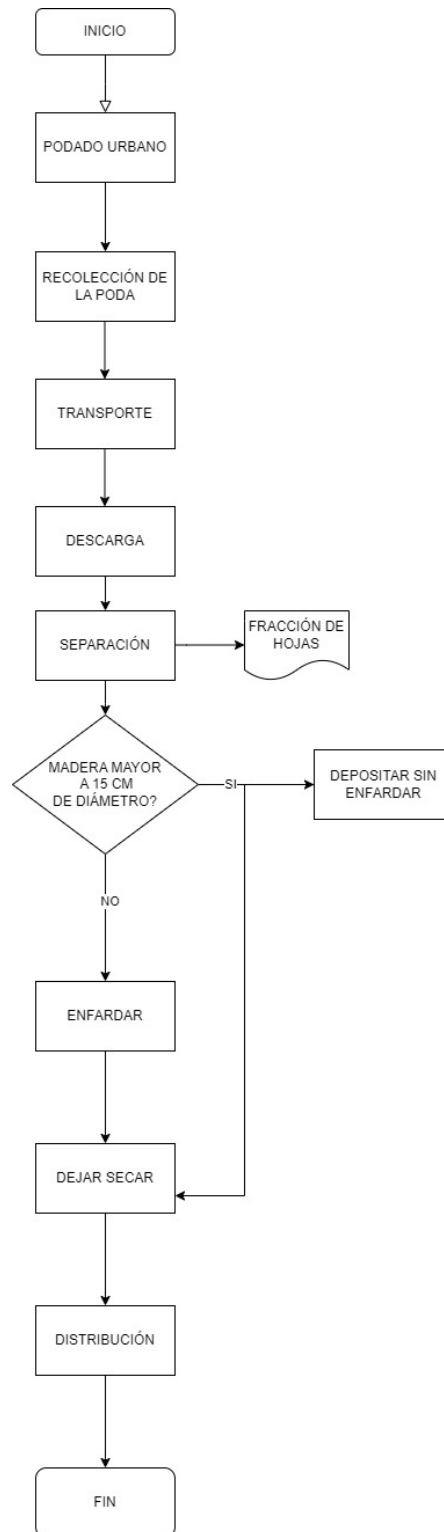


Imagen 7. Diagrama de flujos para obtención de leña social. Fuente: elaboración propia.

6.2. MODELO DE NEGOCIO

En el modelo actual se propone como desarrollador al municipio de Godoy Cruz, con intención de aprovechar energéticamente la biomasa proveniente del podado urbano del departamento, dicho aprovechamiento energético sería por parte del asentamiento *Dique Maure*. A continuación se realiza una breve descripción de las herramientas necesarias para llevar adelante este proyecto y de las herramientas que dispone actualmente el municipio.

Tabla 8. *Herramientas disponibles en el municipio de Godoy Cruz para llevar a cabo las actividades de podado anual. Fuente: elaboración propia.*

Herramientas disponibles en la actualidad	Cantidades	Herramientas necesarias para el modelo de gestión propuesto	Cantidades
Podadoras de altura	16	Podadoras de altura	16
Motosierras chicas	8	Motosierras chicas	8
Motosierras grandes	16	Motosierras grandes	16
Camiones	8	Camiones	8
Máquina enfardadora	0	Máquina enfardadora	1
Tractor con pala frontal	0	Tractor con pala frontal	1

Tabla 9. *Cantidad de operarios capacitados disponibles en el municipio de Godoy Cruz para llevar a cabo las actividades de podado anual. Fuente: elaboración propia.*

Personal actual	Cantidades	Personal necesario	Cantidades
Operarios disponibles para actividades de poda	40	Operarios necesarios para actividades de poda	43

Como se puede observar en la tabla 11, la cantidad de herramientas presentes actualmente en el municipio son las mismas que se requieren para aplicar el proyecto, pero se suma la máquina enfardadora y un tractor de 30 hp. Se adiciona un tractor con el objetivo de hacer funcionar a la máquina enfardadora, además se sugiere que el mismo posea pala frontal para que pueda aprovecharse para despejar la zona de acopio, manteniéndola despejada.

Por otra parte, la cantidad de personal necesaria para llevar adelante la gestión propuesta posee tres operarios más que la gestión actual, estas personas se encargaran de manejar la máquina enfardadora y de armar las pilas de poda para que proceda a secarse. Cabe destacar que se propone que estas 3 personas deberán recibir una capacitación para la correcta utilización de la máquina enfardadora y correcto apilado de los fardos.

En conclusión de lo expuesto, se puede decir que las herramientas y cantidad de personal actual seguirán siendo utilizadas de la misma manera, por lo tanto no implica un gran cambio, por otra parte se propone que el personal adicional junto con la adquisición de la máquina enfardadora posean un acompañamiento para que el cambio de gestión sea realizado de una manera coordinada y eficiente.

6.3. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Como se mencionó anteriormente, la materia prima en la presente propuesta de gestión, está conformada por la poda urbana obtenida anualmente por parte de la Subdirección de Forestación de Godoy Cruz. Se propone que la actividad de podado sea realizada en el departamento de Godoy Cruz, cómo en la actualidad. Una vez obtenida la materia prima se procederá a su recolección y transporte hacia el centro de acopio, en el mismo se realizará una selección de PU y se separará del follaje que traiga consigo, para ser destinado a producir compost para los espacios verdes del municipio.

A la parte leñosa se la clasificará en clases diamétricas, y a aquellas fracciones de sección menor a 15 cm se las enfardará por medio de una máquina y a los fardos obtenidos se los apilará en hileras para que puedan secarse al aire libre y luego serán distribuidos para ser aprovechados. Mientras que a los materiales leñosos de mayores diámetros se los acopiará sin enfardar con el mismo objetivo.

6.4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Se propone que el podado sea llevado a cabo en el departamento de Godoy Cruz. Luego la materia prima sería transportada hacia la zona de acopio, ubicada dentro del mismo y por último, se propone que la distribución de leña social sea en el asentamiento *Dique Maure* ubicado al oeste de dicho departamento.

En la actual gestión de poda del departamento se lleva a cabo el podado dentro de Godoy Cruz, el depósito es realizado en Las Heras, en El Borbollón. Mientras que de la propuesta presentada en el proyecto actual que plantea que la totalidad de las actividades, desde la obtención de materia prima hasta la distribución del material biomásico sea realizado dentro del mismo departamento.

7. RESULTADOS

7.1. BRIQUETAS

A partir de las encuestas realizadas al asentamiento “*Dique Maure*”, descritas en el apartado 3.1, se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. *Datos obtenidos de encuestas realizadas a 6 familias del asentamiento “Dique Maure”.*
Fuente: Elaboración propia.

Encuestas	Datos					
	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Familia 4	Familia 5	Familia 6
¿Cuántas briquetas le quedan desde que se las entregaron?	0	0	0	0	0	0
¿Sintió que la briqueta se consumía muy rápido	si	si	si	si	si	si
¿Cada cuanto tiempo tuvo que prender una briqueta para calefaccionarse?(minutos)	15	15	10	10	15	15
¿Sintió que las briquetas calefaccionaron su hogar?	si	si	si	si	si	si
¿Sintió olores extraños cuando se quemaron?	no	no	no	no	no	no
¿Sintió molestias por el humo al quemarlas o dificultad para respirar	no	no	no	no	si	no
¿Preferiría usar leña?	si	si	si	si	si	si
¿Posee espacio suficiente para guardar la leña en caso de que llueva/nieve?	si	si	si	si	si	si
¿Está conforme con la cantidad de briquetas entregadas?	no	si	no	no	si	si
¿Que sistema utiliza para calefaccionarse?	salamandra	salamandra	salamandra	estufas	salamandras	estufa
¿Utilizaron arrancadores para prender fuego?	si	si	si	si	si	si

Como se puede observar, la cantidad de briquetas entregadas se consumieron en menos de 20 minutos en todos los casos. Si bien los encuestados sintieron que las mismas calefaccionaron su hogar durante el tiempo que estuvieron prendidas, demostraron una preferencia por el uso de leña, esta respuesta fue debida a la breve duración de las briquetas. Por este motivo se decidió desarrollar la presente propuesta de mejora con la temática de leña social a partir de poda urbana en lugar de briquetas.

7.2. LEÑA SOCIAL

7.2.1. PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

El estudio de prefactibilidad económico fue realizado mediante un análisis de flujo de fondos con proyecto. Es decir, aplicando la propuesta de gestión, comparado con un análisis del mismo tipo pero sin proyecto, con la gestión que es llevada a cabo actualmente en el municipio de Godoy Cruz. Se espera que como resultado final del mismo se puedan evaluar las ventajas y desventajas económicas de ambas gestiones mediante la comparación del valor actual neto (VAN), el cual es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad económica del proyecto.

Cabe destacar que los valores expresados en el presente proyecto son en dólares, para esto se tomó como referencia al Banco de la Nación Argentina (tipo de cambio de 164,50 \$/USD, correspondiente a dólar billete oficial a la venta, día 04 de noviembre de 2022).

7.2.1.1 INVERSIÓN INICIAL

Para realizar el análisis financiero se tomaron en cuenta dos tipos de inversiones iniciales. En la opción sin proyecto se toma como inversión inicial a la compra de todas las maquinarias con las que trabaja actualmente el municipio, es decir, se hace una estimación de momento cero. Mientras que en la opción con proyecto, además de las inversiones de toda la maquinaria que se requiere en la actualidad para el podado urbano, se le suma una máquina enfardadora, un tractor con pala frontal y el acondicionamiento de la futura zona de acopio. Cabe destacar que el valor de la enfardadora sin IVA es de 35000 USD y el precio final con un IVA del 10,5% queda en 38675 USD.

Se propone que el financiamiento sea por parte del municipio de Godoy Cruz. Se detalla a continuación la inversión de gestión actual y de la gestión propuesta.

7.2.1.1.1. Inversión inicial sin proyecto

- Motosierra eléctrica chica: se utiliza para cortar aquellas ramas del arbolado urbano que poseen un diámetro pequeño (8 unidades).
- Motosierra eléctrica grande: este tipo de motosierra es utilizada para cortar ramas más gruesas o incluso troncos (8 unidades)
- Soga: se utilizan tres tipos de soga, fina, media y gruesa durante el podado, para atar las ramas previo al corte con la finalidad de que no produzca ningún tipo de daño.
- Podadoras de altura: son podadoras utilizadas para cortar aquellas ramas que se encuentran a una gran distancia.
- Elementos de protección personal (EPP): forman parte del uniforme y tienen el objetivo de proteger al operario mientras se encuentra trabajando, los elementos son guantes, gafas y cascos.

7.2.1.1.2. Inversiones con proyecto

Las inversiones mencionadas en el apartado 7.2.1.1.1 se repiten en la propuesta de gestión, es decir “*con proyecto*” pero se le agregan las siguientes:

- Tractor con pala frontal: este es necesario para utilizar la enfardadora y a su vez la pala frontal servirá para mantener la zona de acopio despejada de pequeñas ramas, permitiendo el paso y orden del lugar (1 unidad).
- Acondicionamiento de la zona de acopio: consiste en realizar una nivelación, desmalezado y cierre perimetral de la zona en la cual se va a secar y almacenar la leña.
- Máquina enfardadora: consiste en la compra de esta máquina a Lignis, con el objetivo de poder armar fardos de leña, para facilitar su almacenamiento y transporte (1 unidad).

7.2.1.2. INGRESOS

7.2.1.2.1 Ingresos de gestión actual

Los ingresos identificados en la gestión actual, es decir sin proyecto, corresponden a un valor de 0 USD, debido a que no generan ningún tipo de beneficio identificado. Esta característica se atribuye que el municipio toma como residuos a los restos de PU obtenidos del mantenimiento del arbolado público, por lo tanto se generan únicamente egresos monetarios.

7.2.1.2.2. Ingresos de la gestión propuesta

Los ingresos identificados en la presente propuesta de gestión corresponden a una valorización resultante de la externalidad social generada a partir de la misma, más que un ingreso monetario real. Se propone que la leña obtenida sea entregada como beneficio social a aquellos sectores vulnerables energéticamente, como lo es en este caso el asentamiento “*Dique Maure*”. Cabe destacar que el material entregado poseerá un valor agregado.

Para agregar este valor como ingreso se buscó el valor de venta de leña a granel en la provincia de Mendoza, según empleado de leñera “*Curi Curi*” (2023), durante una llamada telefónica el mismo es de 320 USD/tonelada. Esto puede verse reflejado en el análisis de flujo de fondos en la tabla 12.

Otro de los ingresos generados por parte de la presente propuesta es el insumo de hojas procedente de la época de desrame, el mismo constituye un 35% del volumen total. Para proceder a calcular este ingreso se tuvo en cuenta el volumen obtenido de compost con la cantidad de hojas ingresadas.

7.2.1.3. EGRESOS

En cuanto a egresos se tuvo en cuenta en ambos flujos de fondos la mano de obra anual para actividades de poda, los honorarios del ingeniero a cargo, el gasto anual de camiones que incluye combustible y honorarios del conductor, el uniforme que incluye los elementos de protección personal y seguro para los operarios.

Cabe destacar que además, en la gestión actual se contemplaron los gastos anuales por depósito de poda en El Borbollón y en la propuesta de gestión se tuvo en cuenta el hilo negro para atar los fardos de leña una vez obtenidos, el mantenimiento de la máquina enfardadora el mantenimiento de la playa de secado y la mano de obra de dos operarios extras para que trabajen en la playa de secado, se requiere a una persona que maneje la enfardadora y a una que acomode los fardos. A continuación se detallan los egresos mencionados anteriormente.

7.2.1.3.1. Egresos con y sin proyecto

La gestión actual junto con la gestión propuesta comparten una cierta cantidad de egresos, los mismos se detallan a continuación.

- Honorarios del ingeniero: se contempla el salario del ingeniero a cargo de la gestión del podado urbano en el departamento de Godoy Cruz, el mismo está comprendido en 14589,67 USD anuales, cabe aclarar que este valor es bruto, es decir que el valor real erogado por el municipio es mayor pero no se tiene acceso al mismo.
- Mano de obra anual: en este ítem están comprendidos los trabajadores que llevan a cabo el PU en el departamento de Godoy Cruz, en época de desrame trabajan 15 operarios y en época fuerte trabajan 40 operarios, los mismos están distribuidos en 8 cuadrillas que operan en simultáneo, esta cantidad es requerida en la gestión actual mientras que en la gestión propuesta se requieren tres empleados más que trabajen de forma permanente en el manejo de la máquina enfardadora y en el armado de pilas de secado. El egreso sin proyecto en este caso es de 260790,27 USD anuales, mientras que con la gestión propuesta es de 284498,48 USD anuales, cabe aclarar que al igual que los honorarios del ingeniero, es un valor bruto.
- Gasto anual de camiones: en el municipio de Godoy Cruz se utiliza un servicio de camiones tercerizado para el traslado de poda, el mismo comprende los honorarios del chofer junto con el uso del camión, la suma anual está comprendida en 147333,48 USD anuales.
- Gasto anual de combustible para camión: se procedió a realizar un desglose del ítem anterior debido a que los costos se ven afectados en la gestión actual y en la gestión propuesta ya que la segunda requiere un recorrido de 5,6 km totales. Mientras que en la gestión actual se recorren 38 km hasta el vertedero El Borbollón. La diferencia entre ambos costos es de 15704,4 USD anuales
- Uniforme de operarios: este ítem se contempla como un gasto anual debido a que el uniforme de los operarios junto con los EPP deben ser renovados anualmente, en el caso de guantes de seguridad y gafas que poseen una duración de tres meses, han sido contempladas como un gasto de 4 veces anuales para que sea contemplado dentro de un mismo año. El total es de 9920 USD anuales.
- Seguro de operarios: el seguro de los trabajadores que llevan adelante el podado urbano está comprendido en los 2626 USD anuales.

7.2.1.3.1.1. Egresos sin proyecto

- Gasto anual en El Borbollón: como se mencionó anteriormente El Borbollón es un vertedero ubicado en el departamento de Las Heras, a 19 km de la capital de Godoy Cruz. En este sitio se debe abonar por tonelada depositada, generando un costo de 89048,33 USD anuales por las 6992 toneladas anuales.

7.2.1.3.1.2. Egresos con proyecto

- Combustible de tractor para accionar enfardadora: la máquina para armar fardos de leña posee un consumo anual de combustible correspondiente a 1500 USD.
- Costos operativos: en este ítem está comprendido el mantenimiento de la playa de secado, es decir de la zona de acopio, por medio de un tractor con pala frontal, el mismo que se utilizará para accionar la enfardadora y el mantenimiento de la máquina enfardadora. Ambos poseen un costo anual de 2000 USD el primer año

debido a que el mantenimiento de la enfiadora los primeros doce meses del año se lleva a cabo por parte de Lignis y 5000 USD anuales el resto de los años.

- Material de atadura: para atar los fardos de leña se utiliza hilo de propileno, el costo es de 600 USD anuales.

7.2.1.4. FLUJO DE FONDOS

Como se mencionó anteriormente, se realizó un estudio de flujo de fondos a 10 años con el objetivo de visualizar la viabilidad económica del proyecto. El tipo de análisis seleccionado fue con y sin proyecto para poder comparar la gestión actual con la propuesta y poder analizar de esta manera la alternativa más viable.

Cabe destacar que para poder analizar los beneficios ambientales y sociales al proyecto se valoraron estos aspectos en términos económicos, además se utilizó una tasa de descuento del 12% para el cálculo del VAN. El análisis de flujo de fondos se puede observar en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Flujo de fondos sin proyecto, gestión actual de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz (valor USD). Fuente: elaboración propia

INGRESOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EGRESOS											
Mano de obra anual		-260790	-260790	-260790	-260790	-260790	-260790	-260790	-260790	-260790	-260790
Honorarios Ingeniero		-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590
Gasto anual de camiones (camión + honorarios de camionero)		-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333
Gasto anual de combustible para camión		-106609	-106609	-106609	-106609	-106609	-106609	-106609	-106609	-106609	-106609
Gasto anual Borbollón		-89048	-89048	-89048	-89048	-89048	-89048	-89048	-89048	-89048	-89048
Uniforme operarios (anual)		-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920
Seguro operarios (anual)		-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626
Amortización		-5591	-5591	-5591	-5591	-5591	-5591	-5591	-5591	-5591	-5591
Total		-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917
UTILIDAD NETA		-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917	-630917
Amortización		5591	5591	5591	5591	5591	5591	5591	5591	5591	5591
INVERSIONES											
Motosierra eléctrica chica	-1216					-1216					-1213
Motosierra grande tipo 360	-1094					-1094					-1094
Recambio de batería para motosierras				-1167				-1167			
Soga gruesa (30 metros)	-9			-9			-9			-9	
Soga fina (30 metros)	-9			-9			-9			-9	

Podadoras de altura (2 unidades)	-3647					-3647					
Elementos de seguridad	-8800		-9940		-9940		-9940		-9940		-9940
Total	-14775	0	-9940	-1185	-9940	-5957	-9958	-1167	-9940	-18	-12247
Valor residual											5957
FLUJO DE FONDOS	-14775	-625326	-635266	-626511	-635266	-631283	-635284	-626493	-635266	-625344	-631615

Tabla 12. Flujo de fondos con proyecto, gestión actual de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz (valor en USD). Fuente: elaboración propia

INGRESOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Disminución de costos (compost y programa social)		1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368
Total		1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368	1602368
EGRESOS											
Mano de obra anual		-284498	-284498	-284498	-284498	-284498	-284498	-284498	-284498	-284498	-284498
Honorarios Ingeniero		-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590	-14590
Gasto anual de camiones (camión + honorarios de camionero)		-131629	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333	-147333
Gasto anual de combustible camiones		-15704	-15704	-15704	-15704	-15704	-15704	-15704	-15704	-15704	-15704
Combustible enfardadora		-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500
Uniforme operarios (anual)		-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920	-9920
Seguro		-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626	-2626
Costos operativos (mantenimiento playa de secado y enfardadora)		-2000	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000	-5000
Material atadura		-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600
Amortizaciones		-804541	-804541	-804541	-804541	-804541	-804541	-804541	-804541	-804541	-804541
Total		-463068	-1286313	-481772	-481772	-481772	-481772	-481772	-481772	-481772	-481772
UTILIDAD NETA		1139300	316055	1120596	1120596	1120596	1120596	1120596	1120596	1120596	1120596
Amortizaciones		804541	804541	804541	804541	804541	804541	804541	804541	804541	804541

INVERSIONES											
Motosierra chica eléctrica	-1216					-1216					
Motosierra grande tipo 360	-1094					-1094					
Recambio de batería para motosierras				-1167				-1167			
Soga gruesa (30 metros)	-9			-9			-9			-9	
Soga fina (30 metros)	-9			-9			-9			-9	
Podadoras de altura (2 unidades)	-3647					-3647					
Tractor + pala frontal	-2926500										
Elementos de seguridad	-8800		-9940		-9940		-9940		-9940		-9940
Acondicionamiento de zona de acopio (nivelado y cercado)	-3000										
Compra de máquina enfardadora	-35000										
Total	-2979275	0	-9940	-1185	-9940	-5957	-9958	-1167	-9940	-18	-9940
Valor residual											5958
FLUJO DE FONDOS	-2979275	1943842	1110656	1923952	1915197	1919180	1915179	1923970	1915197	1925119	1921155

7.2.1.4.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto es un indicador utilizado para analizar la viabilidad y rentabilidad de proyectos. Para poder obtenerlo se utilizan los resultados obtenidos del flujo de fondos. Luego, para interpretar los resultados se tiene en cuenta el siguiente criterio: si el valor obtenido es positivo, el proyecto se considera viable, por lo tanto se acepta, en caso de que sea negativo no se acepta.

El Valor Actual Neto obtenido sin proyecto fue el siguiente:

VAN	-USD3.578.088,63
-----	------------------

El Valor Actual Neto obtenido con proyecto fue el siguiente:

VAN	USD7.244.163,999
-----	------------------

7.2.1.4.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella tasa que hace que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero, es decir que se iguala el valor actual de los egresos con el valor actual de los ingresos esperados. Como criterio de decisión, se considera que si el valor TIR supera al costo de oportunidad se acepta el proyecto, en caso contrario, de ser menor se rechaza el proyecto.

El valor obtenido de TIR sin proyecto fue nulo, debido a que deben existir números positivos y negativos para poder calcularla. En el flujo de fondos construido sin proyecto, es decir con la gestión actual presente en el departamento, la totalidad de los números obtenidos en un período de 10 años fue negativo.

El valor obtenido de TIR con proyecto fue el siguiente:

TIR	58%
-----	-----

7.2.1.4.3. INTERPRETACIÓN DE INDICADORES

Como podemos observar, el VAN obtenido sin proyecto es negativo mientras que con proyecto es positivo, esto último nos indica que el proyecto es viable. Ocurre lo opuesto con el análisis del flujo de fondos realizado en “sin proyecto”, debido a que al ser negativo indica que el proyecto no es viable, esto quiere decir que el valor actual del flujo de fondos es menor que el desembolso inicial.

8. ALTERNATIVA DE MEJORA SELECCIONADA

Se procedió a realizar un análisis de flujo de fondos con y sin proyecto con el objetivo de evaluar económicamente la propuesta de gestión desarrollada en el presente proyecto contra la gestión de poda llevada a cabo actualmente por parte del municipio. También se realizó una descripción por etapas del proceso.

8.1. PROPUESTA ECONÓMICA

Se consideró “con proyecto” a la alternativa mencionada en el apartado 4.1.1.2, que consiste en enfardar la poda en centro de gestión y a “sin proyecto” a la gestión actual del departamento de Godoy Cruz.

Para conocer las dimensiones de PU manejadas por parte del departamento anualmente, se realizó un relevamiento de datos almacenados por parte de la Subdirección de Forestación en el año 2021. En las siguientes tablas se pueden observar las cantidades de PU en ambas épocas.

A continuación se presentan, en tabla 13, las toneladas de PU generadas en el departamento de Godoy Cruz en época fuerte, junto a sus costos de disposición en el vertedero El Borbollón. Por otra parte en la tabla 14 se presentan estos datos pero en época de desrame. Cabe destacar que la cantidad de toneladas de poda detalladas mes a mes es uniforme debido a que del total de época se hizo una distribución por meses.

Tabla 13. *Toneladas de PU generadas en el departamento de Godoy Cruz en época fuerte y sus costos de deposición en el vertedero El Borbollón. Fuente: elaboración propia.*

Temporada fuerte de poda				
Mes	Toneladas	\$/Tonelada	Costo total en El Borbollón (\$)	Costo total en El Borbollón (USD)
Abril	840	2095	1759800	10697,87
Mayo	840	2095	1759800	10697,87
Junio	840	2095	1759800	10697,87
Julio	840	2095	1759800	10697,87
Agosto	840	2095	1759800	10697,87
Septiembre	840	2095	1759800	10697,87
Total	5040		10558800	64187,23

Tabla 14. *Toneladas de PU generadas en el departamento de Godoy Cruz en época de desrame y sus costos de deposición en el vertedero El Borbollón. Fuente: elaboración propia.*

Temporada de desrame				
Mes	Toneladas	\$/Tonelada	Costo total en El Borbollón (\$)	Costo total en El Borbollón (USD)
Octubre	325,35	2095	681608,25	4143,5
Noviembre	325,35	2095	681608,25	4143,5
Diciembre	325,35	2095	681608,25	4143,5
Enero	325,35	2095	681608,25	4143,5
Febrero	325,35	2095	681608,25	4143,5
Marzo	325,35	2095	681608,25	4143,5
Total	1952,1		4089649,5	24861,09

De los datos anteriormente presentados, se obtiene un gasto total anual de 89048,32 USD anuales, siendo la época fuerte de poda la que representa más del 60% de gastos en cuanto a disposición final de PU en El Borbollón. A este costo presente en el actual sistema de gestión se le adiciona el transporte de PU hacia el vertedero, a continuación se muestran tablas con los gastos que presenta el municipio en cada una de las temporadas.

Tabla 15. Gasto de transporte de PU con camiones en época de desrame por parte de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, valor expresado de USD. Fuente: elaboración propia.

Gasto de camiones en época de desrame (USD)	
12 viajes diarios de 38 kilómetros	213,41
25 días hábiles por mes	5335,33
6 meses	32012,03
Total	32012,03

Tabla 16. Gasto de transporte de PU con camiones en época de desrame por parte de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, valor expresado de USD. Fuente: elaboración propia.

Gasto de camiones en época fuerte (USD)	
28 viajes diarios de 38 kilómetros	497,3
25 días hábiles por mes	12432,84
6 meses	74597,04
Total	74597,04

En base a los datos presentados anteriormente, obtenidos por parte de la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, podemos decir que el total de gasto de camiones que presenta el departamento en el transporte de PU por año es de 106609,34 USD.

Como se puede observar, el gasto ocasionado por la gestión actual de PU anual es de 195657,6 USD, si bien este costo actualmente es necesario para llevar a cabo un adecuado manejo del podado urbano, en el presente proyecto se quiere dar a conocer una alternativa que otorgue beneficios sociales y ambientales al municipio.

Cabe destacar que, de la cantidad de PU obtenida anualmente, en época de desrame, se obtiene un estimado del 35% en volumen de hojas. Este porcentaje según la Subdirección de Forestación equivale a 3780 m³, multiplicados por una densidad de 55 kg/m³ pesadas por Martín Reynoso, da un total de 207,9 toneladas anuales de hojas. Como consecuencia de lo mencionado la cantidad de leña es de 6992 toneladas finalmente.

Como se puede observar en la tabla 12, la propuesta de este proyecto genera beneficios económicos debido a que brinda un producto con valor agregado. Además de generar beneficios ambientales que se pueden ver traducidos en la fila de ingresos.

La alternativa de mejora seleccionada, consiste en enfardar la PU obtenida en un centro de gestión, generando a partir de una inversión inicial de 64.500 USD un sistema de gestión que permita reducir el volumen necesario del centro de acopio y secado, además de prevenir incidentes que la PU pueda ocasionar en el lapso de tiempo que requiera para secarse y generar mayores facilidades para la extracción de leña social por parte de los usuarios que viven en el asentamiento *Dique Maure*.

8.2. PROPUESTA TÉCNICA

Para llevar a cabo esta gestión se proponen las siguientes etapas:

1. Recolección de la poda urbana con camiones: el sistema de recolección de poda urbana seguirá realizándose de la misma manera que se hace en la actualidad, es decir con camiones del municipio, la misma se realiza durante todo el año, con una época fuerte comprendida entre los meses de abril y septiembre, en la cual los volúmenes de poda son mayores; y una época débil (de desrame) comprendida entre los meses de octubre y marzo.

2. Traslado de la poda: la poda será trasladada al centro de operación localizado dentro del mismo departamento, sobre la calle Segundo Sombra, camino al asentamiento Dique Maure, en este centro se ubicará la máquina enfardadora.

3. Armado de fardos: para proceder al armado de los paquetes de leña, en esta etapa se estima la presencia de 2 trabajadores para el armado de fardos y 1 trabajador para acomodar los mismos en pilas, sobre el mismo terreno con el objetivo de que las mismas se sequen. Los paquetes obtenidos tendrán un diámetro de 30 centímetros y el largo de los mismos sería de 2 metros, sugiriendo que la longitud se acorte a la mitad en el mismo centro de acopio antes de que sean entregados. Es importante destacar que se observó que los habitantes del asentamiento poseen las herramientas y habilidades para proceder a cortar aquel material de diámetros de 15 centímetros o más.

3. Secado: se dejará que la poda se seque naturalmente (por exposición al ambiente), el tiempo de secado variará según la época del año, tal como se mencionó en la sección 3.2.3.1. Se estima que en las épocas más cálidas el material estará disponible en un tiempo tres a seis semanas, mientras que en las épocas más frías podría demorar de diez a 14 semanas aproximadamente.

Debe tenerse en cuenta que en los meses de abril a septiembre, durante la época fuerte, se obtiene la mayor cantidad de poda y es en estos meses cuando las bajas temperaturas incrementan la demanda de leña, para calefacción domiciliaria, en aquellas familias que dependen de la misma. Es decir que, la mayor parte de la poda obtenida en desrame estará

disponible en los meses más fríos, mientras que la mayor parte de la poda obtenida en época fuerte estará disponible en los meses más cálidos.

4. Distribución: se propone que los fardos de poda sean trasladados con camiones del municipio, los mismos tendrán un recorrido de 1,5 kilómetros de ida desde el centro de acopio hasta el asentamiento, se muestra en la imagen 8. De esta manera, se evita que los habitantes deban realizar este recorrido con el material a pie. Teniendo en cuenta que cada fardo pesa 40 kg, deberían entregarse 4 fardos mensuales por familia.

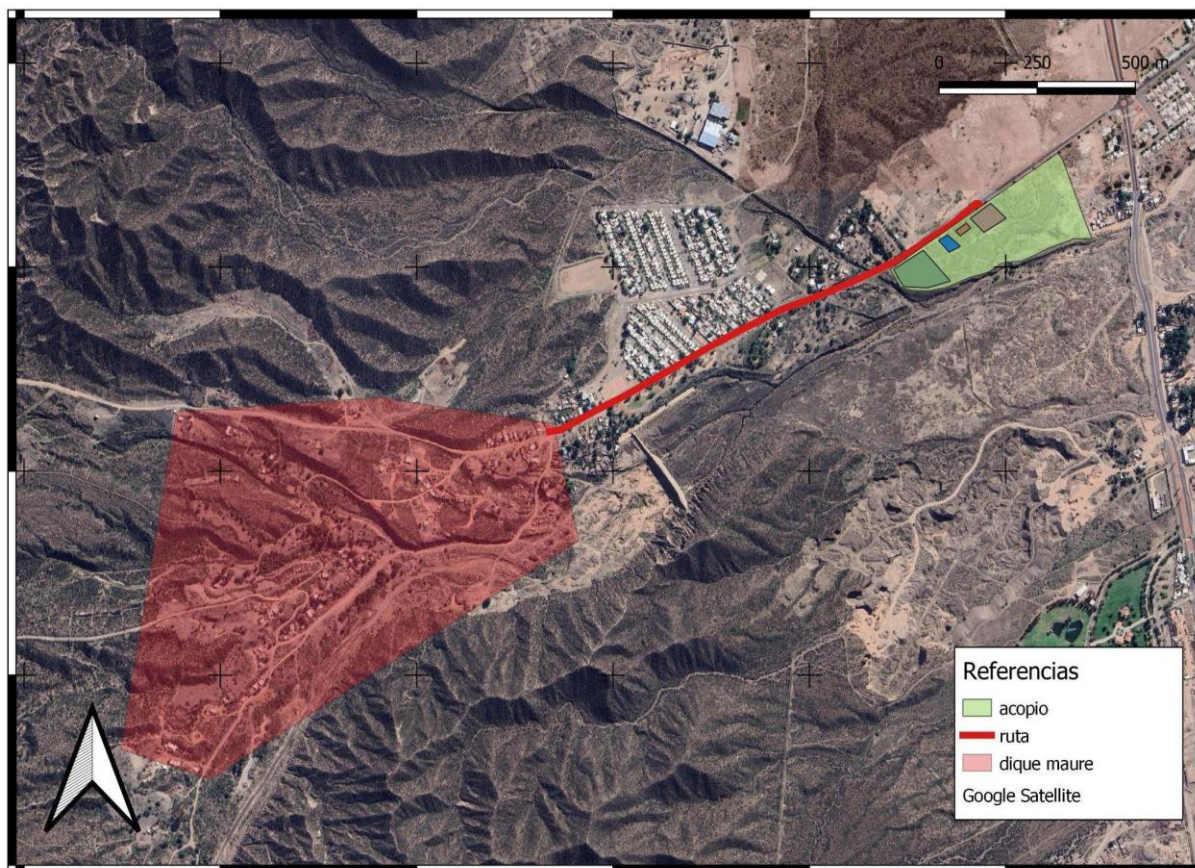


Imagen 8. Mapa de la zona de acopio, asentamiento Dique Maure y ruta de unión de 1,5 km entre ambos puntos. Fuente: elaboración propia.

8.1. ENFARDADORA

La enfardadora que se propone para llevar a cabo la ejecución del presente proyecto es fabricada y provista por parte del grupo Lignis, quienes poseen un sistema de gestión de poda urbana denominado Urbiopaq. El mismo consiste en un proceso de compactación del material de poda con el fin de facilitar su manejo, reduciendo entre 5 y 7 veces la cantidad de viajes necesarios entre el centro logístico y el destino, permitiendo su fácil acopio y secado. Logrando de esta manera convertir la poda en un combustible biomásico homogéneo de alta calidad (Lignis, 2019).

Cabe destacar que la empresa mencionada, produce por el momento solo máquinas enfardadoras con tecnologías del tipo móvil, es por este motivo que, como se mencionó anteriormente, sería necesario que la misma se accione por medio de un tractor. Se aclara que si bien el municipio posee un tractor, este se encuentra destinado a otras tareas, por lo tanto se debe proceder a la compra y se sugiere que sea con pala frontal para mantener la zona de acopio despejada entre las filas de fardos.

El valor del equipo es de 35.000 USD (valor dólar oficial), la compra de la misma cuenta con los servicios de la primera campaña cubiertos y a partir de la segunda campaña el costo

está en el orden de los 2.000 USD (oficiales) anuales, dependiendo de los viáticos principalmente. En la imagen 9 se puede observar la empaquetadora de residuos urbanos de poda.

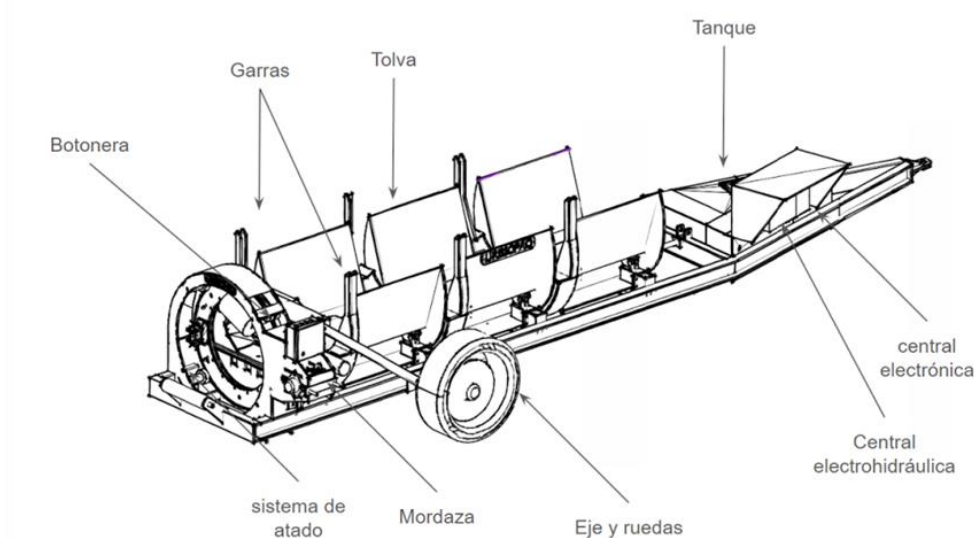


Imagen 9. Empaquetadora de residuos urbanos de poda UrBioPaq. Fuente: Lignis, 2021

La propuesta técnica comercial realizada por parte de Lignis a los ocho días del mes de marzo del año 2023 es la siguiente:

- 1 equipo empaquetador Urbiopaq modelo III con todos los componentes necesarios para comenzar operaciones y enganchar a toma de fuerza de tractor tipo agrícola de 6 estrías 540 RPM.
- Flete a destino.
- Verificación y puesta a punto en destino.
- Acompañamiento y seguimiento de la operación durante los primeros 6 meses. Propuesta de mejora y ajustes necesarios para maximizar la eficiencia de la operación.
- RRHH asistencia técnica por 6 meses desde la entrega sin costo.
- 3 mantenimiento preventivo sin cargo a los 4, 8 y 12 meses de la fecha de entrega.
- 25 rollos de hilo para atado.
- 1 Manual de usuario y mantenimiento.
- Sistema de trackeo integrado (GPS)
- Garantía de piezas mecánicas, hidráulicas, PLC y componentes eléctricos: 12 meses, siempre sujeto a cumplimiento de garantías de manual.
- 2 Jornadas de capacitación al personal sobre uso y mantenimiento del equipo.

Tabla 17. *Propuesta económica realizada por Lignis a los ocho días del mes de marzo del año 2023.*
Fuente: Lignis.

#	Item	Características e inclusiones	Efectivo	6 cuotas	12 cuotas	18 cuotas
1	Equipo Urbiopaq III con acompañamiento	Incluye una visita mensual para seguimiento de las operaciones y ajustes técnicos que fueran necesarios. Coordinación con operarios a fin de asegurar los protocolos de uso, inicio y parada diario del equipo para extender su vida útil.	6.859.000	1.473.000	869.750	674.500
	Acompañamiento Programa de Valorización	Asistencia en la búsqueda de alternativas locales de valorización según idiosincrasia local: leña social, uso industrial, uso en edificios públicos, etc	Sin Cargo			

Precios sin IVA: en una cuota corresponde IVA de 10,5%, en más de una cuota corresponde: IVA de 21% si es leasing (facturación mensual de servicios) o IVA de 10,5% si es compra con financiamiento y entrega de cheques (1 factura pagada en cuotas).

El plazo de entrega es de 30 días desde la confirmación de compra, el plazo de pago según modalidad seleccionada es: 1 pago dentro de los 15 días de la fecha de factura; de 6 a 24 cuotas: primera cuota dentro de los 15 días desde la entrega del equipo. El resto en cuotas mensuales y consecutivas dentro de los primeros 5 días hábiles de cada mes. La condición de pago es de transferencia bancaria a cuenta de la empresa. Validez propuesta 15 días corridos.



Imagen 10. Trabajadores municipales utilizando enfardadora en Buenos Aires. Fuente: MBA Ing. Industrial Martín Galmarini, Lignis (2017).

8.2. ZONA DE ACOPIO

La distancia existente entre la zona de acopio propuesta y el asentamiento *Dique Maure* es de 1,5 kilómetros, siendo de esta manera un punto accesible para que las familias puedan abastecerse de biomasa una vez que se encuentre en condiciones óptimas para ser utilizada. A continuación, en la imagen 11 se adjunta un croquis para la distribución de los fardos de leña y residuos.

Cabe destacar que se reciben materiales de 3 clases, de las cuales el material medio y grueso sería usado como leña:

Muy fino: este tipo de material hace referencia a ramas de menos de 1 centímetro de diámetro, en este caso las mismas se barren y juntan o se dejan en el suelo debido a que el porcentaje en el que se encuentran es muy bajo.

Medio: hace referencia a ramas de a partir de 1 centímetro de diámetro hasta 15 centímetros, este tipo de material representa el mayor porcentaje y es aquel disponible para enfardar. Junto a este material se puede empaquetar parte del material muy fino mencionado anteriormente.

Grueso: es aquel material de más de 15 centímetros de diámetro, a este tipo de madera por sus dimensiones no se la enfarda y se apila directamente con el resto del material grueso. Representando aproximadamente un 15% del peso total, es decir 900 toneladas aproximadamente. Se amplía en el apartado *Recomendaciones* del presente trabajo como manejar esta clase de material.

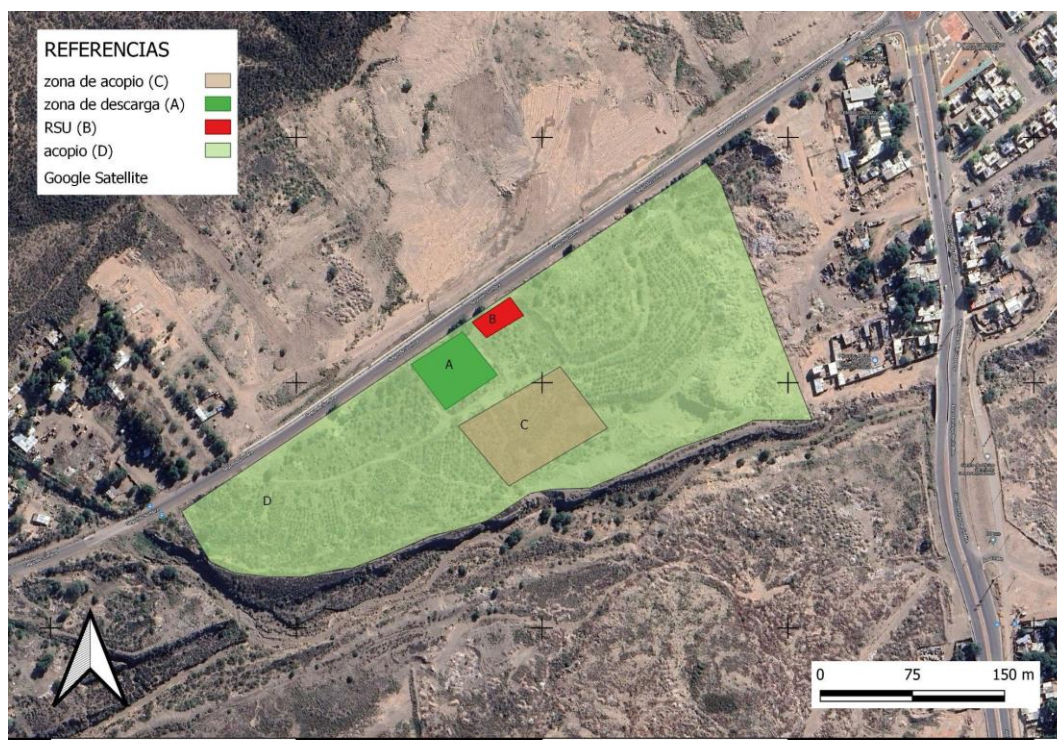


Imagen 11. Zona de acopio seleccionada. Fuente: elaboración propia.

Se propone que los camiones de carga ingresen por el norte de la zona de acopio marcada en color verde claro, sobre la calle Segundo Sombra. En color verde oscuro se puede observar la zona de descarga de camiones, en beige se puede ver la zona en la cual se encontrarían los fardos obtenidos que, luego serían apilados en las respectivas cuadras.

Por otra parte se debe tener en cuenta que en ciertas ocasiones los camiones de higiene urbana, pueden traer pequeñas ramas que la Subdirección de Forestación pide que recojan, es por este motivo que estas descargas pueden llegar al sitio con otros tipos de residuos sólidos urbanos que la población deja en las calles. Esta zona está marcada en color rojo y se propone que se ubique en la zona de entrada, con el fin de que no permanezca en el área durante un tiempo prolongado.

La zona de acopio requeriría en primer lugar un acondicionamiento con una niveladora y un camión de riego. Una vez que esto se realice, se propone que se instale la máquina enfardadora.

El diseño de las hileras propuesto es de 4 metros de ancho por 1,5 metros de alto, lo que daría un resultado de 6 metros cúbicos por cada metro lineal de avance de la pila. Teniendo en cuenta que se depositan 0,2 toneladas de leña por metro cúbico, se obtienen 1,2 toneladas por metro lineal. Además debe contemplarse una distancia de 7 metros entre hileras para prevenir incendios y maniobrar camiones. El diseño mencionado puede observarse en la figura 12.

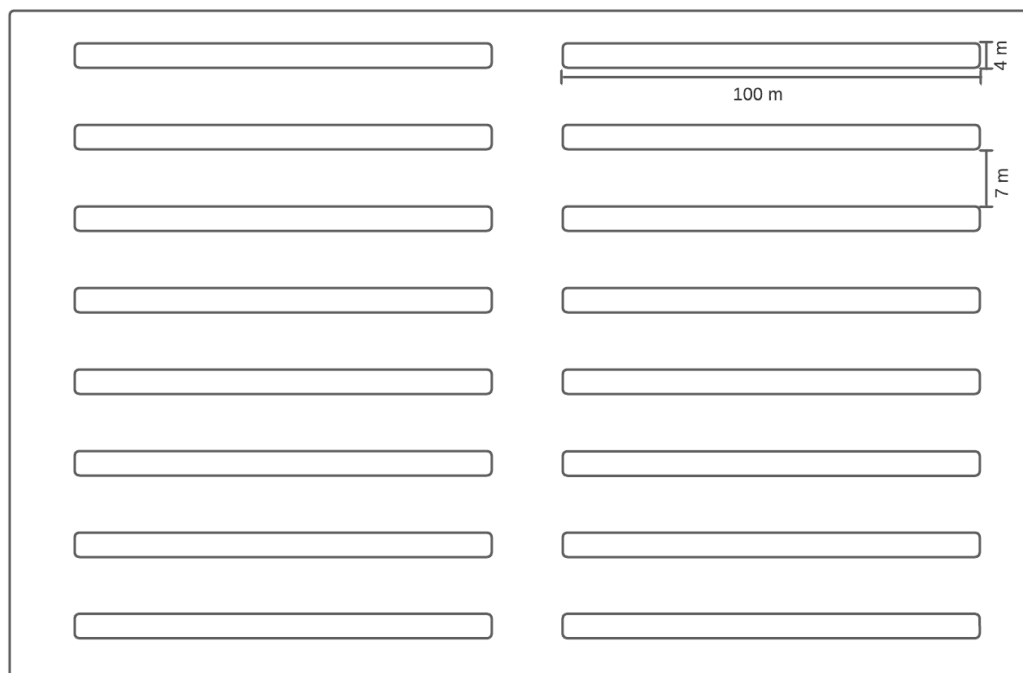


Imagen 12. Diseño de hileras de fardos de leña. Fuente: elaboración propia.

A raíz de los cálculos anteriores, para acopiar las 6992 toneladas de poda se realizarán 15 filas de 100 metros de largo, 4 metros de ancho y 1,5 metros de altura. Se debe tener en cuenta que esta distribución está contemplada para 3 meses de stock, es decir que las 6992 toneladas se dividen en 4 tandas de secado en sus respectivas cuadras, por lo tanto en las 14 filas mencionadas anteriormente se maneja una capacidad de 1748 toneladas.

Por otra parte se propone que el centro de procesamiento esté próximo a la zona de acopio para facilitar la descarga de material y el armado de fardos en el mismo sitio. A su vez, como se mencionó anteriormente se encontrará de manera aledaña un sitio de depósito de residuos sólidos urbanos que comprenden a aquellos que son depositados junto con los restos de PU en la vía pública.

8.3. CANTIDAD DE FAMILIAS ABASTECIDAS CON LEÑA SOCIAL

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de PU final obtenida en época fuerte y en época de desrame es de 6992 toneladas. Según la Subdirección de Forestación del municipio de Godoy Cruz, en los meses de temperaturas más bajas, es decir desde mayo a agosto, una familia requiere 2 garrafas de 10 kg al mes para poder calefaccionarse. Este dato fue tomado como referencia a partir de garrafas, a pesar de que se calefaccionan con salamandras, con el objetivo de tener una información de base para estimar la cantidad de leña necesaria.

Se procedió a realizar una serie de cálculos con el fin de determinar la demanda cubierta del asentamiento *Dique Maure*, para ello se utilizó el poder calorífico inferior a presión constante en base húmeda de la leña de poda (INTI, 2021) y el poder calorífico del gas butano envasado en garrafas de 10 kg, de dicho valor presentado se puede observar que la equivalencia energética a una garrafa de 10 kg de gas butano es de 28,7 kg de leña de poda.

Para poder determinar la demanda energética final de leña de poda se afectó al valor anterior por el rendimiento que presenta un equipo de combustión de las características presentes en el asentamiento, que en su mayoría son salamandras, las mismas poseen un rendimiento de no más del 35% (A. Ferreyra-Abuelo Fuego, comunicación personal, mayo de 2023).

Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que para obtener una unidad de energía térmica para calefacción, se requiere emplear 1 unidad de energía proveniente del gas GLP, cuando uso una pantalla infrarroja como equipo de combustión-calefacción. Pero si uso una salamandra alimentada con leña necesitaría 2,86 unidades de energía provenientes de la misma, debido al rendimiento del 35% que poseen dichos equipos.

Es decir que, para reemplazar la calefacción por pantalla de gas alimentada con garrafa, necesitaría contar con 81,9 kilos de leña de poda para cubrir la demanda equivalente a una garrafa de gas butano de 10 kilos. Como en los meses más fríos del año en la provincia de Mendoza se requieren 2 garrafas mensuales, exclusivamente para calefacción, se llega a la conclusión de que se demandan 164 kilos de leña mensuales por familia, por lo que se necesitarían de 4 a 5 fardos de leña seca para abastecerlas.

Para cubrir la demanda energética de los 4 meses mencionados, se necesitan 656 kilos de leña de poda urbana por familia. Finalmente para abastecer a las 170 familias que viven en el asentamiento *Dique Maure*, se requerirían 112 toneladas de leña de poda urbana para dichos meses.

Por otra parte, si quisiéramos hablar de la demanda anual de dicho asentamiento, se requerirían aproximadamente, 350 toneladas de leña de poda urbana para abastecer a la totalidad de las familias. Contemplando un gasto mensual equivalente de dos garrafas de 10 kilos mensuales, que si bien en los meses cálidos no se usarían podrían utilizarse para cocinar y obtener agua caliente sanitaria (ACS).

Cabe aclarar, que la cantidad de leña requerida corresponde al material seco, es decir con una humedad en base húmeda del 10% al 15% aproximadamente. Al momento de la poda, el material posee una humedad que suele estar en el orden del 40% al 50% en base húmeda, por lo tanto habrá una disminución de masa por pérdida de humedad, como así también por volatilización, oxidación, manipulación, entre otros.

Finalmente, con las pérdidas de masa mencionadas, se concluye en que se requerirían 160 toneladas de leña de poda urbana para abastecer a la totalidad de las familias en los 4 meses más fríos del año, considerando que se pierde un 30% de masa por humedad. Mientras que, para cubrir la demanda anual de la totalidad de las familias, se requerirían 500 toneladas.

8.4. DESTINO DE HOJAS DE PODA

El departamento de Godoy Cruz cuenta con una planta de compostaje, la misma se alimenta de residuos verdes, hojas de especies verdes, lodos provenientes de la cervecería “*Quilmes*”, guano del hipódromo y aserrín. El compost obtenido es utilizado para los espacios verdes del departamento.

Se propone que las hojas obtenidas en la época de desrame, que representa el 35% del volumen de la poda en esa época, sea utilizado como insumo en la planta de compostaje, dándole de esta manera una utilidad a este actual residuo.

En época de desrame se realizan 12 viajes diarios, teniendo en cuenta que se realizan 25 viajes mensuales, durante 6 meses, se obtiene un total de 1800 viajes anuales. En cada viaje se transportan 1,2 toneladas, por lo tanto en época de desrame se obtienen 2160 toneladas anuales de hojas. Un 35% del volumen total de la poda de época de desrame es de hojas, las mismas serán destinadas a compost, según Lignis este porcentaje equivale a 3780 m³, a este valor se lo multiplica por la densidad, comprendida en 55 kg/m³ y se obtienen 207,9 t de hojas anuales.

Cabe destacar que, para obtener la densidad de las hojas se tomaron como referencia dos pesajes realizados, con compactación manual por el Ing. Martín Reynoso, el mismo procedió a pesar en un recipiente de 0,005 m³ hojas de fresno por una parte, lo cual le dio una densidad aparente de 40 kg/m³ y por otra parte hojas de álamo, lo cual le dio una densidad aparente de 62 kg/m³. Con las referencias mencionadas se procedió a realizar una estimación en base a los porcentajes de especies del departamento, obteniéndose así finalmente una densidad de 55 kg/m³.

Se estima una generación de 1890 m³ de compost, con un 50% en volumen representado por el aporte de hojas. Considerando una densidad de compost de 800 kg/tn (DERVinsa, 2023) y un precio de venta a granel de USD 40 por tonelada, se esperan ingresos por USD 60480 anuales.

9. CONCLUSIONES

Luego de analizar los requerimientos técnicos y económicos para llevar adelante la gestión propuesta, se puede concluir en que el uso de poda urbana para abastecer energéticamente al asentamiento *Dique Maure* es técnica y económicamente viable. Por lo tanto, podría ser implementado por el municipio de Godoy Cruz.

Teniendo en cuenta la inversión inicial que debe realizarse de una máquina enfardadora y un tractor principalmente, la evaluación del proyecto refleja una tasa interna de retorno, TIR, del 3877% y un valor actual neto, VAN, de USD 17238335,79, determinando una viabilidad positiva para la gestión propuesta. En cuanto al financiamiento, se propone que sea por parte del municipio de Godoy Cruz. Se deberá contemplar en el momento de la compra de la máquina enfardadora la modalidad de pago elegida, de acuerdo al riesgo económico existente en el momento de realizar la inversión y de las posibilidades existentes dentro del municipio.

Se debe tener en cuenta que, la cantidad de leña de poda urbana obtenida es suficiente para abastecer a las familias que viven en el asentamiento *Dique Maure* del municipio de Godoy Cruz. Este es un punto importante considerando las carencias energéticas de las familias que habitan este sitio.

Además, hay una cantidad significativa de leña sobrante que puede ser utilizada por parte del municipio para otros proyectos y/o programas para abastecer a más asentamientos presentes dentro del departamento de Godoy Cruz.

Cabe destacar que se propone que el acceso a leña por parte de las familias sea gratuito, con una gestión de entrega para cada familia, contemplando la cantidad de material requerido por grupo familiar correspondiente a la demanda mensual, mencionada con el objetivo de que la distribución se realice de una manera transparente y segura, evitando la reventa. Por otra parte, el ingreso mencionado no es un ingreso monetario real para el municipio, sino que es una valorización de las externalidades positivas del proyecto.

La posibilidad de darle lugar a un recurso energético biomásico que es depositado actualmente como un residuo es de suma importancia en pos de las necesidades actuales de energía a nivel social y por otra parte en aquellos aspectos ligados a la contaminación ambiental que podría ser evitada con una gestión adecuada.

10. RECOMENDACIONES

Se sugiere que, para facilitar el manejo y aprovechamiento del material de tipo grueso, es decir aquel mayor a 15 centímetros de diámetro que, como se explicó anteriormente por cuestiones técnicas no se enfardaría, se utilice una máquina cortadora, ver imagen 13, para tamañar la leña a su dimensión habitual y una máquina partidora cuando las secciones sean más gruesas aún. Además se podría contar, de ser necesario, con puntos que dispongan de estas máquinas partidoras.



Imagen 13. Partidora de madera. Fuente: INTA - Santiago del Estero.



Imagen 14. Cortadora de madera. Fuente: INTA - Santiago del Estero.

Por otra parte, se recomienda que a la hora de implementar una gestión como la propuesta se avance en el cálculo de la cantidad de leña demandada por las familias realmente. Debido a que la cantidad calculada es una estimación muy aproximada para tener una referencia con la intención de saber aproximadamente cuál es la demanda y para saber el impacto de la misma.

Además, se sugiere que las personas que utilizan leña para calefaccionarse en el asentamiento mencionado, tengan la posibilidad de acceder a estufas de mayor rendimiento mediante planes de financiamiento del gobierno con la finalidad de que se requiera una menor cantidad de leña para calefaccionarse. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que el plan de gestión de biomasa debería involucrar capacitaciones en el uso seguro de la leña, con la finalidad de evitar accidentes.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, el remanente de leña se encontraría en el orden de 4394,4 toneladas. Esta cantidad de leña podría abastecer a 1494 familias más que vivan en condiciones similares a las del asentamiento *Dique Maure*. Por esta razón se propone que se evalúe la posibilidad de crear programas para abastecer al resto de los asentamientos de la zona.

Cabe destacar que es de suma importancia brindar asesoramiento y apoyo a las familias locales para mejorar el bienestar térmico en sus hogares. En un contexto donde las adversidades climáticas pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida de los ciudadanos, es esencial tomar medidas que mitiguen estos desafíos.

Uno de los aspectos claves para mejorar la eficiencia energética de los hogares es reducir las infiltraciones de aire. Esto implica identificar y abordar las áreas de mayor pérdida de calor o frío en las viviendas, así como promover la instalación de aislamiento adecuado, ventanas selladas y equipos de calefacción de mayor rendimiento. La implementación de programas de concienciación y subsidios para estas mejoras podría marcar una diferencia notable en la comodidad y el ahorro energético de las familias. Se debe recordar que “la mejor estufa es la que no se enciende”.

BIBLIOGRAFÍA

Beljansky, M. 2016. Externalidades positivas de los proyectos de biomasa y biogás. Documento interno de PROBIOMASA. Buenos Aires

Comité Técnico 164 (2014). *Biocombustibles sólidos, especificaciones y clases de combustibles: ISO 17225-1*. (España, Madrid). Normalización española. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0053747>

El 61% de los millennials, dispuestos a pagar más por productos sostenibles y ecológicos

(2020, 17 de febrero). Compromiso RSE. Recuperado de

<https://www.compromisorse.com/rse/2020/02/17/el-61-de-los-millennials-dispuestos-a-pagar-mas-por-productos-sostenibles-y-ecologicos/>

Construirán una planta de tratamiento de residuos en Las Heras (2022, Octubre 3). Recuperado de <https://www.mendovoz.com/las-heras/la-comuna/2022/10/3/construiran-una-planta-de-tratamiento-de-residuos-en-las-heras-119929.html> .

EPA (2023). *El humo de la leña y su salud*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/el-humo-de-la-lena-y-su-salud#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20por,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s>

Escartín C. (2017). *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa, metodología Wisdom*. [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. Recuperado de <https://www.fao.org/3/I7624s/I7624s.pdf>

FAO (2008). *Bosques y Energía. Cuestiones Clave*. Estudio FAO Montes N°154. Roma. ISBN 978-92-5-305985-0.

FAO (2020). *Modelos de negocios para proyectos de energía térmica de biomasa*. Colección de Documentos Técnicos N.º 10. Buenos Aires.

FAO (2020) . *Valorización de externalidades de proyectos con biomasa seca y biogás*. Colección de Informes Técnicos N°12.

Fernández, J. (2003). *Energía de la Biomasa*. Energías Renovables Para Todos-IBERDOLA

Forestación Godoy Cruz (2021, 17 de noviembre). Re: Gestión de poda urbana. [Mensaje de correo electrónico]. Gmail.

García Alma, M. E. (2014). *Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín*. Tesis de pregrado. Universidad de Piura, Piura.

Geraldo F. (2006). *Estudo do Potencial de Utilização da Biomassa Resultante da Poda e Remoção de Árvores na Área de Concessão da AES Eletropaulo*. <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/Estudo-do-Potencial-de-Utilizac%C3%A7%C3%A3o-da-Biomassa-Resultante-da-Poda-e-Remoc%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1rvores-na-%C3%A1rea-de-Concess%C3%A3o-da-AES-Eletropaulo.pdf>

Gomez, A., Lima, J., Hill, C., & Meneses, M. (2006). Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile". Chile .

Gómez Perazzolli A. (2015). *Indicadores de sustentabilidad para el Parque de Actividades Agropecuarias de Montevideo*. Actas del Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata, Argentina. Recuperado de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52420/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grünwaldt, Eduardo G.; Pesalaccia, M. F.; Pedone, C. *Relevamiento socioeconómico de los puestos de la Cuenca del Arroyo Maure, Mendoza, Argentina* [Multequina]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/428/42800405.pdf>

INTI. (2021, junio 25). Informe técnico (M. Reynoso, Ed.). *Estudio de valorización de materiales biomásicos con fines energéticos*. Mendoza, Argentina.

Ley N° 21499 de Biocombustibles Sólidos (2022). Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. Página 7-10.

Lignis (2020, 24 de junio). Equipo empaquetador URBIOPAQ en municipio de Pilar Buenos Aires. [Video]. Canal de Lignis. <https://www.youtube.com/watch?v=eVKB3bmZsx8>

M. Domizio (2014). *Compatibilidad en la convivencia entre la sociedad y el arbolado de calle en un sector de la ciudad de Mendoza, Argentina*. Boletín de estudios Geográficos n°103. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1277/004-domizio-beg-103.pdf

Mosquera Castillo, J. (2017, Mayo 24). *Plan de mejoramiento para la gestión de biorresiduos provenientes de la poda de césped y corte de árboles de siete parques urbanos de la ciudad de Cali*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali]. Recuperado de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/9645/T07314.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Operarios de jardinería de la provincia se forman en Ogíjares en un nuevo protocolo de poda de arbolado urbano. (8 de marzo de 2023). Ahora Granada. <https://www.ahoragranada.com/noticias/operarios-de-jardineria-de-la-provincia-se-forman-en-ogijares-en-un-nuevo-protocolo-de-poda-de-arbolado-urbano/>

Pamela Zamboni (2021). *Relevamiento de biomasa aérea y revisión de datos ambientales para áreas de interés del PIECAS-DP*. INTA. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/06/informe-biomasa.pdf>

Pérez Porto, J., Merino, M. (1 de mayo de 2013). *Poda - Qué es, definición y concepto*. Definicion.de. Última actualización el 18 de junio de 2015. Recuperado de <https://definicion.de/poda/>

Roig, F., 1976. *Las comunidades vegetales del piedemonte de la precordillera mendocina*. ECOSUR 3:1.

TECHO (2016). *Relevamiento de hogares*. <http://relevamiento.techo.org.ar/metodologia.html>

Utilizan especies leñosas invasoras y desechos de poda para producir energía.(1 de julio de 2019) Extensión Universidad de La Plata. <https://unlp.edu.ar/extension/extensionistas-de-la-unlp-utilizan-especies-lenosas-invasoras-y-desechos-de-poda-para-producir-carbon-16364-21364/>

Wikimedia Commons (2013). Godoy Cruz-Provincia de Mendoza Argentina. Recuperado de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Godoy_Cruz_%28Provincia_de_Mendoza_-_Argentina

ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de especies e individuos presentes en el departamento de Godoy Cruz. Fuente: Subdirección de Forestación de Godoy Cruz (2021).

ESPECIE	CANTIDAD
ACACIA DEALBATA "AROMO"	98
ACACIA MELANOXYLON	43
ACACIA VISCO "ACACIA VISCO"	722
ACER NEGUNDO "ACER"	8646
ACER PSEUDOPLATANUS	13
AILANTHUS ALTISSIMA "AILANTHUS"	1187
ALBIZIA JULIBRISSIN "ACACIA DE CONSTANTINOPLA"	92
ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA "ARAUCARIA"	16
ARAUCARIA ARAUCANA "ARAUCARIA"	19
BAUHINIA FORFICATA "PEZUÑA DE VACA"	112
BETULA PENDULA "ABEDUL"	15
BRACHYCHITON POPULNEUS "BRAQUIQUITO"	938
BROUSSONETIA PAPHYRIFERA "MORERA DE PAPEL"	31
BUXUS SEMPERVIRENS "BOJ"	9
CALLISTEMON CITRINUS "LIMPIATUBOS"	35
CASUARINA CUNNINGHAMIANA "CASUARINA"	85
CATALPA BIGNONIODES "CATALPA"	214
CEDRUS ATLANTICA "CEDRO"	21
CEDRUS DEODARA "CEDRO"	64
CELTIS AUSTRALIS "ALMEZ"	19
CERATONIA SILIQUA "ALGARROBO"	18
CERCIS SILIQUASTRUM "CERCIS"	56
CHORISIA SPECIOSA "PALO BORRACHO"	318
CITRUS "CÍTRICOS"	292
COFFEA ARABICA "CAFETO"	32
COTINUS COGGYGRIA "ÁRBOL DEL HUMO"	9
CRATAEGUS MONOGYNA "CRATAEGUS"	18
CUPRESSUS MACROCARPA "CIPRÉS"	410
CUPRESSUS SEMPERVIRENS "CIPRÉS"	88
ELEAGNUS ANGUSTIFOLIA "ARABIA"	75
ENTEROLOBIUM CONTORTISILIQUUM "TIMBO"	11
ERIOBOTRYA JAPONICA "NISPERO"	131
ERYTHRINA CRISTA GALLI "CEIBO"	168
EUCALYPTUS CAMALDULENSIS	259
EUCALYPTUS CINEREA "EUCALYPTUS"	14
EUCALYPTUS GLOBULUS "EUCALYPTUS"	17
EUONYMUS JAPONICUS "EVÓNIMO"	22
FICUS BENJAMINA "FICUS"	17
FICUS CARICA "HIGUERA"	36
FICUS ELASTICA "GOMERO"	9
FIRMIANA SIMPLEX "PARASOL DE LA CHINA"	22
FRAXINUS AMERICANA "FRESNO AMERICANO"	8613
FRAXINUS ANGUSTIFOLIA "FRESNO DE HOJA ESTRECHA"	27
FRAXINUS EXCELSIOR "FRESNO EUROPEO"	5624
FRAXINUS ORNUS "FRESNO ORNUS"	13
FRAXINUS PENNSYLVANICA "FRESNO ROJO AMERICANO"	14
GEOFFROEA DECORTICANS "CHAÑAR"	21
GINKGO BILOBA "GINKGO BILOBA"	34
GLEDITSIA TRIACANTHOS "ACACIA DE LAS 3 ESPINAS"	44
GREVILLEA ROBUSTA "ROBLE SEDOSO"	34
HIBISCUS SYRIACUS "ROSA DE SIRIA"	76
JACARANDA MIMOSIFOLIA "JACARANDÁ"	1978
JUGLANS REGIA "NOGAL"	13
KOELREUTERIA PANICULATA "SAPINDO"	19
LAGERSTROEMIA INDICA "CRESPON"	183
LAURUS NOBILIS "LAUREL"	29
LIBOCEDRUS	15
LIGUSTRUM DISCIPLINADO "LIGUSTRO VARIEGADO"	137
LIGUSTRUM LUCIDUM "LIGUSTRO VERDE"	949
LIGUSTRUM SINENSE "LIGUSTRINA"	9
LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA "LIQUIDAMBAR"	959
MAGNOLIA GLANDIFLORA "MAGNOLIA"	42
MALUS SP.	46
MANIHOT GRAHAMII "FALSO CAFÉ"	121
MAYTENUS BOARIA "MAITÉN"	48
MELIA AZEDERACH "PARAÍSO COMÚN"	8435
MELIA AZEDARACH UMBRACULIFERA "PARAÍSO SOMBRILLA"	1921
MORUS ALBA HÍBRIDO "MORERA HÍBRIDA"	24804
MORUS ALBA "MORERA DE FRUTO"	172
MUSA X PARADISIACA "BANANO"	10
NERIUM OLEANDER "LAUREL ROSA"	27
NICOTIANA GLAUCA "PALAM-PALAM"	10
OLEA EUROPAEA "OLIVO"	422
PARKINSONIA ACULEATA "PARKINSONIA"	13

ESPECIE	CANTIDAD
ACACIA DEALBATA "AROMO"	98
ACACIA MELANOXYLON	43
ACACIA VISCO "ACACIA VISCO"	722
ACER NEGUNDO "ACER"	8646
ACER PSEUDOPLATANUS	13
PAULONIA TOMENTOSA "KIRI"	22
PERSEA AMERICANA "PALTO"	47
PHOENIX CANARIENSIS "PALMERA DE CANARIAS"	150
PHOENIX ROEBELENI "PALMERA PHOENIX"	51
PHYTOLACCA DIOICA "OMBÚ"	11
PINUS NIGRA "PINO"	103
PINUS PINEA "PINO"	15
PITTOSPORUM TOBIRA "AZARERO"	13
PLATANUS ACERIFOLIA "PLÁTANO"	3040
POECILANTHE PARVIFLORA "LAPACHILLO"	46
POPULUS ALBA "ÁLAMO BLANCO"	926
POPULUS DELTOIDES "CAROLINO"	853
POPULUS NIGRA "ÁLAMO NEGRO"	477
POPULUS NIGRA ITALICA "ÁLAMO CRIOLLO"	794
PROSOPIS CHILENSIS "ALGARROBO CHILENO"	128
PRUNUS CERASIFERA "CIRUELO HÍBRIDO"	1940
PRUNUS "PRUNUS"	692
PUNICA GRANATUM "GRANADO"	21
QUERCUS BOREALIS "ROBLE AMERICANO"	70
QUERCUS RUBRA "ROBLE EUROPEO"	90
ROBINIA PSEUDOACACIA "ROBINIA"	1642
SALIX ALBA "SAUCE ÁLAMO"	9
SALIX BABYLONICA "SAUCE LLORÓN"	92
SALIX X ERYTHROFLEXUOSA "SAUCE ELÉCTRICO"	31
SCHINUS AREIRA "AGUARIBAY"	2254
SCHINUS MOLLE "MOLLE"	34
STYPHNOLOBIUM JAPONICUM "SÓFORA"	138
TABEBUIA ROSEA "LAPACHO"	91
TAMARIX SP. "TAMARINDO"	11
THUJA ORIENTALIS	64
TILIA CORDATA "TILO"	1503
TIPUANA TIPÁ "TIPÁ"	75
ULMUS PUMILA "OLMO COMÚN"	1748
ULMUS UMBRACULIFERA "OLMO BOLA"	1339
VISCUM ALBUM "MUÉRDAGO"	10
VITEX AGNUS CASTUS "VITEX"	19
WASHINGTONIA ROBUSTA "PALMERA WASHINGTONIA"	293
YUCCA SP.	13
TOTAL	88117

