



## INGENIERÍA AMBIENTAL

### PROYECTO FINAL DE CARRERA

*El uso potencial de los restos de poda vegetal en la generación limpia de Energía Eléctrica*

Director: Msc. Arq. Sebastián Miguel

Alumno: Héctor Ivaldi



Buenos Aires 2021

*Dedico este Trabajo Final de Carrera a las personas que más me importan:*

*A mi madre Joaquina quien junto a mi padre Miguel (fallecido) me enseñaron los valores que siempre he transmitido a mis hijos*

*A mis dos hijos, Emiliano y Fernando*

*A mis seres queridos que ya no están en esta vida*

## AGRADECIMIENTOS

A las Autoridades de la Universidad de Flores y a todo su personal, quienes siempre han sabido acompañar y colaborar en todas las actividades y gestiones necesarias de la Carrera.

A la Dra. Ana Faggi y a mi tutor de Tesis el Msc. Arq. Sebastián Miguel, dos personas entrañables, que me enseñaron y dieron el impulso final a mi Carrera de Ingeniería Ambiental.

A los Profesores de la Universidad de Flores, quienes me transmitieron sus conocimientos, sus experiencias y su pasión por la materia que dictaban.

A mis compañeros de cursadas, quienes siempre mostraron sus buenas intenciones en las aulas, y también su compañerismo.

A mis amigos, quienes siempre me brindaron su amistad y apoyaron mis deseos de estudiar.

A mi familia.



## **Resumen /Abstract**

Este trabajo final de Carrera tiene como objetivo explorar la potencialidad que tienen los restos de poda del arbolado urbano y de jardines como recurso energético en el barrio de Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero, de la Provincia de Buenos Aires, durante el año 2020. Para ello, se planteó el análisis realizado sobre el potencial energético de los restos de poda como recurso alternativo, se describieron los beneficios económicos y ambientales, se determina la capacidad de producción energética basadas en experiencias exitosas en Argentina. Se caracteriza cuantitativamente la capacidad de producción de electricidad a partir de la utilización y administración de restos de poda como recurso energético, y por último se diseñó un proyecto de utilización de la biomasa como combustible para la producción de electricidad para la iluminación de las calles y avenidas del Partido de Tres de Febrero, en una planta termoeléctrica generadora de energía sustentable.

## **Abstract**

The research work aims to explore the potential of the pruning remains of urban trees and gardens as an energy resource in the neighborhood of the Garden City of Lomas del Palomar in the Province Buenos Aires, during the year 2020. For this, the analysis carried out on the energy potential of the pruning remains as an alternative resource was proposed, the economic and environmental benefits were described, the sufficiency is determined based on an estimate of energy production based on the Analysis of successful experiences in

Argentina. The electricity production capacity is quantitatively characterized from the use and administration of pruning remains as an energy resource, and finally, a project for the use of biomass as fuel for electricity production was designed to power the lighting of the streets and avenues of the February Three Party, in a thermoelectric plant that generates sustainable energy.

**Palabras Clave:** Biomasa, Poda, Energía renovable, Bioenergía, Calentamiento global.



## Índice

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | INTRODUCCIÓN .....  | 13 |
| 1.1     | Presentación .....  | 13 |
| 1.2     | Descripción del Problema .....                                    | 15 |
| 1.3     | Contexto.....   | 17 |
| 1.4     | Utilidad .....  | 21 |
| 1.5     | Relevancia y Justificación.....                                   | 22 |
| 2.      | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                   | 24 |
| 2.1     | Formulación del Problema de la Tesis.....                         | 24 |
| 2.2.    | Objetivos.....  | 25 |
| 2.2.1   | Objetivo general.....   | 25 |
| 2.2.2   | Objetivos específicos .....                                       | 26 |
| 3.      | MARCO TEÓRICO.....  | 27 |
| 3.1     | Biomasa.....  | 27 |
| 3.2     | Biomasa y sus usos energéticos .....                              | 29 |
| 3.2.1   | Quema de madera .....   | 29 |
| 3.2.1.1 | Pellets de madera de biomasa .....                                | 30 |
| 3.2.1.2 | Astillas de madera.....   | 31 |
| 3.2.1.3 | Troncos de madera.....  | 31 |
| 3.2.2.  | Quema de residuos sólidos urbanos (RSU) o residuos de madera..... | 32 |
| 3.2.3.  | Recolección de biogás o gas de vertedero .....                    | 33 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.4. Biocombustibles líquidos: etanol y biodiésel .....                    | 34 |
| 3.2.5 La Agroforestería .....  | 36 |
| 3.3 La biomasa en el mundo .....   | 38 |
| 3.4 Uso de biomasa en américa del sur .....                                  | 40 |
| 3.4.1 Brasil .....   | 39 |
| 3.4.2 Uruguay.....   | 39 |
| 3.4.3 Chile.....   | 40 |
| 3.4.4 Colombia.....  | 41 |
| 3.5 Uso de la biomasa en Argentina .....                                     | 42 |
| 3.6 Beneficios del uso de biomasa como energía renovable .....               | 44 |
| 3.7 Conversión de biomasa en energía .....                                   | 45 |
| 3.7.1 Métodos termoquímicos.....   | 45 |
| 3.7.2 Métodos bioquímicos.....   | 46 |
| 3.8 Sistemas de explotación de biomasa.....                                  | 47 |
| 3.8.1 Producción de biocombustible.....                                      | 47 |
| 3.8.2 Producción de energía térmica.....                                     | 48 |
| 3.8.3 Producción de biogás .....   | 50 |
| 3.9 Explotación de una central de generación eléctrica mediante biomasa..... | 52 |
| 3.10 Casos de éxito .....  | 56 |
| 3.11 Impacto ambiental de una central termoeléctrica de biomasa .....        | 57 |
| 3.11.Hipótesis .....   | 62 |

|  |    |
|--|----|
| 4. METODOLOGÍA.....  | 63 |
| 4.1 Tipo de estudio.....   | 63 |
| 4.2 Fuentes de datos / herramientas de recolección utilizadas.....   | 63 |
| 4.3 Universo Muestra y Unidad de Análisis .....  | 65 |
| 4.3.1 Ubicación .....  | 65 |
| 4.3.2. Antecedentes .....  | 66 |
| 4.3.3 Ciudad Jardín .....  | 66 |
| 5.RESULTADOS.....  | 69 |
| 5.1. Estimación del Potencial energético de la Biomasa de Residuos de Poda y Arboleo Vegetal extraída en el barrio de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero. .... | 69 |
| 5.1.1. Humedad.....  | 69 |
| 5.1.2 Análisis de Cenizas .....  | 70 |
| 5.1.3 Valor porcentual de Cenizas y Valor Calorífico:.....   | 71 |
| 5.1.4 Densidad y Peso Específico.....  | 71 |
| 5.1.5 Selección del terreno con la biomasa susceptible de aprovechamiento.....   | 73 |
| 5.1.6 Especies forestales identificadas en el desarrollo del proyecto.....   | 74 |
| 5.1.7 Definición de itinerarios de poda y posibilidades anuales.....   | 76 |
| 5.1.8 Resultados de la Definición de itinerarios de poda y posibilidades anuales.....  | 84 |
| 5.1.9 Acopio de biomasa.....   | 85 |
| 5.2 Etapas de diseño del proyecto de utilización de biomasa como combustible para la utilización de electricidad.....  | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.2.1 Determinación del Área de Estudio .....   | 88  |
| 5.2.2 Recolección y enfiado de poda .....   | 89  |
| 5.2.3 Sistema de chipeco .....  | 90  |
| 5.2.4 Generación de energía eléctrica - Cálculo de Biomasa necesaria para la generación de un Mega Vatio (1Mw)..... | 92  |
| 5.2.5 Distribución De La Energía Eléctrica.....   | 96  |
| 5.3 Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto .....   | 97  |
| 5.3.1 Clasificación de los Impactos .....   | 100 |
| 5.3.2 Categorización del impacto.....   | 100 |
| 5.3.3 Etapa de construcción .....   | 102 |
| 5.3.4 Etapa de operación.....   | 104 |
| 5.3.5 Etapa de abandono .....   | 106 |
| 5.4 Alternativas para cumplir con la cuota de biomasa requerida para operar la planta de Biomasa.....               | 108 |
| 5.5 Propuesta de modelizado cd la planta termoeléctrica – Biomasa.....  | 109 |
| 5.6 Definición de Sistemas logísticos.....  | 111 |
| 6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....   | 112 |
| 7. PROPUESTA.....   | 112 |
| 7.1 Caldera.....  | 114 |
| 7.3 Turbogenerador.....   | 115 |
| 7.3 Recomendación para implementar el Proyecto.....   | 117 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 8. CONCLUSIONES..... | 118 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA..... | 120 |

### Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Los resultados obtenidos se tomaron según la base de datos PHYLLIS, Data for base BIOMASS AND WASTE, siguiendo la clasificación ECN Phyllis. Data for biomass and wast..... | 70 |
| Tabla 2 : Composición elemental de los residuos de poda y arbolado ciudad Jardín según PHYLLIS DATA BASE FOR BIOMASS AND WASTE.....  | 70 |
| Tabla 3: Composición elemental de los residuos de poda y arbolado ciudad Jardín según PHYLLIS DATA BASE FOR BIOMASS AND WASTE.....   | 71 |
| Tabla 4: Reconocimiento especies predominantes objeto de estudio Fuente: tropicaltimber, 2019.....   | 74 |
| Tabla 5: Poderes Calóricos de Diferentes tipos de Biomasa Forestal y Agrícola Fuente: (Diseño de una Central de Biomasa de 1MW ampliable a 2 MW). Gerard Aldoma Peña.....            | 75 |
| Tabla 6. Valores promedio y diferencial de selección en una plantación de Gmelina arborea de tres años de edad. ....   | 79 |
| Tabla 7: Ejemplo de Cálculo de volumen total. Fuente: Andrade (2008).....  | 80 |
| Tabla 8: Pesos específicos de maderas Fuente: Carreño (2006).....  | 81 |
| Tabla 9:Toneladas de biomasa extraída anualmente Fuente: Autor.....  | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 10: Valores de poda.....   | 85  |
| Tabla 11: Residuos de madera y el contenido de humedad - Fuente: Contreras, Rodríguez, 2018.....                                 | 91  |
| Tabla 12: Valoración de los impactos sobre las distintas etapas Fuente: Autor.....   | 101 |
| Tabla 13: Listas de chequeo: tipo y probabilidad de impactos Fuente: Autor.....  | 102 |
| Tabla 14: Matriz de Leopold. Etapa de Construcción Fuente. Autor.....  | 103 |
| Tabla 15: Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos Fuente- Autor.....   | 104 |
| Tabla 16: Matriz de Leopold Etapa de Operación Fuente. Autor.....  | 105 |
| Tabla 17: Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos. Fuente- Autor.....  | 106 |
| Tabla 18: Matriz de Leopold. Etapa de Abandono. Fuente- Autor.....   | 107 |
| Tabla 19: Equipos y herramientas necesarias para operación de sistemas logísticos y de recolección de Biomasa Fuente: Autor..... | 111 |
| Tabla (Imagen) 20. Modelo de caldera propuesta.....  | 114 |

## Índice de Imágenes

|   |     |
|---|-----|
| Imagen 1. Objetivos de Desarrollo Sostenibles (United Nation Org).....  | 59  |
| Imagen 2. Imagen aérea de C. Jardín.....  | 65  |
| Imagen 3: Vista, vía zona residencial ciudad Jardín – Fuente: Autor.....  | 67  |
| Imagen 4: Vista de disparidad de densidad de arbolado en Ciudad Jardín –Fuente Autor.....   | 68  |
| Imagen 5: Calculo de la Biomasa de un Árbol - Fuente: (Arias, 2005).....  | 77  |
| Imagen 6: Alumbrado público. Fuente Autor.....  | 94  |
| Imagen 7: Esquema grafico de los sistemas y equipos central termoeléctrica de biomasa– Fuente: Centrales Termoeléctricas de Biomasa – Carlos Julio Marrugo Escobar..... | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Imagen 8. Esquema de un sistema de producción de electricidad basado en la utilización de biocombustibles sólidos. Fuente: Peña G. (2010) ..... | 113 |
| Imagen 9. Turbogeneradores Línea ST41.....  | 116 |

### Índice de Mapas

|  |    |
|--|----|
| Mapa 1: Distancia a recorrer desde ciudad jardín (palomar) hasta el terreno seleccionado donde se propondrá instalar la planta de chipeo y generadora de energía eléctrica. Fuente: Google Maps..... | 73 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| Mapa 2: Zona prevista para la instalación de la Planta de chipeo y la Planta generadora de energía eléctrica. Fuente Google Maps / Univ. La Matanza..... | 88 |
|--|----|

### Índice de Gráficos

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Gráfico 1: Matriz de producción primaria mundial 2014.....   | 18                                   |
| Gráfico 2: Materias primas más utilizadas en el mundo.....   | 38                                   |
| Gráfico 3: Proceso de Conversión de Biomasa en Energía Fuente: Manual Sobre Energía renovable Biomasa PNUD 2002..... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 4: Estimación eléctrica a partir de biomasa de áreas destinadas a pulmones verdes de los municipios que se encuentran en la cuenca de Matanza Riachuelo Fuente: (Civeira Hermida, Gabriela, 2017)..... | 108 |
|--|-----|

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Presentación**

El uso de los restos de poda como recurso energético es actualmente un componente material utilizado en la producción de energía para beneficio de pobladores de áreas donde las distintas energías no son suficientes y no cubren sus necesidades. También, para aquellas zonas urbanizadas donde los restos de poda, de jardinería, de frutas y de verduras, etc., generan grandes volúmenes que luego no son tratados en Complejos Ambientales, por tener los mismos, falta de capacidad de procesamiento.

La biomasa es una potencial fuente de energía renovable, utilizada como fuente de calor en todos los sistemas tradicionales a lo largo de la historia de la humanidad. Durante los siglos XIX y XX tuvo una gran demanda en la industria, para durmientes en los ferrocarriles, en los barcos de vapor, entre otros. Actualmente, es utilizada en amplias áreas del tercer mundo por gran parte de su población para producción de calor en hornos, cocinas, calderas de viviendas y en hornos cerámicos o secaderos en industrias.

Según Martínez-Amariz y Garrido-Silva (2018), el empleo de leña para el calentamiento de agua y la cocción de alimentos, la bioenergía, y la biomasa también pueden ser considerada como una alternativa para optimizar el aprovechamiento de los recursos y ayudar a impulsar el crecimiento económico de pequeñas industrias locales. De acuerdo a la visión de Anschau et al. (2008), la generación de energía a partir del uso de biomasa sostenible, representa una fuente de energía fácilmente aprovechable en el ámbito local por las comunidades locales. Para comunidades rurales representa una opción que puede contribuir al desarrollo económico y social con la autosuficiencia energética de los pueblos,

teniendo en cuenta que la energía es un recurso indispensable para la humanidad. Otro atributo de la producción de energía a partir de la biomasa puede permitir que se diversifique la matriz energética nacional y represente nuevas oportunidades de innovación sostenible y el crecimiento económico de las grandes urbes. Esta opción puede extenderse a zonas pobladas donde el uso de energías del tipo biomasa cumple una múltiple función como, por ejemplo, el uso de residuos que por mucho tiempo se volcaba en los rellenos sanitarios y hoy por ser tan voluminosos, no son aceptados allí. Por lo tanto, queda en el campo un potencial energético sin utilizar (Espejo Marín 2006).

Si bien, la FAO (2020) expone, en el informe sobre los recursos forestales cifras donde se reconoce que los bosques cubren el 31% de la superficie terrestre mundial (4.060 millones de Ha) y albergan alrededor del 18% de la población mundial, la pérdida de su extensión se debe principalmente a la conversión de bosques en tierra agrícolas (fronteras agrícolas y ganaderas), lo cual representa un aumento de casi un 50% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) desde 1990. Aun cuando desde los años 1990 se han disminuido los niveles de deforestación en el mundo, actualmente se estima que en 30 años el mundo ha perdido unos 178 millones de hectáreas de bosque.

Actualmente, la bioenergía puede permitir el desarrollo económico de una población teniendo en cuenta aspectos como la generación de empleos, elevación de la calidad de vida, garantizando servicios básicos para cualquier comunidad tales como agua potable, iluminación, telecomunicaciones y conservación de alimentos, mejoramiento de la salud, a través de la dotación de infraestructura médica, disminución de la contaminación en hogares, productividad y mejores condiciones de trabajo (Anschau et al., 2008).

Este trabajo final de Carrera esta direccionado a identificar la potencialidad que tienen los restos de poda del arbolado urbano y de jardines como recurso energético para la

producción de energía eléctrica a partir de biomasa de acuerdo con el uso adecuado de los recursos naturales, los criterios para el desarrollo de proyectos teniendo en cuenta los ejes del desarrollo sostenible. Con el propósito de documentar de forma técnica una propuesta de generación de energía renovable para la iluminación para el alumbrado público.

## **1.2 Descripción del Problema**

Según el IPCC (2001), desde mediados del siglo XIX hasta principios del presente siglo, la actividad humana es responsable de los aumentos globales de la temperatura del orden de  $0,6^{\circ} \text{C} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ . Luego, estima que la temperatura media de la superficie del planeta puede aumentar en un  $1,2$  a  $3,5^{\circ} \text{C}$  hasta el año 2100 para los perfiles en que las concentraciones de  $\text{CO}_2$  se estabilicen a niveles de 450 a 1.000 ppm.

Existen muchas publicaciones que tratan de explicar este fenómeno de intensificación de lo que llamamos el efecto invernadero que, en condiciones naturales, es favorable y necesario para la Tierra, el problema raíz refiere al incremento de la degradación ambiental, incremento del uso de combustibles fósiles y el incremento de la demanda de todos los recursos naturales disponibles, todo gracias al incremento desmesurado de la población mundial.

Según informes de la ONU, el mayor reto para alcanzar la sostenibilidad, tiene que ver en la transformación de los procesos de producción de energía a base de combustibles fósiles, tal es el caso de Estados Unidos que tras la COP 21 en el año 2015, en lugar de disminuir la producción de petróleo y gas, se siguen incrementando sus niveles de extracción, un comportamiento similar lo demuestran países como Australia con la producción de carbón que incluso se han establecido metas para incrementarla, esta situación frente al

cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, nos aleja aún más del logro de la meta de alcanzar la sostenibilidad como humanidad.

Recién en 1994 con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) se logró la aceptación del Cambio Climático como algo real. Luego se estableció un marco para la acción conjunta con un fin específico, el cual era estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero de la atmósfera. Informe escrito por el CIEPE. Centro de Investigación y Planeamiento Energético (2017)

Los combustibles fósiles comprenden el 80% de la demanda actual de energía primaria a nivel mundial y se contempla que la producción de energía es la responsable de dos tercios de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> (ONU) Papel de los combustibles fósiles un sistema energético sostenible. (Informe escrito por Foster y Elzinga, 2018).

La UNSAM (2016) informa que, Argentina para el año 2015 produjo su energía eléctrica en su mayoría a base de Gas Natural aproximadamente en un 47%, la energía producida por hidroeléctricas ascendió en un 31%, un 16% se estima que fue producido por combustibles líquidos, una pequeña parte (5%) de energía nuclear y 0,7 de energías renovables.

Entre los años 2015 -2019 el consumo de los combustibles como gasoil – fueloil y carbón se redujeron gracias a la mayor disponibilidad de gas natural, la extinción de la vida útil de la Central de energía nuclear Embalse, ubicada en Córdoba y el incremento en el uso de energías renovables, de los cuales 62 proyectos de producción de energía sostenible entraron en operación comercial.

La problemática sobre el acceso a la energía en Argentina principalmente radica en el proceso de privatización que ha tenido que afrontar desde la década de los años 90, lo que

para la sociedad ha implicado incremento en los costos y dificultad de acceso para comunidades más vulnerables.

Tras los compromisos asumidos por Argentina frente al protocolo de Kioto, se intensifica la importancia de generar innovación frente a las diferentes fuentes de generación de energía sostenible de bajo impacto para el equilibrio del planeta.

Ciudad Jardín de Lomas del Palomar es una localidad creada en la búsqueda de lograr un equilibrio de los beneficios de vivir en la gran ciudad y la vida rural, por tal motivo muchos sectores cuentan con grandes extensiones de zonas verdes, lo que genera gran demanda de servicios de jardinería y disposición final de residuos de poda, que a su vez requieren de grandes espacios para su proceso de biodegradación. Argentina en los últimos años ha tenido la oportunidad de contar con el desarrollo de modelos de producción energética a partir de biomasa, que pueden ser experiencias exitosas para valorar el uso potencial de los residuos de poda en la producción de energía, para la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar.

Dado que Argentina por su posicionamiento geográfico tiene una gran demanda de energía debido a la presencia de las estaciones climáticas en varios meses del año, valorar opciones sostenibles de producción energética son alternativas que pueden dar solución a problemáticas sociales y ambientales que propenden al mejoramiento de la calidad de vida de una población.

### **1.3 Contexto**

El 80% de la energía producida a nivel mundial tiene origen en la explotación de fuentes no renovables de energía, tales como carbón, combustibles fósiles, entre otros, dentro

de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se afirma que para poner fin a la pobreza, se debe garantizar el acceso a la energía a toda la humanidad, ya que se estima que mil millones de personas en el mundo viven sin electricidad y tres mil millones utilizan combustibles contaminantes como leña o diferentes tipos de biomasa cuyas emisiones se liberan al ambiente sin ningún tipo de control generando contaminación del aire, afectando la salud de quienes utilizan estos métodos para calentar sus viviendas o simplemente preparar sus alimentos.

Dentro de los combustibles mayormente utilizados para la generación de energía en el mundo son:

- 1) Petróleo
- 2) Gas
- 3) Carbón
- 4) Hidroeléctrica
- 5) Nuclear
- 6) Geotérmica – Eólica – Solar – Biomasa

El uso de combustibles fósiles aumenta mundialmente aproximadamente en un 2% anual.

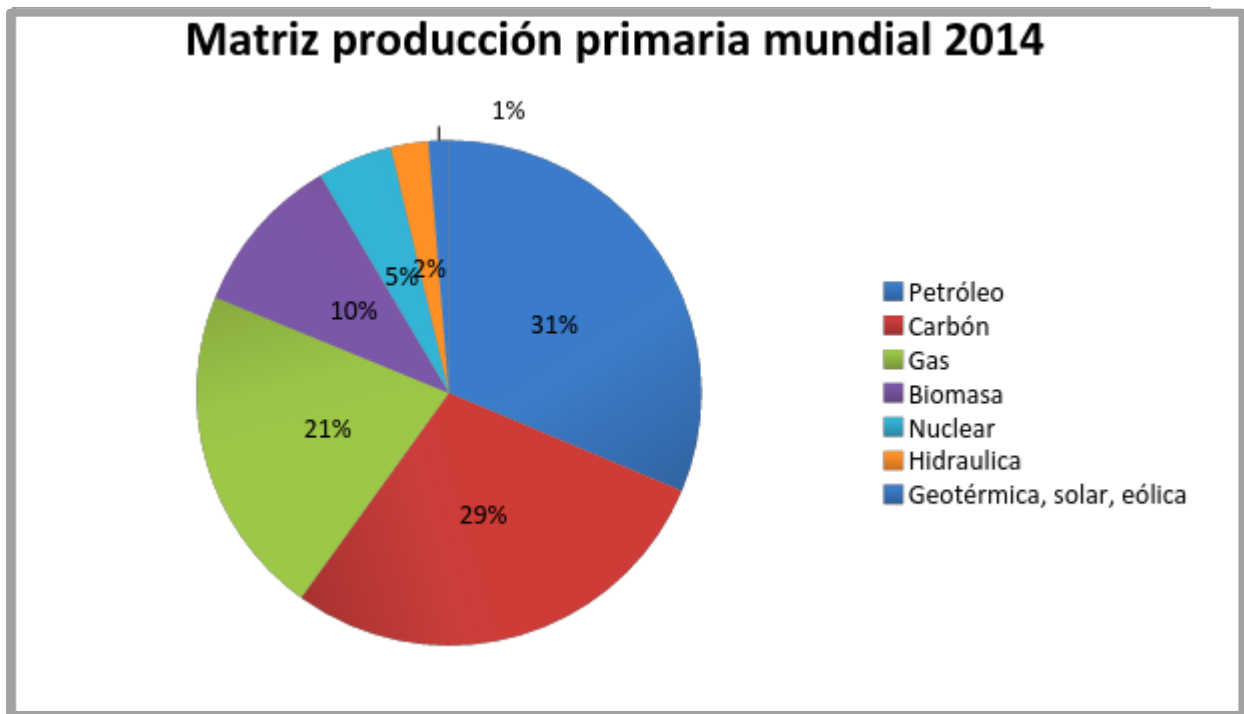


Gráfico 1. Matriz de producción primaria mundial 2014. Autor: <https://ceepys.org.ar/matriz-energetica/>

De los Países con mayores niveles de consumo energético que provienen de fuentes primarias encontramos a los Estados Unidos donde los combustibles más utilizados son el gas natural, el carbón, y el petróleo, los que contribuyen al calentamiento global como grandes fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Un 20% de la energía es producida por fuentes nucleares y un 15% restante proviene de fuentes renovables como la energía solar, las hidroeléctricas, la energía eólica y el uso de la biomasa.

En la actualidad, China es el primer emisor de gases de efecto invernadero en el Mundo aun cuando sus estadísticas muestran que el consumo per cápita es mucho menor al de las demás potencias como Estados Unidos o países de la Unión Europea. Sin embargo, es el país con mayores fuentes de generación de energías renovables. El combustible mayormente utilizado para la producción de energía en China es el carbón, seguido del uso de la energía nuclear.

Dentro de las mayores fuentes de generación de energía en Rusia se encuentra el petróleo ya que a su vez es el segundo mayor exportador de este recurso a nivel mundial, además, es el primer exportador de gas natural y el segundo productor a nivel mundial, además de ser el cuarto productor de energía nuclear en el mundo y el quinto productor de energía hidroeléctrica, además de contar con abundantes recursos fluviales para el desarrollo de estos proyectos.

En América Latina la producción de energía esta mayormente dominada por el uso de energía alimentada por combustibles fósiles, donde el más utilizado es el gas natural seguido por el petróleo el cual es utilizado para la producción de gasolina y otros tipos de combustibles líquidos, en cuanto a producción energética no fósil predomina la generación de energía producida por hidroeléctricas, también existen países que le han apostado al desarrollo de tecnologías para la producción de energía solar, geotérmica y nuclear. En América Latina también existen diversas industrias que aprovechan sus residuos como bagazo, leña o carbón vegetal para la producción energética.

Dentro de los usos de la energía se clasifica al sector del transporte como el mayor consumidor de la energía generada en la región seguido por la industria y el consumo doméstico de energía principalmente abastecida por el sector hidroeléctrico.

Aun cuando la producción de energía hidroeléctrica no es una fuente generadora de CO<sub>2</sub>, se le atribuyen grandes impactos como la destrucción de sumideros de carbono por la deforestación, la inundación de grandes extensiones del territorio y emisiones de gas metano debido a los sedimentos que se acumulan en el fondo de las represas que también hacen parte de los gases de efecto invernadero cuyo desequilibrio han causado lo que hoy conocemos y denominamos *calentamiento global*.

La biomasa se ha convertido en una fuente alternativa de energía eléctrica para países que dependían mayormente del carbón para la producción de su energía, y que con su compromiso en transformar las fuentes de producción de energía han optado por el uso de la biomasa como combustible en sus plantas termoeléctricas, tal es el caso de países como el Reino Unido y Finlandia.

Según la C.A.D.E.R (2019), en la actualidad Argentina cuenta con 80 plantas de producción energética a partir de la biomasa de las cuales 20 son grandes instalaciones, el combustible mayormente utilizado es el tratamiento de residuos sólidos urbanos o componentes orgánicos, biodigestores entre otros, que tienen capacidades para abastecer el consumo doméstico, estas alternativas de producción energética se ubican al norte de la provincia de Buenos Aires.

Según la UNSAM (2017), a partir de la Ley de Energías Renovables donde se busca fomentar la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, aparece para nuestro país la oportunidad de desarrollar nuevos mercados. Observando los resultados de la última licitación del plan Renovar1, encontramos que las tecnologías renovables que despertaron un mayor interés fueron la eólica y solar. Agrega que, interesa en particular estudiar un sector que en nuestro país no se encuentra desarrollado y parecería contar con un gran potencial: generación de electricidad a partir de la biomasa.

#### **1.4 Utilidad**

En la actualidad Argentina ha descubierto un gran potencial para producir energía a base del aprovechamiento de la biomasa, asociado al potencial agrícola, en este caso la planeación urbanística de Ciudad Jardín de Lomas del Palomar, dispone de grandes cantidades de recurso vegetal, que gracias a los constantes servicios de mantenimiento y poda

requerido para el mantenimiento paisajístico del territorio, son una fuente importante de combustible que puede aprovecharse en una planta de producción energética.

Estudiar los atributos en el uso de la biomasa y el residuo vegetal proveniente de la poda de parques, arboledas y jardines de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar, puede utilizarse como una etapa inicial para el desarrollo de un proyecto de aprovechamiento de residuos de carácter vegetal, ya sea en la construcción de una planta para aprovechamiento de la ciudad o de valorar la posibilidad de transportar los residuos a otras plantas presentes en la provincia de Buenos Aires.

Este trabajo aborda aspectos ambientales y sociales positivos y negativos, frente a la posible instalación de plantas de producción de energía a base de biomasa, teniendo en cuenta modelos exitosos en diferentes países alrededor del mundo y Latino América, valorando costos y beneficios de estas tecnologías y los aspectos económicos, sociales, ambientales y culturales asociados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Cuestionamientos que se plantean abordar:

¿Existen modelos de producción de energía a partir de biomasa adaptables al contexto de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar?

¿El modelo de producción energética a partir de la biomasa, genera impactos comparables con los actuales procesos de producción de energía en Argentina?

¿Qué Impactos sociales y culturales pueden existir con un proyecto de generación energética de este tipo?

¿La biomasa generada por el servicio de poda y mantenimiento paisajístico de Ciudad Jardín de Lomas del Palomar es suficiente y considerable para que se implemente una Planta de producción energética continua?

### **1.5 Relevancia y Justificación**

Hoy en día, es una preocupación mundial la degradación ambiental causada por la generación de energía, basadas en fuentes como hidroeléctricas y termoeléctricas, las cuales ahora mismo son cuestionadas por los pasivos ambientales que pueden dejar y, por los grandes aportes a la problemática como el cambio climático. Las hidroeléctricas, se cuestionan por las grandes extensiones de tierra que son inundadas, por las alteraciones climáticas y la transformación de los espejos de agua, entre otros. Las termoeléctricas porque son una de las fuentes más importantes para la generación de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica y el uso de recursos no renovables. Existen nuevas alternativas de generación de energía tales como la dendroenergía que representa básicamente la tecnología utilizada para producir energía a base de biomasa forestal. (FAO, 2016). Esta es considerada la primera fuente de energía de la humanidad, de gran importancia y utilidad, generando biocombustibles como: etanol, biogás, biodiesel y biomasa para producir energía térmica en calderas.

La presente investigación analiza la posibilidad de generar energía eléctrica para el alumbrado municipal de Tres de Febrero, en el noroeste del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

La biomasa puede aprovecharse como materia prima para la producción de energía eléctrica basada en proyectos que aprovechan este recurso como combustible, esta alternativa requiere del análisis de varios factores que pueden generar problemas en la continuidad de los

procesos tales como la entrega del combustible (biomasa) para las calderas, transporte, logística, como en cantidad, calidad y precio. Además, de la gran inversión que requiere la construcción de las centrales termoeléctricas o para los sistemas de chipeo. Es necesario resaltar que, la recuperación y transformación de biomasa, es la opción entre las energías renovables, además de la generación de beneficios directamente relacionados a la producción energética puede representar también un alto impacto social ya que este tipo de industrias genera grandes oportunidades de empleo para los pobladores de las zonas de influencia, brindando posibilidades laborales a lo largo de la vida de la Planta generadora de energía eléctrica a tener en cuenta por las autoridades gubernamentales (Espejo Marín, 2006).

Por ser una zona de copiosa arboleda, y con características especiales a raíz de los portes de algunos de sus ejemplares, que superan en algunos casos los 30 metros aproximadamente, se busca utilizar la biomasa como elemento principal en la producción de energía eléctrica, en una planta termoeléctrica generadora de energía sustentable a instalar en un predio cercano a la zona. A continuación, se analizarán modelos de producción energética en diferentes países del mundo de acuerdo a los objetivos indicados precedentemente, se realizarán análisis sobre los posibles impactos que pueda generar esta alternativa de producción, teniendo en cuenta ventajas y desventajas no solo en cuanto a los componentes ambientales asociados al modelo productivo, sino a las consideraciones socio económicas necesarias para identificar la factibilidad del proyecto en todos los aspectos asociados al desarrollo sostenible como base para la toma de decisiones. Frente a los resultados obtenidos se formularán conclusiones y recomendaciones en concordancia con el tema de investigación y su alcance.

## **2. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Formulación del Problema de la Tesis**

Actualmente, la humanidad afronta un gran reto interpuesto por el Cambio Climático, lo cual ha generado gran preocupación a nivel internacional a fin de innovar en acciones tendientes a la búsqueda del desarrollo sostenible. Los patrones de consumo y producción energética son considerados uno de los temas más importantes alrededor de la búsqueda de nuevas alternativas que disminuyan o eliminen la emisión de gases a la atmosfera que causen el desequilibrio de los procesos naturales del planeta, que hoy en día, afronta una gran crisis causada por el uso y la sobre explotación de combustibles y fuentes de energía no renovables como el carbón, el petróleo entre otros.

En países desarrollados como el Reino Unido, Finlandia, Alemania y Holanda se han generado grandes compromisos frente a la reducción de sus emisiones producto del uso del carbón como fuente de energía en plantas termoeléctricas, que han ido migrando y transformando el uso de carbón, por un recurso conocido como biomasa.

Estos modelos y desarrollos de biotecnologías han sido inspiradores para el aprovechamiento de diferentes tipos de residuos orgánicos de composición vegetal.

Según referencia de la UNSAM (2017), Argentina cuenta con algunas provincias que tienen una fuerte actividad forestal y que, en función de ello, generan una amplia cantidad de residuos, que a los fines del presente estudio podrían representar un importante potencial biomásico para la generación de energía a partir de fuentes renovables. Las provincias de las que hablamos se concentran en la región mesopotámica argentina: Misiones, Corrientes y Entre Ríos, acumulan la mayor cantidad de hectáreas de bosques cultivados. Representan el 78% del total de las hectáreas forestadas en nuestro país. Finalmente nos informa que, el desarrollo de la generación de electricidad a partir de la biomasa podría ser fuertemente beneficioso para estas provincias/ciudades que cuentan con el recurso y que podrían generar una nueva actividad con valor agregado y demanda de empleo

local. Del informe de la UNSAM (2017) se deduce que, la producción de energía a base de biomasa ha llamado la atención como referentes en la implementación de este tipo de tecnologías que satisfacen las necesidades energéticas de industrias, comunidades y ciudades, a base del aprovechamiento de materiales que antes solo representaban un desecho para la sociedad y una preocupación por el uso de vertederos para su disposición final.

Seguidamente se van a analizar diferentes factores en aras de explorar el potencial aprovechamiento que tienen los restos de poda y arbolado, teniendo en cuenta impactos positivos y negativos, costo beneficio, impactos sociales y culturales y aportes a los objetivos de desarrollo local y nacional frente a los planes de desarrollo planteados por Argentina.

¿Existen métodos de producción de energía factible para el aprovechamiento de los restos de poda y arbolado urbano y de jardines en el barrio de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero de la provincia de Buenos Aires?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo general**

Explorar la potencialidad que tienen los restos de poda del arbolado urbano y de jardines como recurso energético en el barrio de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero, de la Provincia de Buenos Aires, durante el año 2020

### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar la sustentabilidad energética de la utilización de restos de poda como recurso energético.
- Analizar la sustentabilidad ambiental en la utilización y administración de restos de poda como recurso energético.

- Describir los beneficios económicos y ambientales de la utilización y administración de restos de poda como recurso energético.
- Diseñar un proyecto de utilización de la biomasa como combustible para la producción de electricidad, en una planta termoeléctrica generadora de energía sustentable.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Biomasa**

La materia orgánica que proviene de plantas y animales, considerada fuente de energía renovable “biomasa”, es la que contiene energía almacenada del sol, por fotosíntesis. Cuando se quema biomasa, la energía química de ésta se libera en forma de calor. La biomasa se puede quemar directamente o convertir en biocombustibles líquidos o biogás que se pueden quemar como combustibles. De acuerdo a Ayala-Mendivil & Sandoval (2018), los recursos de biomasa son materia orgánica en la que la energía se encuentra almacenada en enlaces químicos, generalmente en carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, en proporciones menores. Las plantas, a través de la fotosíntesis, producen carbohidratos que forman los bloques de construcción de la biomasa.

La biomasa y los biocombustibles elaborados a partir de la biomasa son fuentes de energía alternativas a los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. La quema de combustibles fósiles o biomasa, libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), un gas de efecto invernadero. Sin embargo, las plantas utilizadas como combustible (biomasa) para la producción de energía capturan casi la misma cantidad de CO<sub>2</sub> en su proceso de crecimiento a través de la fotosíntesis, el mismo que se libera cuando se quema la biomasa, lo cual

mediante modelamientos de balance de masas se puede definir que la biomasa es una fuente de energía carbono neutro.

Algunos ejemplos de biomasa y sus usos energéticos son (Castello, 2013):

- Madera y productos agrícolas : los troncos, las astillas, la corteza y el aserrín representan la mayor proporción de energía de biomasa, que se utiliza principalmente para generar electricidad.
- Biodiésel : hecho de aceite vegetal, grasa animal reciclada, puede reemplazar al diésel normal en automóviles, camiones y barcos. Por lo general, se mezcla para reducir la contaminación de los motores diésel.
- Residuos sólidos: una tonelada de basura tiene tanta energía térmica como 227 kilogramos de carbón . Pero la mitad de esta energía no proviene de biomasa, sino de otras fuentes como los plásticos.
- Bioetanol : este biocombustible a base de alcohol se fabrica mediante plantas de fermentación y se puede utilizar en vehículos, en particular, coches de alto rendimiento
- Gas de vertedero y biogás : las aguas residuales y los desechos agrícolas se colocan en digestores de alta temperatura, por lo que se pudren más rápidamente. Luego, el gas se captura y se utiliza como combustible.

La madera, residuos vegetales, ramas o diferentes tipos desechos pueden introducirse a procesos de ignición para la producción de energía. Con la biomasa también se puede producir biogás en sus procesos de biodegradación o generar biocombustibles líquidos como el etanol y el biodiésel dependiendo del desecho vegetal utilizado para este tipo de

procesos un ejemplo el bagazo de caña. Estos combustibles luego se pueden quemar para obtener energía (Ayala-Mendivil & Sandoval, 2018).

El biogás se forma a partir de los restos de papel, y los desechos de comida y jardín se descomponen en los vertederos. En este proceso puede producirse biogás procesando las aguas residuales y el estiércol animal en digestores.

Asimismo, el etanol se elabora con los desechos de los cultivos como el maíz y la caña de azúcar que en procesos de fermentación generan etanol que es también conocido como biodiésel utilizado como combustible para uso en vehículos. El biodiésel también se puede producir a partir de aceites vegetales y grasas animales y se puede utilizar en vehículos y como combustible para calefacción.

Teniendo en cuenta lo expresado, la biomasa es una gran oportunidad para distintos sectores en el siglo XXI, puesto que, en el presente dar un tratamiento y disposición final a los mismos es una carga para algunas municipalidades, vecinos, agro, etc. Por otro lado, conlleva importantes implicancias medioambientales, reduciendo así el uso excesivo de recursos no renovables o la dependencia del abastecimiento exterior. Actualmente, es posible aprovechar todo su potencial productivo sin problemas de generación de excedentes, mediante la investigación y la adaptación de proyectos sostenibles que tengan en cuenta la viabilidad económica y ambiental, las necesidades y expectativas que puedan afectarse y favorecerse con este tipo de procesos y la normativa ambiental de la zona donde se pretenda explotar este tipo de recursos.

La biomasa, a pesar de ser una fuente de energía renovable conocida en todo el mundo, sigue afrontando gran cantidad de paradigmas que en algunos países siguen sin ser consideradas como una alternativa de producción energética sostenible.

En relación a este recurso, se identifica la biomasa como todo tipo de materia orgánica de origen biológico, ya sea como excedente vegetal, animal o industrial. Excluyendo los combustibles fósiles o sus derivados, y todos los productos agrícolas que sirven de alimento al hombre y a los animales domésticos. A grandes rasgos, la biomasa se puede clasificar en tres tipos:

- Biomasa natural: Producida por la naturaleza sin necesidad de la intervención humana.
- Biomasa residual: Es la generada como excedente de cualquier actividad humana.
- Biomasa producida: Material vegetal cultivado con el propósito de obtener biomasa para producir combustibles.

### **3.2 Biomasa y sus usos energéticos**

#### **3.2.1 Quema de madera**

El uso de madera, pellets de madera y carbón vegetal para calentar y cocinar puede reemplazar los combustibles fósiles y puede resultar de menores emisiones de CO<sub>2</sub>, en general. La madera se puede extraer de los bosques, de las parcelas arboladas que deben ralearse o de los árboles urbanos que se caen o deben cortarse (Balestra, 2012).

El humo de leña contiene contaminantes nocivos como monóxido de carbono y partículas. Las estufas que utilizan leña y pellets como combustible y los insertos para chimeneas modernas pueden reducir la cantidad de partículas de la leña quemada. La madera y el carbón vegetal son los principales combustibles para cocinar y calentar en los países pobres, pero si las personas cosechan la madera más rápido de lo que pueden crecer los árboles, se produce deforestación. La plantación de árboles de crecimiento rápido como

combustible y el uso de estufas de cocina de bajo consumo pueden ayudar a retrasar la deforestación y mejorar el medio ambiente.

### **3.2.1.1 Pellets de madera de biomasa**

Estos pellets de madera tienen normalmente un tamaño de aproximadamente 10 mm x 30 mm y se producen a partir de desechos de madera. Son recortes que se compactan y se comprimen provenientes de aserrado, productos manufacturados de madera y madera de desecho que se encuentra después de la tala. Se generan gránulos, que junto con un agente aglutinante, como harina o algún tipo de almidón de maíz, son muy utilizados hoy en día para la fabricación de elementos derivados de la madera como tablas, mesas, repisas etc. (Ayala-Mendivil & Sandoval, 2018).

El transporte de los pellets se puede realizar mediante camiones cisterna (si la demanda es alta). Sin embargo, muchas personas los adquieren mediante presentación de bolsa con contenido de entre 10 kg y hasta 1000 kg. Se trata de un combustible considerado como biomasa de alta densidad. Además, tiene el atributo de contener bajos niveles de humedad, lo que facilita la logística en lo que a transporte y almacenamiento se refiere, ocupando una tonelada de pellet solo 1,5 metros cúbicos de espacio (FAO 1991)

Los pellets son muy utilizados para estufas ubicadas en habitaciones más pequeñas (a menudo denominadas quemadores de leña) y también muy comunes en calderas de biomasa. Su forma y tamaño uniforme, facilita la carga de los sistemas de forma automática mediante el uso de tolvas o sistemas mecánicos de alimentación. Esto ha permitido el diseño de maquinaria sistematizada, que mediante temporizadores, se alimenten de combustibles las calderas. Lo que garantiza flujos de calor constante que mantengan la temperatura en las

viviendas. Los pellets de madera tienden a costar alrededor de £ 200 (+/- \$AR 20.000 al 08/20) por Tn y 4.2p / kWh.

### **3.2.1.2 Astillas de madera**

Las astillas de madera son otro tipo de biomasa muy popular utilizada en las calderas domésticas alimentadas con biomasa. Su principal ventaja radica en el bajo procesamiento requerido, ya que solo se necesita someterse a un proceso de descortezado y astillado, requiere de menos manipulación manual y comparado con los pellets, menor procesamiento. Su contenido de humedad es relativamente alto comparado con los pellets, lo que dificulta un poco la logística en cuanto al transporte y almacenamiento, una tonelada de astillas de madera puede ocupar un espacio de más de 2 metros cúbicos.

Las astillas de madera son muy utilizadas en calderas para el abastecimiento de energía de tamaño de instalación mediano a grande. Presentes en unidades residenciales en bloques de viviendas y edificios de oficinas. Estas calderas de biomasa de astillas de madera son muy eficientes. Sin embargo, a menudo algunos fabricantes no ofrecen sistemas por debajo de 40 kW.

### **3.2.1.3 Troncos de madera**

Los troncos de madera son, el combustible de biomasa más asequible de forma natural. Después que un árbol se corta inicialmente, requieren de procesos mínimos de transformación y una logística sencilla en cuanto al transporte. Sin embargo, debido a la superficie mínima de los troncos y su alto contenido de humedad, disminuye considerablemente su valor en comparación con las astillas de madera o los pellets de madera de biomasa. El poder calorífico es simplemente la cantidad de calor disponible por volumen de combustible (Castello, 2013).

Este tipo de biomasa está representado por troncos de árboles recién talados. Lo cual requiere de un tiempo de almacenamiento prudente a fin de lograr disminuir la humedad antes de ingresar a un proceso de ignición. Lo cual genera la necesidad de asignar mayor espacio de almacenamiento. Por lo tanto, a pesar que, una tonelada de troncos de madera ocupa dos metros cúbicos, se requiere contar con el doble de la cantidad de espacio toda vez que se requiere disponer de un tiempo de secado lo cual disminuye la eficiencia del combustible.

El otro aspecto a considerar es que debido a la diferencia de sus tamaños no permite un volumen estándar para ser utilizados en calderas de alimentación automática. Lo que requeriría de un corte previo de los troncos antes de ingresar al proceso de ignición. Esta situación para un proceso industrial requiere de incrementar el recurso humano para encargarse del proceso de alimentación de la caldera.

A pesar de las dificultades anteriormente mencionadas como su menor valor calorífico y del hecho de la dificultad para adaptarse a procesos automatizados, los troncos de madera son muy populares y se utilizan para alimentar una variedad de estufas que calientan habitaciones individuales o calderas de biomasa que calientan tanto el hogar como el agua del sistema. La razón de su elección es que los troncos son biomasa de libre disposición, generalmente se pueden conseguir en fuentes gratuitas.

### **3.2.2. Quema de residuos sólidos urbanos (RSU) o residuos de madera**

La quema de residuos sólidos urbanos (RSU) o basura en plantas de conversión de desechos en energía podría resultar positivo de acuerdo al impacto ambiental asociado a la sobre carga de desechos enterrados en vertederos. Por otro lado, la quema de basura contamina el aire y libera los químicos y sustancias de los desechos en el aire. Algunos de

estos productos químicos pueden generar afectaciones a la salud humana y al medio ambiente, situaciones que requieren un monitoreo y control constante del proceso. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991).

La Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA) aplica estrictas Normas Ambientales a las plantas encargadas de la conversión de residuos en energía, estos criterios legales exigen la implementación de dispositivos de monitoreo y control de la contaminación del aire como depuradores, filtros, precipitadores electrostáticos, lavadores de gases, para controlar la salida de los contaminantes al medio ambiente (Ayala-Mendivil & Sandoval, 2018). Los depuradores limpian las emisiones de las instalaciones de conversión de residuos en energía rociando un líquido en los gases de combustión para neutralizar los ácidos presentes en la corriente de emisiones. Los filtros de tela y los precipitadores electrostáticos también eliminan las partículas de los gases de combustión. Las partículas, llamadas cenizas volantes, se mezclan con la ceniza que se extrae del fondo del horno de conversión de residuos en energía. Un horno de conversión de residuos en energía arde a altas temperaturas (1800 ° F a 2000 ° F  $\approx$  982° C a 1093° C), que descomponen los químicos en los RSU en compuestos más simples y menos dañinos.

### **3.2.3. Recolección de biogás o gas de vertedero**

El biogás se forma como resultado de procesos biológicos en plantas de tratamiento de aguas residuales, vertederos de desechos y sistemas de manejo de estiércol de ganado. El biogás está compuesto principalmente de metano (un gas de efecto invernadero) y CO<sub>2</sub>. Muchas instalaciones que producen biogás lo capturan y queman el metano para generar calor o generar electricidad. Esta electricidad se considera renovable y, en muchos estados, contribuye a cumplir con los estándares estatales de cartera renovable (RPS). Este tipo de energía puede reemplazar la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles y

puede resultar en una reducción neta de las emisiones de CO<sub>2</sub>. La quema de metano produce CO<sub>2</sub>, pero debido a que el metano es un gas de efecto invernadero más fuerte que el CO<sub>2</sub>, el efecto invernadero general es menor.

#### **3.2.4. Biocombustibles líquidos: etanol y biodiésel**

Los biocombustibles son combustibles de transporte hidráulico como el etanol y el biodiésel. Los biocombustibles pueden ser neutrales en carbono porque las plantas que se utilizan para producir biocombustibles (como el maíz y la caña de azúcar para el etanol y la soja y las palmeras de aceite para el biodiésel) absorben CO<sub>2</sub> durante el crecimiento y la maduración de la planta, proceso natural que compensa las emisiones de CO<sub>2</sub> cuando se producen y se queman biocombustibles.

El uso del suelo para el cultivo de plantas para la producción de biocombustibles ha generado gran controversia en la comunidad ya que se considera que los recursos utilizados para este proceso podrían también destinarse a la producción de alimentos. En algunas partes del mundo, se han talado grandes áreas de vegetación natural y bosques para cultivar caña de azúcar para etanol y soja y palmas de aceite para biodiésel (Ayala-Mendivil y Sandoval, 2018).

Las mezclas de etanol y gasolina-etanol se queman más limpiamente y tienen índices de octanaje más altos que la gasolina pura, pero tienen mayores emisiones de evaporación de los tanques de combustible y los equipos dispensadores. Estas emisiones contribuyen a la formación de smog y ozono dañinos a nivel del suelo. La gasolina requiere un procesamiento adicional para reducir las emisiones de evaporación antes de mezclarse con etanol. La combustión de biodiésel produce menos óxidos de azufre, menos material

particulado, menos monóxido de carbono y menos hidrocarburos no quemados y otros, pero produce más óxido de nitrógeno que el diésel de petróleo.

### **3.2.5 La Agroforestería**

Además del uso de biomasa como lo son los residuos de poda, también se puede pensar en la agroforestería, la cual en áreas periurbanas adquiere gran importancia en la actualidad. Como nos indica Civeira (2015), dentro y alrededor de las ciudades existen prácticas poco desarrolladas que pueden disminuir los niveles de contaminación, a su vez generar energías limpias y garantizar la seguridad alimentaria.

La agroforestería es la interacción de la agricultura y los árboles, incluido el uso agrícola de los árboles. Esto comprende árboles en fincas y paisajes agrícolas, cultivo en bosques y a lo largo de los márgenes del bosque y producción de cultivos arbóreos, incluidos el cacao, el café, el caucho, el aceite de palma. La relación entre los árboles y otros componentes vegetales de la agricultura pueden ser importantes en una variedad de escalas: en los campos (donde los árboles y los cultivos se cultivan juntos), en las granjas (donde los árboles pueden proporcionar forraje para el ganado, combustible, alimentos, refugio o ingresos de productos que incluyen madera) y paisajes (donde los usos agrícolas y forestales de la tierra se combinan para determinar la provisión de servicios ecosistémicos).

De este modo, son sistemas agrícolas y forestales que intentan equilibrar varias necesidades:

- 1) Producir árboles para madera y otros fines comerciales.

2) Producir una oferta diversa y adecuada de alimentos nutritivos tanto para satisfacer la demanda global como para satisfacer la necesidad alimentaria de los propios productores.

3) Asegurar la protección del medio ambiente natural para que continúe proporcionando recursos y servicios ambientales para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de acuerdo a los principios del desarrollo sostenible (ONU 1992).

A medida que los bosques naturales se talan para la agricultura y otros tipos de desarrollo, los beneficios que brindan los árboles se sustentan mejor integrándolos en paisajes agrícolas productivos.

Entre estas actividades asociadas a propender la seguridad alimentaria por diferentes comunidades se reconocen como agricultura urbana y periurbana (AUP). La agricultura urbana y periurbana (AUP) se reconoce como la practica en la cual individuos, crean huertas o espacios de cultivos de plantas comestibles, frutales y ornamentales y crianza de animales en ambientes urbanos y periurbanos. Esta práctica ha tomado gran importancia porque se convierte en una alternativa fácil para garantizar la seguridad alimentaria y además permite modificar: el paisaje, los espacios verdes, consumo de productos orgánicos, la economía urbana, la pequeña agroindustria familiar (creación de fuentes de empleo), disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero asociada al transporte de alimentos, los usos de la energía (impulso a energías alternativas y renovables, reciclado de residuos orgánicos e inorgánicos), aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos mediante compostaje, recuperación de suelos.

### **3.3 La biomasa en el mundo**

Actualmente, la energía de biomasa representa alrededor del 10 % del suministro energético mundial, y el 70 % de la electricidad que se produce a partir del aprovechamiento de la biomasa proviene de Europa y América del Norte. Esto se debe a que los bosques grandes y sostenibles pueden soportar un suministro constante de pellets de madera (Velo García, 2008). Y más recientemente, la energía de biomasa se está adoptando en Asia y África, donde las plantas de biomasa descentralizadas proporcionan electricidad a las comunidades que no están conectadas a una red eléctrica nacional (Velo García, 2008). Las plantas de biomasa existentes en India, Kenia, República de Mauricio y Etiopía ya están demostrando su éxito al cogenerar energía con residuos agrícolas. Países como Brasil, se está liberando gradualmente del petróleo aumentando su mezcla de biocombustibles en el sector del transporte.

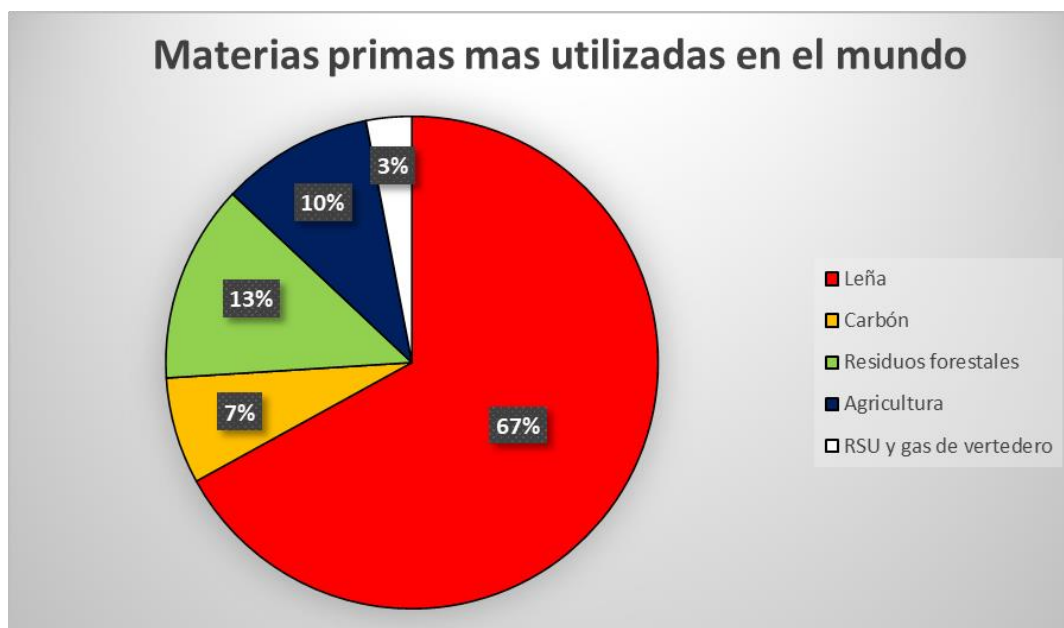
Como un caso singular: Ironbridge, tiene una Planta termoeléctrica a base de biomasa con una capacidad instalada de 740 MW. Está ubicada en Severn Godge, Reino Unido: esta planta abastecida con energía de biomasa es considerada la más grande del mundo. Sus instalaciones fueron por años utilizadas como una central termoeléctrica alimentada con carbón con una capacidad instalada de 1000 MW, fue transformada junto a las dos unidades de la Central para ser alimentada con biomasa desde el año 2013. La planta utiliza principalmente pellets de madera para generar energía a partir de biomasa (Roca, 2016).

Además de la mencionada generadora de electricidad, hay muchas plantas en el mundo que utilizan este tipo de alternativas para la producción de energía eléctrica, por ejemplo, la Planta AlholmensKraft, de Finlandia, con 265 MW, ubicada en las instalaciones

de una fábrica de papel UPM-Kymmene en Alholmen, Jakobstad. Funciona desde enero de 2002, y suministra también 100 MW de calor a la papelera y 60 MW de calefacción urbana para los habitantes de Jakobstad (Roca, 2016). También se puede referenciar a otras Plantas generadoras en el mundo, de importancia similar respecto a una potencia instalada superior a las del resto del mundo, como lo son la de Topilla 210 MW de Finlandia, o la de Polaniec que suministra 205 MW en Polonia, y tantas otras que, aunque con menor potencia generada están instaladas en América (Morales Maldonado, 2018).

Según Robles C. y Rodríguez O. (2008), el consumo de biomasa está en continuo aumento para el suministro de calor y electricidad. Según datos proporcionados por REN21 (2017), aproximadamente el 64.5% de la biomasa utilizada a nivel mundial para la generación de energía corresponde a la denominada biomasa tradicional: leña, residuos de cosechas y estiércol de animales, que por lo general se queman en chimeneas o estufas ineficientes para cocinar, producir calor en las viviendas, así como para obtener iluminación. La biomasa restante se utiliza para la bioenergía moderna. En Latinoamérica se estima que aproximadamente 100 millones de personas utilizan la biomasa tradicional para satisfacer sus necesidades básicas de energía.

A pesar de la falta de estadísticas precisas, se estima que alrededor de 75 % de la biomasa utilizada para energía se utiliza de manera tradicional, principalmente en los países en desarrollo, para cocinar y calentar. En muchos casos, esto significa chimeneas y cocinas pequeñas con muy baja eficiencia, lo que genera problemas de salud y conduce a la sobreexplotación de los recursos forestales en algunos lugares (Organización Latinoamericana de Energía, 2011).



*Gráfico 2. Materias primas más utilizadas en el mundo. Fuente: Autor.*

*Datos: Organización Latinoamericana de Energía, 2011*

### 3.4 Uso de biomasa en América del Sur

A continuación, se presenta el uso de biomasa como fuente energética en países de América del sur donde su uso ha tomado mayor importancia: Brasil, Uruguay, Chile y Colombia.

#### 3.4.1 Brasil

En Brasil, más del 85 % de la producción total de caña de azúcar se concentra en la región centro sur. Más específicamente, del 58 % al 63 % de la producción del país en los últimos años provino del estado de São Paulo, en el sureste del país. Sin embargo, el cultivo se está expandiendo gradualmente hacia el estado de Goiás, donde se complica por diferentes patrones de suministro de agua y características del suelo (Ramos, 2006). Se espera que la caña de azúcar sea irrigada para incrementar los rendimientos y asegurar una producción estable. Además, la expansión se ha topado con cuellos de botella tecnológicos en las prácticas de gestión. Las variedades de caña de azúcar existentes no se desarrollaron para el

entorno del Cerrado, mesetas ubicadas en el centro de Brasil. Además, se afirma que la cosecha mecánica ha reducido la vida productiva y el rendimiento de los cultivos. Aparte de esta situación, esta revisión también aborda algunos problemas económicos que han surgido desde que se introdujo por primera vez el etanol de caña de azúcar como combustible para alimentar vehículos de menor caballaje en Brasil (Ramos, 2006).

### **3.4.2 Uruguay**

Uruguay tiene una demanda energética creciente como resultado de las diferentes estrategias definidas en el marco del crecimiento económico, lo cual ha generado grandes aportes a la sociedad uruguaya en lo referente al aumento de los niveles de empleo el poder adquisitivo de la población y la reducción de la pobreza. El suministro de energía está compuesto en más del 50 % por petróleo y sus derivados, que genera costos y riesgos muy relevantes. Estos se complementan con energías renovables, biomasa e hidroelectricidad. El nivel de acceso a los servicios energéticos modernos es muy alto con valores casi universales.

Históricamente, la energía renovable en Uruguay ha jugado un papel importante, con fuerte presencia de la hidroelectricidad. La incorporación de energías renovables al mix está liderada por la energía eólica, cogeneración con biomasa asociada a proyectos forestales, energía solar y, en menor escala, biocombustibles (Siri-Prieto, 2012).

La producción de la energía en Uruguay ha estado dominado el uso de la biomasa (leña) y la producción de energía con la construcción de hidroeléctricas como recurso nativo, y también el uso del petróleo y sus derivados, los cuales son totalmente importados. Uruguay depende en un 50 % de energía importada lo que representa un gran reto para la nación frente al desarrollo de proyectos de autoabastecimiento energético.

### 3.4.3 Chile

Por su parte, en Chile, la leña / biomasa suma un 27,8 % al mix energético. El principal uso de la leña, que proviene principalmente del bosque nativo, es la calefacción y cocina residencial (67 %). El 33 % restante se utiliza como combustible industrial, para producción térmica, eléctrica y cogeneración (Ministerio de Energía, 2013). Los principales problemas ambientales relacionados con el uso de leña surgen en cada extremo de la cadena comercial, durante el proceso de extracción y en los procesos de conversión de energía. El uso ineficiente de leña ha tenido graves consecuencias ambientales, como la explotación ilegal de bosques nativos y la contaminación del aire. Esto último ha sido causado principalmente por el desconocimiento en cuanto a las condiciones para el aprovechamiento de este tipo de biomasa, toda vez que, al quemar madera con alto contenido de humedad, aumentan la demanda de la madera y se desequilibra el balance asociado a la absorción del CO<sub>2</sub> en el periodo de crecimiento de la plántula y las emisiones generadas en su ignición.

La industria del biogás en Chile se encuentra en su fase inicial de desarrollo. Se están estudiando varios proyectos de generación de calor y electricidad combinados o antorcha, en construcción o ya en operación. Los proyectos de quema están vinculados al uso de lodos de plantas de tratamiento de agua, rellenos sanitarios y proyectos en pequeñas y medianas empresas agroindustriales, sumando una capacidad eléctrica instalada de 37,9 MW (CER, 2013). Cabe destacar el surgimiento de una industria nacional del biogás, con empresas que amplían la construcción de proyectos aprovechando el potencial de los residuos agrícolas, un sector productivo importante (Carrasco Allende, 2015).

### **3.4.4 Colombia**

Según Escalante et al. (2010), en Colombia se considera que el potencial energético de la biomasa de residuos agroindustriales es aproximadamente de 331.645 TJ / año. Esto incluye aceite de palma, caña de azúcar, café, maíz, arroz y dos especies de banano. Aproximadamente 215.647 TJ / año corresponden a aceite de palma y caña de azúcar.

Si bien los residuos de biomasa se pueden utilizar para producir biocombustibles, en Colombia la mayor parte del bagazo de caña de azúcar se utiliza para producir energía eléctrica y vapor de agua para la producción de bioetanol. De igual forma, la otra parte de los excedentes de la caña de azúcar, es utilizada directamente por la industria para generar calor (Sánchez et al., 2013).

En el caso de los residuos de aceite de palma se obtienen dos residuos distintos: racimo vacío y cáscara de palmiste. Las conchas se venden principalmente para su uso como combustible en calderas con el fin de producir vapor (es decir, en la producción de aceite vegetal para la alimentación). Los racimos de frutas vacíos no tienen un uso particular y generalmente se desechan como fertilizante a pesar de su alto potencial energético (HHV de 20,85 kJ / kg) (Escalante et al., 2010).

### **3.5 Uso de la biomasa en la Argentina**

Argentina se reconoce como el tercer mercado energético más grande de América Latina. El panorama energético argentino todavía está dominado por los combustibles fósiles, que representan el 87 % de la combinación energética total (Ceppi, 2019). Hasta 2010, Argentina era un país exportador de energía, sin embargo, el aumento del consumo combinado con una disminución constante en el desarrollo de nuevos proyectos de energía y

la disminución en la extracción de gas natural obligaron a Argentina a importar energía de países vecinos. Argentina enfrenta un importante déficit de energía que ha desencadenado varias iniciativas gubernamentales ambiciosas para instalar capacidad adicional a velocidades récord.

La Ley N ° 27.191 identifica la importancia del desarrollo de alternativas de generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovable como un área de interés público y compromete al estado a aumentar la participación en la construcción de proyectos de implementación de energías renovables (incluidas las mini hidráulicas de menos de 30 MW de capacidad) al 8 % del mix eléctrico nacional por parte de finales de 2017. Con esta ley, Argentina también estableció un objetivo a largo plazo para que el 20 % de la demanda de energía sea cubierta por generación de energía renovable con 10,000 MW de generación de energía renovable que se agregarán a la red para 2025.

Tal lo que refiere Figueira et al. 2019, las ciudades argentinas que están atravesando un crecimiento urbano, no contemplan aún la posibilidad de ampliar la red de consumo energético en función de la nueva matriz energética Nacional.

Sin embargo, entre las diversas iniciativas para aumentar la generación de energía, el gobierno argentino ha lanzado el Programa RenovAr para desarrollar el sector de energías renovables de Argentina. RenovAr inició su Ronda 1 con una subasta para sumar 1.000 MW de energía renovable a la red (600 MW de eólica, 300 MW de solar, 65 MW de biomasa, 20 MW de pequeñas represas y 15 MW de biogás) (Resolución MEyM 136/2016).

Según estadísticas del Comité de Biomasa de la Cámara Argentina de Energías Renovables (C.A.D.E.R., 2019), el país cuenta con aproximadamente 80 plantas abastecidas con biomasa, de las cuales 20 de ellas son grandes generadoras de energía. Una de ellas está

ubicada en General Cabrera y acopia y vende unas 140.000 toneladas anuales de maní y genera 450 empleos de forma directa. Con la producción de este alimento se estaba generando grandes cantidades de desecho del maní lo que se convertía en un pasivo ambiental para la empresa, en la búsqueda del aprovechamiento de este excedente se llegó a la innovadora idea aprovechar este desecho en la producción de energía. Esta planta alimentada con biomasa cuenta con una turbina de vapor de 10 megavatios (MW) de potencia, con capacidad para generar 78.840 MW/hora. La empresa utiliza una parte de la energía generada por la planta y la energía restante lo incorpora a la red nacional. Lo que ha permitido favorecer alrededor de 8000 hogares argentinos.

### **3.6 Beneficio del uso de la biomasa como energía renovable**

La biomasa es un combustible con capacidad calórica apta para la producción de energía y representa una gran cantidad de ventajas frente a otras alternativas contempladas para alcanzar el desarrollo sostenible y controlar la contaminación del ámbito local., dentro de estos beneficios es importante resaltar que:

- ✓ La biomasa es una fuente de energía carbono neutro, toda vez que el CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera es el equivalente al que se absorbe por la planta en su proceso de crecimiento, por lo que mediante un ejercicio de balance de masas el CO<sub>2</sub> generado puede considerarse nulo.

- ✓ Además de ser una fuente de energía renovable, puede ser de ayuda para evitar que se produzcan incendios forestales, permite el control de plagas, también permite la implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas, evita la erosión ya que en ningún momento se contempla el suelo desnudo, además es fácilmente adaptable a

diferentes procesos de producción agrícola, mediante el aprovechamiento de los subproductos, evitando la quema de los terrenos de cultivo. Permite la limpieza de los montes o malezas y al uso de los subproductos de las industrias (Ayala-Mendivil y Sandoval, 2018).

✓ Argentina cuenta con gran cantidad de excedentes con potencial uso como biomasa, lo que permite la utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos, con menor contaminación. Genera menores emisiones que las calderas de combustibles convencionales, y disminuye las emisiones de azufre, de partículas, y emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC y NOX, responsables de las conocidas lluvias acidas.

✓ Reduce el costo asociado al mantenimiento de las posibles fuentes de escape de gases tóxicos presentes en los combustibles fósiles. También, reduce los subproductos agrícolas y forestales que van a vertederos.

### **3.7 Conversión de biomasa en energía renovable**

#### **3.7.1 Métodos termoquímicos**

Método en el que se utiliza el calor para transformar la biomasa. Los materiales con mayor capacidad calorífica son los que tiene menos humedad (madera, heno, conchas, etc.).

Se utilizan para lo siguiente:

- Combustión: cuando la ignición de la biomasa se realiza con una gran cantidad de aire (un 20-40 % superior al teórico) a una temperatura de entre 600° C y 1.300°C. Este es el método más común para recuperar la energía de la biomasa, de la que

sale gas caliente para generar calor y luego utilizarlo en el hogar, en las industrias y para generar electricidad.

- Pirolisis: descomposición de la biomasa mediante calor (a unos 500° C) sin oxígeno. Mediante este proceso se obtiene un gas, compuesto por hidrógeno, óxidos e hidrocarburos de carbono, hidrocarburos líquidos y residuos sólidos de carbono. Este proceso se ha utilizado durante muchos años para obtener carbón vegetal.

- Gasificación: cuando hay combustión y se producen diferentes compuestos químicos: como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el hidrógeno (H) y metano (CH<sub>4</sub>), en diferentes cantidades. La temperatura de la gasificación puede variar entre 700° C y 1.500°C, con una presencia de oxígeno entre el 10 y el 50 %. En el proceso dependiendo del uso de aire u oxígeno, se crean diferentes procesos de gasificación. En primer lugar, el gasógeno o “gas pobre” y segundo lugar el gas de síntesis. La importancia de este proceso es que la biomasa puede ser transformada en un combustible líquido conocido como el metanol. Este proceso aún requiere de grandes esfuerzos para mejorar el proceso de gasificación con oxígeno.

- Co-combustión: consiste en la mezcla de biomasa en un proceso donde se tiene como combustible principal el uso de carbón, este proceso permite la disminución del CO<sub>2</sub> aun cuando la biomasa es solo utilizada como combustible de respaldo.

### **3.7.2 Métodos bioquímicos**

Proceso en el que se utilizan microorganismos que degradan la materia orgánica. Utilizado en biomasa con alto contenido de humedad. Los más comunes son los siguientes:

- Fermentación alcohólica: consiste en la fermentación de los carbohidratos presentes en las diferentes plantas y que mediante este proceso se produce un alcohol (etanol), que es completamente aprovechable por las diferentes industrias.
- Fermentación de metano: es un proceso anoxigénico donde la biomasa se fermenta y se crea el biogás (Faba et al., 2014).

## **3.8 Sistemas de explotación de la biomasa**

### **3.8.1 Producción de biocombustible**

Los biocombustibles convencionales producidos a partir de cultivos que contienen almidón, azúcar o aceite y, en menor medida, a partir de residuos de aceite de cocina y grasas animales representan prácticamente todos los biocombustibles del mercado actual. En algunos casos, estos combustibles pueden ser competitivos con la gasolina y el diésel convencionales, siempre y cuando se logre controlar la brecha asociada a los costos de producción que en la mayoría de los casos generan mayores costos que la producción de combustibles no renovables. Uno de los factores clave es el precio de la materia prima, que puede representar hasta un 80 % en los biocombustibles convencionales. Todavía hay margen para mejorar las eficiencias de conversión, concientizar a las personas frente al ahorro energético y desarrollar flujos de coproductos más rentables, y los costos de producción podrían mejorar como resultado. Sin embargo, a más largo plazo, la volatilidad

de los precios de las materias primas amenazarán los márgenes y las preocupaciones de sostenibilidad, como la posibilidad de reducir el CO<sub>2</sub>, probablemente limitarán el papel de los biocombustibles convencionales (Organización Latinoamericana de Energía, 2011).

“El etanol lignocelulósico, los combustibles de biomasa a líquido y el gas natural biosintético, actualmente en una etapa pre-comercial, todavía tienen potencial para reducir los costos de producción” (Faba et al., 2014). La ampliación de las unidades de producción y la realización de mejoras adicionales en la eficiencia de los procesos será clave para lograr estas reducciones de costos. Alrededor del 2030, varios biocombustibles avanzados podrían volverse competitivos con la gasolina fósil y el diésel, o al menos casi llegar a serlo.

Los biocombustibles de primera generación se producen actualmente a partir de azúcares, tal es el caso de la planta de Biocombustibles Bio4, que opera en la provincia de Córdoba (Argentina), la cual produce Bioetanol a partir de cultivos de maíz, almidones y aceites vegetales, pero estos productos han mostrado varias desventajas, como su disponibilidad limitada por fertilidad del suelo y rendimiento por hectárea, mientras que su contribución al ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía fósil está restringido por un elevado aporte energético para sus cultivos y conversiones.

En Brasil, la caña de azúcar ocupa 8,4 millones de hectáreas que corresponde al 2,4 % de las tierras cultivables del país. Los ingresos brutos de este mercado son de aproximadamente US\$ 20 mil millones (asignados como: 54 % de etanol, 44 % de azúcar y 2 % de bioelectricidad). Además, hasta el 50 % de todos los vehículos en Brasil son automóviles de combustible flexible, es decir, aproximadamente 15 millones de automóviles. Por lo tanto, Brasil jugará un papel dominante en la extensión de las fuentes de biomasa hacia la producción de energía, mientras que el bagazo de caña de azúcar y la paja han demostrado ser prometedoras materias primas para el etanol de biomasa. En 2008 Brasil produjo 415

millones de toneladas de residuos de caña de azúcar, 195 millones de toneladas de bagazo de caña de azúcar y 220 millones de toneladas de paja de caña de azúcar, mientras que para el año 2012 la producción de caña de azúcar representó 590 millones de toneladas, que corresponden a 178 millones de toneladas de bagazo, y 200 millones de toneladas de paja.

### **3.8.2 Producción de energía térmica**

La energía térmica se produce cuando un aumento de temperatura hace que los átomos y las moléculas se muevan más rápido y choquen entre sí. La electricidad térmica se basa en una variedad de tecnologías:

- **Centrales térmicas tradicionales:** También denominadas centrales de combustión, funcionan con energía producida por una caldera de vapor alimentada por carbón, gas natural, fuelóleo, así como por biomasa. El vapor activa una turbina que, a su vez, impulsa un alternador para producir Electricidad.

- **Centrales eléctricas de gas de ciclo combinado (o plantas de turbinas de vapor-gas):** combinan una turbina de gas y una central térmica tradicional para generar electricidad. A diferencia de las centrales térmicas convencionales, la energía residual de los gases se utiliza para otro ciclo. Esta es una de las razones por las que este tipo de plantas son más eficientes, lo que también significa que producen menos emisiones de CO<sub>2</sub> que las plantas convencionales. Inicialmente, se inyecta gas en la turbina de combustión. Genera vapor, que luego se suministra a otra turbina. La turbina de combustión y la turbina de vapor funcionan en conjunto para hacer girar uno o más alternadores, que producen electricidad.

- **Recuperación de gas de alto horno:** la producción de electricidad también puede obtenerse recuperando y reciclando gases de la producción de hierro y acero (gas de alto horno, gas de planta de coque, gas de planta de acero), utilizando una caldera tradicional (una tecnología comparable a las centrales térmicas tradicionales) o en una caldera de recuperación de calor en una planta de gas de ciclo combinado.
- **Turbinas de gas y turborreactores:** Utilizados principalmente para complementar la producción de electricidad de otras centrales térmicas, las turbinas de gas y turborreactores pueden hacerse cargo muy rápidamente en caso de avería de otras centrales o de picos inesperados de consumo. El compresor aspira aire, lo comprime y lo inyecta en la cámara de combustión. Se inyecta gas natural (turbina de gas) o queroseno (turborreactor) en la cámara para ser quemado. Los gases de combustión calientes hacen girar la turbina, que impulsa un alternador para producir electricidad.
- **Unidades de cogeneración:** Producen calor (su función principal) simultáneamente con electricidad (su función secundaria) en una sola instalación y empleando un único combustible. Es una solución de alta eficiencia energética. Al recuperar la energía térmica que normalmente se pierde en la generación de energía, estas plantas son capaces de producir electricidad y calor con una eficiencia cercana al 90 %, lo que es de gran interés para los sitios industriales. un generador de gas impulsa un alternador que produce electricidad. El calor recuperado de la refrigeración del motor y los gases de combustión calienta un circuito de agua gracias a intercambiadores de calor.

### 3.8.3 Producción de biogás

El biogás es un tipo de energía renovable producido naturalmente a partir de la descomposición de materia orgánica. Cuando esta materia orgánica se expone a un ambiente

sin oxígeno, liberan una mezcla de gases. Aunque lo que se libera principalmente es metano (entre 50-75 %, dependiendo de la cantidad de carbohidratos presentes en la mezcla) y dióxido de carbono, otros gases también se liberan en cantidades más pequeñas.

Como la producción de biogás es un proceso anoxigénico, también conocido como digestión anaeróbica. En pocas palabras, hay un proceso de fermentación que descompone la materia orgánica, convirtiendo lo que alguna vez fue un desperdicio en una fuente de energía que se puede usar para calentar, enfriar, cocinar o para la producción regular de electricidad, una vez que se quema.

Lo que se utiliza principalmente para la producción de biogás y se coloca dentro del fermentador (un recipiente especial) son:

\*Restos de comida

\*Desperdicio animal

\*Lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales

\*Estiércol animal y biomasa de campo procedente de la agricultura

\*Subproductos de residuos biodegradables de instalaciones industriales como mataderos

Según Gasum 2015, el proceso de producción de biogás funciona de la siguiente manera:

1. Los residuos biológicos se trituran en trozos más pequeños y se tensan para prepararlos para el proceso de digestión anaeróbica. Se agrega líquido a los residuos biológicos para facilitar su procesamiento.

2. Los microbios necesitan condiciones cálidas, por lo que los desechos biológicos se calientan a alrededor de 37 ° C.

3. La producción real de biogás se lleva a cabo mediante digestión anaeróbica en grandes tanques durante unas tres semanas.

4. En la etapa final, el gas se purifica (mejora) eliminando las impurezas y el dióxido de carbono.

La producción de biogás a través de la digestión anaeróbica tiene ventajas significativas sobre otras formas de producción de bioenergía y es valorada como una tecnología de producción de energía eficiente desde el punto de vista de la eficiencia energética y del equilibrio medioambiental. Comparando con otras fuentes de energía, específicamente los combustibles fósiles, es una mejor solución ambiental.

Según Tobares L. (2012), el país enfrenta un importante déficit energético, equivalente a la situación mundial de escasez de hidrocarburos. Esta situación, junto con la preocupación por el proceso de calentamiento global latente, ha movilizó a la Argentina y a los países del mundo entero a buscar soluciones que reviertan esta realidad, centrándose en las Energías Renovables.

### **3.9 Explotación de una central de generación eléctrica mediante biomasa**

La biomasa es un combustible que puede generar energía eléctrica a partir de varios procesos donde el método más comúnmente utilizado es la combustión directa, ya sea con la ignición de residuos agrícolas o diferentes materiales leñosos. Otro proceso comúnmente utilizado es la gasificación de los elementos mediante pirolisis o digestión anaeróbica, la cual produce un biogás de síntesis cuyo contenido energético se utiliza mediante el calentamiento

de la biomasa con menor presencia de oxígeno del necesario para una combustión completa. La pirólisis es el proceso en el que se genera bio-aceite al calentar rápidamente la biomasa en un ambiente anoxigénico. La digestión anaeróbica produce un biogás natural renovable cuando los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Diferentes métodos de trabajo apuestan con diferentes tipos de biomasa. Por lo general, la biomasa leñosa, como las astillas de madera, los pellets y el aserrín, se quema o gasifica para generar electricidad. Los residuos de rastrojo de maíz y paja de trigo se embalan para su combustión o se convierten en gas mediante un digestor anaeróbico. Los desechos muy húmedos, como los desechos animales y humanos, se convierten en un gas de contenido de energía media en un digestor anaeróbico. Además, la mayoría de los otros tipos de biomasa se pueden convertir en bioaceite mediante pirólisis, que luego se puede utilizar en calderas y hornos.

Esta descripción general se centra en la biomasa leñosa utilizada para generar electricidad en una instalación a escala comercial en lugar de un proyecto a escala de servicios públicos. El calor y el biogás de biomasa, incluida la digestión anaeróbica y el gas de vertedero, se tratan en otras páginas de recursos tecnológicos de esta guía:

- Calor de biomasa
- Biogás de biomasa

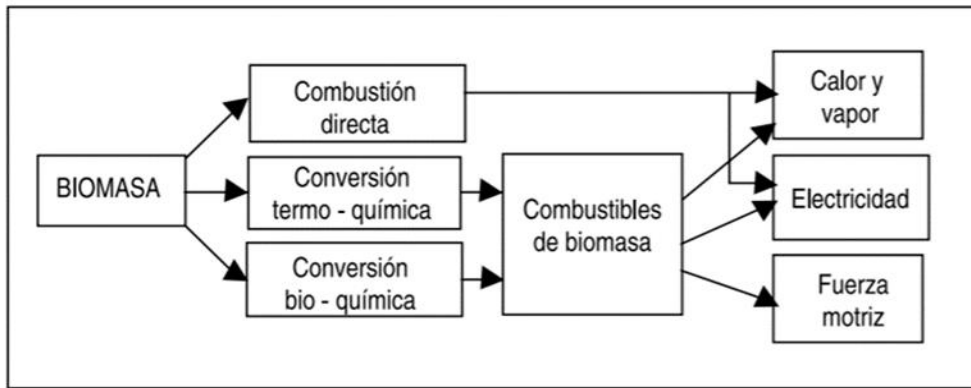


Gráfico 3. Proceso de Conversión de Biomasa en Energía Fuente: Manual Sobre Energía renovable Biomasa PNUD 2002

Comparado con otras fuentes de energía renovable, la biomasa tiene la ventaja de la capacidad de despacho, lo que significa que es controlable, su eficiencia es comparable con la generada por los combustibles fósiles. Sin embargo, la desventaja de la biomasa para la generación de electricidad es que el combustible debe adquirirse, entregarse, almacenarse y pagarse.

Además, la combustión de biomasa también genera emisiones de gases responsables de lo que hoy se conoce como Cambio Climático y por eso requiere de un estricto control para no exceder sus niveles que afectarían el equilibrio que se requiere para ser considerada una alternativa energética sostenible.

La mayoría de las plantas de bioenergía utilizan sistemas de combustión de fuego directo. Queman biomasa directamente para producir vapor a alta presión que impulsa un generador de turbina para producir electricidad. En algunas industrias de biomasa, el vapor extraído o gastado de la planta de energía también se utiliza para procesos de fabricación o para calentar edificios. Estos sistemas combinados de calor y energía (CHP) aumentan en gran medida la eficiencia energética general hasta aproximadamente el 80 %, en comparación

con los sistemas estándar de electricidad de biomasa con eficiencias de aproximadamente el 20 %.

Un sistema de generación eléctrica de biomasa simple se compone de varios componentes clave. Para un ciclo de vapor, esto incluye alguna combinación de los siguientes elementos:

- Horno
- Caldera
- Turbina de vapor
- Generador
- Condensador
- Torre de enfriamiento
- Controles de escape / emisiones
- Controles del sistema (automatizados).

Los sistemas de combustión directa alimentados con biomasa son sistemas compuestos por una cámara de combustión u horno, donde la biomasa se quema con exceso de aire para calentar el agua en una caldera y crear vapor. En lugar de la combustión directa, algunas tecnologías en desarrollo gasifican la biomasa para producir un gas combustible y otras producen aceites de pirólisis que pueden utilizarse para reemplazar los combustibles líquidos. El combustible de la caldera puede incluir astillas de madera, pellets, aserrín o bioaceite. El vapor de la caldera se expande luego a través de una turbina de vapor, que gira para hacer funcionar un generador y producir electricidad.

En general, todos los sistemas de biomasa requieren espacio de almacenamiento de combustible y algún tipo de equipo y controles de manejo de combustible. Un sistema que usa astillas de madera, aserrín o pellets generalmente usa un búnker o silo para almacenamiento a corto plazo y un depósito de combustible exterior para almacenamiento más grande. Un sistema de control automatizado transporta el combustible desde el área de almacenamiento exterior utilizando una combinación de grúas, apiladora, recuperadora, cargadores frontales, correas, sinfines y transporte neumático.

Los sistemas de energía eléctrica alimentados con astillas de madera suelen utilizar una tonelada seca por megavatio-hora de producción de electricidad. Esta aproximación es típica de los sistemas de madera húmeda y es útil para una primera aproximación del uso de combustible y los requisitos de almacenamiento, pero el valor real variará con la eficiencia del sistema. A modo de comparación, esto equivale al 20 % de eficiencia HHV con 17 MMBtu / tonelada de madera (Míguez Gómez, 2013).

Para Aguinalde González et al. (2019), la biomasa residual (astillas) se presenta con elevados contenidos de humedad, se tomará como promedio y se aceptará una posición conservadora de un 45 % en peso, teniendo en cuenta las características de los residuos madereros provenientes de Pino y Eucaliptus. Esto plantea problemas para su utilización con fines energéticos y por este motivo es necesario reducir sus contenidos hasta valores razonables. Se empleará para tal efecto un horno secador rotatorio. Esta etapa es fundamental ya que aquí aumenta el poder calorífico del material, pasando de 2000 Kcal/Kg a su valor final mayor a 4600 Kcal/Kg. La materia prima empleada se desprende de aproximadamente el 35 % de agua, con respecto al contenido de agua inicial, alcanzando un 10 % necesario para realizar una compactación óptima y alcanzar la calidad requerida. El agua separada de la materia prima es descargada a la atmósfera como vapor de agua. El tiempo de residencia del material en el equipo es de 20-30 minutos.

Los sistemas de escape se utilizan para ventilar los subproductos de la combustión al medio ambiente. Los controles de emisiones pueden incluir una cámara de filtros o un precipitador electrostático.

### **3.10 Casos de Éxito**

- **Central de Biomasa FRESA Gobernador Virasoro**

La central de Biomasa más grande de Argentina se encuentra en la Ciudad de Virasoro

en la Provincia de Corrientes, la empresa Fuentes Renovables de Energía S.A. de la cual, se estima una producción energética de 40 MW de Potencia, los cuales se volcarán al servicio eléctrico a cargo de la Empresa CAMMESA (Argentina Forestal 2020), Esta planta se diseñó con el objetivo de dar aprovechamiento a los residuos madereros producto de la actividad de la zona. Tiene una capacidad de procesamiento de 1.223.000 toneladas de biomasa. Su instalación requirió la inversión de 60 Millones de dólares.

- **Genergíabio S.A Santa Rosa**

En la misma provincia de Corrientes se encuentra también la planta de biomasa

Genergíabio SA, con capacidad de generar 15 MW en la ciudad de Santa Rosa los cuales son inyectados a la red de Depec, siendo suficiente para surtir Santa Rosa, Tabay, Tatacua, Saladas y Concepción, energía que se genera a partir de aproximadamente 20 toneladas/mes de biomasa producidas por 42 aserraderos de la zona que se pretende surtir, la cual se estima que es suficiente para abastecer a 25 mil hogares argentinos.

- **CEAMSE Rio de la Plata**

El complejo ambiental la ensenada que hace parte de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) genera energía eléctrica sostenible la cual es inyectada a la red eléctrica nacional, esta planta produce biogás a partir de la degradación de los residuos dispuestos en el relleno sanitario el cual entra en un proceso de combustión en equipos moto-generadores para la producción de energía eléctrica, esta Central tiene una capacidad de producir 5 MW/h, Los complejos Ambientales CEAMSE ya cuentan con 3 plantas generadoras de energía a partir de la recuperación del biogás las cuales aportan al sistema eléctrico un total de 20 MW/h.

### **3.11 Impacto ambiental de una central termoeléctrica de biomasa**

En las últimas décadas, aumentar la proporción de energías renovables se ha convertido en una prioridad de la agenda de la política de desarrollo energético y económico de los países más industrializados del mundo.

Según Foster (2018), la eficiencia energética y las energías renovables a menudo se posicionan como las únicas soluciones para cumplir los objetivos del clima en el sistema energético, pero no son suficientes. Será esencial incluir una expansión del uso del secuestro del carbono y se espera que esta tecnología tenga como resultado una reducción de las emisiones de un 16 % anual para 2050. Foster S. y Elzinga D. (2020) informan que, el Quinto Reporte de Síntesis de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, que estima que la limitación de las emisiones del sector energético sin secuestro del carbono aumentaría el coste de la mitigación del cambio climático en un 138 %.

En mayo de 2019 la Municipalidad de Tres de Febrero publicó el Plan Urbano Estratégico. Este fue un paso fundamental en la transformación hacia la ciudad deseada a corto, mediano y largo plazo: una ciudad atractiva para vivir, crecer y desarrollarse. La meta es avanzar hacia un distrito integrado socialmente, conectado territorialmente, participativo, productivo, sustentable y policéntrico, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por la ONU (<https://www.tresdefebrero.gov.ar/plan-urbano-estrategico/>)

La vinculación del Proyecto con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) está dada en que ambos persiguen cambios en la manera de pensar, y así lograr un futuro sostenible para todos, fundamentalmente, el surgimiento del desarrollo sostenible, cuya meta es el desarrollo mundial a largo plazo.

Luego, los 17 ODS con sus 169 metas, consisten en instar a todos los países ya sean ricos, pobres o de ingresos medianos, a adoptar medidas para promover la prosperidad, y a proteger al planeta. Teniendo como meta final, el cumplimiento de cada uno de estos objetivos para 2030.

Si bien, América Latina emite el menor contenido de Carbono regional del mundo, también es cierto que, el Cambio Climático mundial impacta sobre su territorio. A continuación, se detallan los 7 Objetivos de Desarrollo Sostenible (7, 9, 11, 12, 13, 15 y 17) ligados de manera directa al Proyecto.





Imagen 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

La política de energía renovable de la UE ha tenido una gran influencia en las políticas energéticas nacionales de los países miembros de la UE destinadas a aumentar la proporción de energía renovable en el consumo total. (Política Energética Unión Europea, 2018). Cada país miembro de la UE ha adoptado una política energética nacional destinada a implementar la Directiva sobre energías renovables (2009) y el Marco de Clima y Energía (2014) para lograr los objetivos mencionados anteriormente.

En este contexto, la producción de bioenergía a partir de los bosques es de importancia estratégica para satisfacer la creciente demanda de energía. Recientemente, el uso de biomasa de los bosques y las industrias de procesamiento de la madera con fines energéticos ha aumentado sustancialmente debido al alto potencial de explotación de los residuos madereros.

Cuando la biomasa es quemada para producir calor o electricidad, libera dióxido de carbono a la atmósfera. Sin embargo, las fuentes de biomasa, como los cultivos agrícolas y

los árboles, también capturan dióxido de carbono durante el proceso de fotosíntesis y secuestran dicho dióxido de carbono. Si los árboles y otras plantas absorben tanto dióxido de carbono como emitieron durante el proceso de combustión de biomasa, entonces el ciclo del carbono permanece en equilibrio.

Sin embargo, en la práctica de la vida real, no es tan simple: el impacto del carbono de la bioenergía depende de la tecnología de combustión, cómo se cosecha la biomasa, cualquier esfuerzo de re-cultivo, el tipo de biomasa utilizada, el tiempo y el recurso energético que está desplazando.

Si bien la bioenergía a partir de la biomasa es un tipo único de electricidad renovable, a diferencia de la energía solar, eólica e hidroeléctrica, la generación de energía a partir de biomasa es la única de estas que emite gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y contaminantes al aire como material particulado. Sin embargo, debido a la naturaleza renovable de la biomasa, muchos la consideran una fuente de electricidad de carbono neutro.

Por ejemplo, la generación de la electricidad mediante biomasa leñosa emite dióxido de carbono a la atmósfera, pero los árboles volverán a crecer y capturarán el dióxido de carbono emitido. Sin embargo, los bosques pueden tardar décadas en volver a crecer y secuestrar carbono, por lo que la neutralidad de carbono de esa fuente de bioenergía depende del marco de tiempo que se analice. Si se queman árboles a un ritmo más rápido de lo que se vuelven a plantar y cultivar, o queman árboles que, de otro modo, quedarían intactos en un bosque, la neutralidad de carbono se ve comprometida. Los árboles y otras plantas también capturan diferentes cantidades de carbono según su edad, lo que hace que la contabilidad del carbono de la biomasa leñosa sea aún más complicada.

A continuación, se enumeran los posibles impactos de la biomasa en el ambiente:

- Deforestación: Hay muchas plantas bioenergéticas que utilizan residuos, ya sean agrícolas o animales, como fuente de combustible. Sin embargo, muchas empresas de energía utilizan madera forestal como combustible y árboles maduros talados que, tienen un gran potencial como sumidero de carbono.

- Acciones como estas conducen a la deforestación, causando pérdida de hábitat, erosión del suelo, destrucción de la belleza natural y más.

- Contaminación: Además de contribuir a la liberación de dióxido de carbono, la quema de biomasa en estado sólido, líquido o gaseoso también puede emitir otros contaminantes y partículas en el aire, incluidos monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. En algunos casos, la biomasa quemada puede emitir más contaminación que los combustibles fósiles. A diferencia de las emisiones de dióxido de carbono, muchas de estos contaminantes no pueden ser capturadas por nuevas plantas. Este tipo de procesos productivos requieren de un sinnúmero de controles porque si no se desarrollan con las condiciones técnicas necesarias se pueden provocar una serie de problemas ambientales y afectaciones a la salud humana.

- Uso del agua: Las plantas necesitan agua para crecer; cuando las empresas de energía cultivan árboles y otros cultivos para una planta bioenergética, utilizan mucha agua para el riego. A gran escala, esto agrava las condiciones de sequía, afectando los hábitats acuáticos y la cantidad de suministro de agua disponible para otros fines (cultivos alimentarios, bebida, energía hidroeléctrica, etc.).

Asimismo, resulta importante aclarar que no todas las soluciones de energía de biomasa son iguales; algunas de las desventajas ambientales de la bioenergía se pueden mitigar mediante una gestión forestal más sostenible y tomando decisiones cuidadosas sobre el tipo de biomasa que recolectamos como combustible y cómo lo recolectamos. Los avances

en investigación y tecnología, junto con el desarrollo de políticas, pueden ayudar a garantizar que las futuras inversiones en bioenergía sean más respetuosas con el medio ambiente.

La biomasa es la única fuente de energía con un balance de CO<sub>2</sub> neutro, siempre y cuando se garantice que la biomasa se obtendrá de forma renovable y sostenible, de tal forma que el consumo de los recursos sea menor que la capacidad de regeneración de la Tierra. Con esto se garantiza que el material vegetal sea capaz de retener más CO<sub>2</sub> durante su crecimiento que el liberado en su combustión, sin incrementar los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmosfera.

### **3.11.1 Hipótesis**

Existen métodos de producción de energía factible para el aprovechamiento de la biomasa presente en los restos de poda y arbolado urbano y de jardines en el barrio de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero de la provincia de Buenos Aires.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de estudio.**

El estudio previsto para la resolución del problema de investigación “*El uso potencial de los restos de poda vegetal en la generación limpia de Energía Eléctrica*” aplica la metodología mixta debido a que se hace un profundo estudio de la bibliografía disponible sobre el uso de la biomasa para la producción energética, los modelos existentes a nivel mundial, casos de éxito en Argentina, los avances tecnológicos destinados a desarrollar esta

alternativa, y los aspectos positivos y negativos importantes para tener en cuenta en esta propuesta.

- ✓ Cuantitativo, porque se requiere de la recolección de datos necesarios para cuantificar la factibilidad del proyecto de producción energética, la cuantificación de los diferentes tipos de impacto ambiental asociado al proyecto, mediante la metodología de Leopold, se generarán datos que permitan definir la viabilidad ambiental del proyecto.
- ✓ Cualitativo, porque se busca asistir todos los aspectos que correspondan al desarrollo de la generación de energías eléctricas de fuentes renovables, manteniendo un criterio ambientalista sustentable en todas sus etapas.

#### **4.2 Fuentes de datos / herramientas de recolección utilizadas.**

En primera instancia se analizó el contexto internacional sobre las estadísticas de uso energético en el mundo y los avances realizados por los países desarrollados para la adopción de alternativas de energía sustentable.

Se revisa de teoría académica y política referente al desarrollo en la implementación de tecnologías dispuestas para el aprovechamiento de la biomasa.

Dentro de los referentes técnicos para el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta las siguientes fuentes.

- Normativa Argentina

- Constitución de la Nación Argentina. (sancionada en 1853 con las reformas de los años 1860, 1866, 1898, 1957 y 1994)

-Política Ambiental Nacional

- Ley 25675. Ley General del Ambiente. Noviembre 27 de 2002
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015)
- Planes de desarrollo ENEL (2019)
- Manual de Capacitación sobre la Evaluación del Impacto Ambiental-Matriz de Leopold (2016)
- Herramientas de análisis de viabilidad ambiental. (01/01/2020)

- Política Energética Argentina

- Decreto 140 (2007). Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía. 21/12/2007
- Decreto 231 (2015) - Decreto N° 357/2002. Modificación. Administración Pública Nacional. Bs. As., 22/12/2015
- Ley 27191 (2015). Modificatoria. Ley 26190. Energía Eléctrica. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. Octubre 15 de 2015
- Ley 27424. ( 27/12/2017). Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública

-Seguridad e Higiene Laboral

- Ley 19587. 21/04/1972. Ley de Higiene y Seguridad Laboral
- Decreto 351. (02/05/1979). Reglamentario de la Ley N° 19.587. Industria



### **4.3.2. Antecedentes**

Tres de Febrero se independizó del Partido de San Martín, el 15/10/1959, y es uno de los 135 partidos del Conurbano Bonaerense. Sus Autoridades actuales (2015-2019/ 2019-2023): Intendente: Lic. Diego Valenzuela. Antecesor: Intendente Hugo Curto (desde 1991 al 2015 inclusive) (seis períodos consecutivos)

Tiene una superficie de 46 km<sup>2</sup>, su población total es de 340.071 habitantes, densidad poblacional de 79 Hab/Ha, con una participación en el producto bruto geográfico provincial de 2,5 % (datos de 2003), y un 6% de la población con necesidades básicas insatisfechas (NBI), menor al indicador provincial del 11 %, según datos de 2010. Un total de hogares: 112.588 y una Tasa de desocupación: 5,5. Lo cruzan dos FFCC (San Martín y Urquiza). Lo atraviesa la Au. Acceso Oeste (en zona de Ciudadela), posee cuatro cines funcionando a pleno. No hay grandes Shopping. Empleo público empleaba hacia el año 2010 a 21 mil personas, 26 % de la población ocupada formal (Censo 2010).

### **4.3.3 Ciudad Jardín**

Ciudad Jardín de Lomas del Palomar, tiene acceso al centro de Buenos Aires por dos líneas de ferrocarril, la Línea San Martín y la Línea Urquiza, que proporcionan fácil acceso a la Capital a unos 17 km de distancia. Es uno de los 15 barrios de Tres de Febrero, tiene una Superficie de 2.4 km<sup>2</sup>, con 16 307 habitantes y una densidad poblacional de 67,9 HAB/Ha. Ubicada a 20 Km de Buenos Aires, pertenece al Partido de Tres de Febrero. Contrasta con otros municipios Bonaerenses, ya que aquellos tienen influencias hispánicas en su formación y arquitectura, mientras que Ciudad Jardín tiene un trazado concéntrico.



*Imagen 3. Vista, vía zona residencial ciudad Jardín – Fuente: Autor*

Esta ciudad fue inaugurada en 1944, Ciudad Jardín Lomas del Palomar fue ideada por el empresario de origen alemán Erick Zeyen, quien tomó la idea del movimiento urbanístico de la ciudad jardín, que fue fundado por sir Ebenezer Howard. Proponía sustituir las ciudades industriales por otras más pequeñas rodeadas de tierras agrícolas, mezclando la ciudad con el campo. La premisa era mezclar tintes nórdicos germanos en la edificación con ceibos, jacarandás, plátanos, lapachos y otros árboles variados (Imagen 3).

Es un barrio con grandes arboledas, no solo altas, sino todas las calles están plantadas con diversas especies de árboles en sus veredas, más los arbustos o árboles internos y jardines; la suma de todo ese verde lleva a tener grandes volúmenes de residuos de poda. Es por ello que uno de los problemas del barrio es: qué hacer con esos grandes volúmenes.

La nueva Secretaría de Atención al Vecino de la Municipalidad de Tres de Febrero presentó "La Muni en tu barrio" (<https://www.tresdefebrero.gov.ar/>), para gestión directa del vecino: espacios verdes y arboleda, limpieza, etc.; sin embargo, los reclamos vecinales por el retiro del acopio de ramas en esquinas, se ralentiza, con las consecuencias correspondientes.



*Imagen 4. Vista de disparidad de densidad de arbolado en Ciudad Jardín –Fuente Autor*

Las fachadas de chalets con tejas coloniales, los jardines repletos de flores, el trazado urbano circular, los arcos y galerías en los centros comerciales y las diferentes especies de árboles, junto a los parques lineales utilizados a diario por los vecinos para realizar sus caminatas diarias, trotes, bicicleteadas familiares, hacen de este barrio un lugar para el disfrute bajo frondosas arboledas. En los últimos años, se ha observado cómo se empezó a perder la esencia de la localidad, poda indiscriminada, extracción de especies sin reposición de las mismas (Imagen 4), y la llegada de dúplex que alteraban las veredas históricamente verdes. Luego, se reunió una representación de vecinos de Ciudad Jardín con el Poder Legislativo Municipal de Tres de Febrero, para dar un paso clave para proteger al barrio, endurecer los controles y multar a quienes no cumplen las restricciones. La Ordenanza fue aprobada e indica “que es obligación preservar el trazado urbano de la ciudad y su relación con el verde”, por ser considerada Ciudad Jardín un Área de Protección Urbana desde el 2019 (Código de Ordenamiento Urbano de 3 de Febrero, 3.3.2.1. Ciudad Jardín Lomas de Palomar). Además, deberán respetarse límites de altura de nueve metros en las construcciones residenciales, la tipología edilicia y la dirección de las calles para no alterar el

impacto del tránsito. Esto es un resguardo para evitar que en un futuro se tomen decisiones erróneas y así cambiar la fisonomía del barrio.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Estimación del Potencial energético de la Biomasa de Residuos de Poda y Arboleda Vegetal extraída en el barrio de la Ciudad Jardín de Lomas del Palomar en el Partido de Tres de Febrero.**

Para el cálculo del potencial energético de los residuos de poda urbana generados por el barrio Ciudad Jardín es necesario el cálculo y la determinación de algunos datos inherentes para la determinación de la factibilidad sobre el aprovechamiento de la biomasa, estos datos son:

- Humedad relativa
- Composición elemental
- Cenizas
- Valor Calorífico
- Densidad

#### **5.1.1. Humedad relativa**

En primer lugar, para identificar la humedad relativa, tomamos como guía la tabla de referencias de Phyllis, Data for base Biomass and waste donde se tomaron los datos de la biomasa que hace referencia el presente proyecto de investigación como lo son: residuos de maderas, ramas, restos de jardín.

| <b>Tipo de Residuo de Poda</b> | <b>% de Humedad</b> |
|--------------------------------|---------------------|
| Residuos de Maderas            | 71                  |
| Ramas                          | 39,8                |
| Restos de Jardín               | 67                  |

\*Estos cálculos han sido publicados como base teórica por Francisco y Rodríguez (2011)

*Tabla 1. Los resultados obtenidos se tomaron según la base de datos PHYLLIS, Data for base BIOMASS AND WASTE, siguiendo la clasificación ECN Phyllis. Data for biomass and waste).*

### 5.1.2 Análisis de Cenizas

Para el análisis elemental de la Biomasa se debe identificar el porcentaje en peso de Carbono (C), Hidrogeno (H), Azufre (S), y Nitrógeno (N), (Castells y Cols, 2005).

Para este estudio se requiere el análisis de cenizas, proteínas y análisis de los componentes estructurales que conforman la planta tales como: Celulosa, Hemicelulosa y Lignina.

Como datos referentes se tomaron en cuenta lo publicado por Phyllis Data Base for Biomass and Waste, composición elemental de Carbono, Hidrogeno, Nitrógeno, Azufre y Oxígeno para los residuos de madera, ramas y restos de jardín.

| <b>Tipo de Residuo de Poda</b> | <b>Composición elemental C-H-N-S-O</b> |
|--------------------------------|--|
| Residuos de Madera             | 49,5 - 6 - 0,2 - 0,1 - 42,7            |
| Ramas                          | 49 - 6 - 0,3 - 0,1 - 42                |
| Restos de Jardín               | 47,8 - 6 - 3,4 - 0,3 - 38              |

*Tabla 2 Composición elemental de los residuos de poda y arbolado ciudad Jardín según PHYLLIS DATA BASE FOR BIOMASS AND WASTE*

### 5.1.3 Valor porcentual de Cenizas y Valor Calorífico:

Para cenizas y valor calorífico se continuó tomando como referencia las bases de dato de las publicaciones Phyllis Data Base for Biomass and Waste, para los residuos de madera, ramas y restos de jardín.

| Tipo de Residuo de Poda | PCS (MJ/Kg) | Cenizas (%) |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Residuos de Madera      | 18,51       | 3,25        |
| Ramas                   | 12,10       | 3,06        |
| Residuos de Jardín      | 16,62       | 18,4        |

*Tabla 3 Composición elemental de los residuos de poda y arbolado ciudad Jardín según PHYLLIS DATA BASE FOR BIOMASS AND WASTE*

### 5.1.4 Densidad y Peso Específico:

Según Spavento E., et al. 2008, la densidad de la madera es uno de los parámetros de mayor utilización en la cuantificación de las plantaciones y la caracterización de las propiedades de la madera. Se utiliza tanto en las industrias de transformación mecánica de la madera como en las industrias de transformación química. Su valor tiene gran importancia por las estrechas relaciones que mantiene con las restantes propiedades físico-mecánicas de la madera y en especial con la contracción y con la dureza. La densidad real equivale a la densidad de la materia leñosa de la pared celular, cuando se descuentan, en la valoración del volumen, todos los espacios huecos. El valor de la misma es constante (de aproximadamente 1.53 a 1.56 g cm<sup>3</sup>) para todas las especies, porque depende de la densidad de sus

componentes lignina, celulosa, hemicelulosas y extractivos que son los más densos. En términos tecnológicos se considera 1.50. Luego, para los mismos autores, el peso específico (Pe): se expresa como el cociente entre la densidad de la madera y la densidad del agua, por lo tanto, es adimensional.

Peso específico (Pe): se expresa como el cociente entre la densidad de la madera y la densidad del agua, por lo tanto es adimensional.

$$Pe = \frac{\text{Densidad de la madera (g/cm}^3\text{)}}{\text{Densidad del agua (g/cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Densidad de la madera (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la madera (g)}}{\text{Volumen de la madera (cm}^3\text{)}}$$

Por lo tanto:

$$Pe = \frac{\text{Peso de la madera (g)}}{\text{Volumen de la madera (cm}^3\text{)} \times \text{Densidad del agua (g/cm}^3\text{)}}$$

La más usado es el peso seco volumétrico o densidad relativa básica.

Peso seco volumétrico (PSV) o densidad relativa básica (Db)

$$PSV \text{ ó } Dr_b = \frac{Po}{Vv \times \sigma \text{ agua}}$$

Donde:

PSV ó  $Dr_b$  = peso seco volumétrico o densidad relativa básica.

Po = peso anhidro en g.

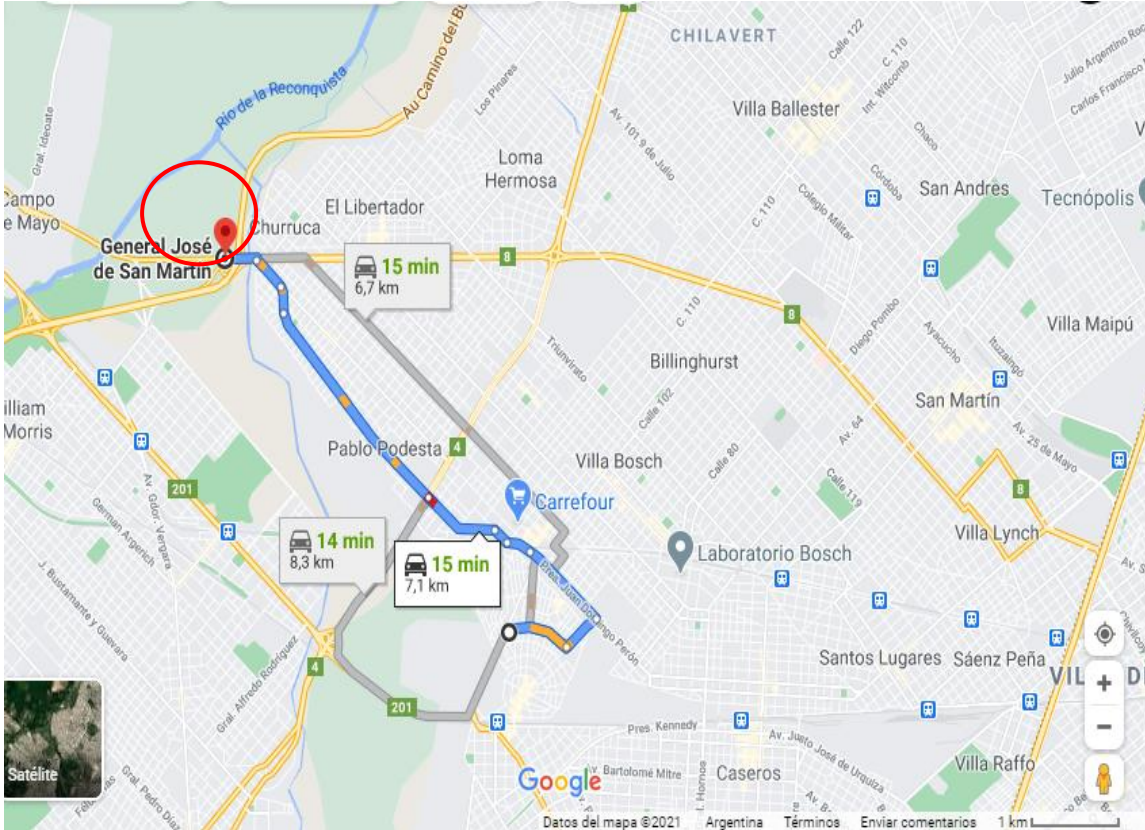
Vv = volumen verde en  $cm^3$ .

$\sigma$  agua = densidad del agua en  $g/cm^3$ .

Figura 1. Propiedades físicas de la madera.

[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1689/mod\\_resource/content/0/Propiedades\\_Fisicas\\_2008.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1689/mod_resource/content/0/Propiedades_Fisicas_2008.pdf)

### 5.1.5 Selección del terreno con la biomasa susceptible de aprovechamiento:



Mapa 1. Distancia a recorrer desde ciudad jardín (palomar) hasta el terreno seleccionado donde se propondrá instalar la planta de chipeo y generadora de energía eléctrica. Fuente: Google Maps.

La herramienta para la evaluación potencial de la biomasa se consideró el uso de la metodología de esquemas de trabajo elaborados por la Escuela de Ingeniería de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid y El Instituto Técnico de Gestión Agrícola de Navarra (ITGA).

La planta de Chipeo y Generadora de energía eléctrica se ubicó, utilizando la herramienta Google Maps entre Río Reconquista/Ruta 8/Camino del Buen Ayre/Arroyo Morón. Distancia a recorrer según recorrido: 6,7 Km / 7,1 Km / 8,3 Km.

Datos de producción energética se establecieron teniendo en cuenta la especie maderera, los ciclos de generación de la biomasa de acuerdo a la poda que se programe en el sector de Ciudad Jardín por año.

### 5.1.6 Especies forestales identificadas en el desarrollo del proyecto:

| ESPECIES PREDOMINANTES | Nombre científico                |
|------------------------|----------------------------------|
| eucaliptus             | <i>(Eucalyptus l'Hér),</i>       |
| tipas                  | <i>(Tipuana tipu)</i>            |
| olmos                  | <i>(Ulmus minor)</i>             |
| fresno americano       | <i>(Fraxinus american)</i>       |
| ombú                   | <i>(Phytolacca dioica)</i>       |
| paraíso                | <i>(Melia azedarach )</i>        |
| timbó                  | <i>(Ateleia glazioviana)</i>     |
| ficus                  | <i>(Ficus nítida thunb)</i>      |
| liquidámbar            | <i>(Liquidambar styraciflua)</i> |
| roble común            | <i>(Quercus robur)</i>           |
| acacia                 | <i>(Albizia julibrissin)</i>     |
| árbol de judas         | <i>(Cercis siliquastrum)</i>     |
| árbol de pimienta      | <i>(Schinus molle)</i>           |
| gomero                 | <i>(Ficus elastica)</i>          |
| lapacho negro          | <i>(Tabebuia ipe)</i>            |
| ciprés de cordillera   | <i>(Libocedrus chilensis)</i>    |
| ciprés horizontal      | <i>(Cupressus sempervirens)</i>  |
| cedro del líbano       | <i>(Cedrus libani)</i>           |
| pino paraná            | <i>(Araucaria brasiliensis)</i>  |
| jacarandá              | <i>(Jacaranda mimosifolia),</i>  |
| ligustrina             | <i>(Ligustrum sinense)</i>       |
| lapacho amarillo       | <i>(Tabebuia alba)</i>           |
| sauce                  | <i>Salix humboldtiana)</i>       |
| ceibo                  | <i>(Erythrina crista-galli)</i>  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| abedul común         | ( <i>Betula pendula</i> )                 |
| ombú                 | ( <i>Phytolacca dioica</i> )              |
| lapacho amarillo     | ( <i>Handroanthus albus</i> )             |
| cerezo de flor       | ( <i>Prunus serrulata</i> )               |
| álamo                | ( <i>Populus alba</i> )                   |
| nogal cafetero       | ( <i>Cordia alliodora</i> )               |
| palmera datilera     | ( <i>Phoenix dactylifera</i> )            |
| palmera              | ( <i>Archontophoenix cunninghamiana</i> ) |
| palmera washingtonia | ( <i>Washingtonia filifera</i> )          |
| pino caribe          | ( <i>Pinus caribaea</i> )                 |

Tabla 4 Reconocimiento especies predominantes objeto de estudio Fuente: tropicaltimber, (2019)

La tabla 4 representa el inventario de especies forestales (con su nombre común y científico) mayormente predominantes presentes en Ciudad Jardín, y que fueron tenidas en cuenta dentro del análisis de las bases teóricas para clasificar e identificar poderes caloríficos ajustados al recurso forestal presente el proyecto de investigación.

| Producto                   | PCS (kcal/kg)<br>Humedad 0% | PCI a la Humedad x (kcal/kg) |              |            |              |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|------------|--------------|
|                            |                             | x                            | PCI          | x          | PCI          |
| <b>Leñas y Ramas</b>       |                             |                              |              |            |              |
| <i>Coníferas</i>           | 4.950                       | 20%                          | 3.590        | 40%        | 2.550        |
| <i>Fronosas</i>            | 4.600                       | 20%                          | 3.331        | 40%        | 2.340        |
| <b>Serrines y Virutas</b>  |                             |                              |              |            |              |
| <i>Coníferas</i>           | 4.880                       | 15%                          | 3.790        | 35%        | 2.760        |
| <i>Fronosas autóctonas</i> | 4.630                       | 15%                          | 3.580        | 35%        | 2.600        |
| <i>Fronosas Tropicales</i> | 4.870                       | 15%                          | 3.780        | 35%        | 2.760        |
| <b>Corteza</b>             |                             |                              |              |            |              |
| <i>Coníferas</i>           | 5.030                       | 20%                          | 3.650        | 40%        | 2.650        |
| <i>Fronosas</i>            | 4.670                       | 20%                          | 3.370        | 40%        | 2.380        |
| <b>Paja de Cereales</b>    |                             |                              |              |            |              |
|                            | 4.420                       | 10%                          | 3.630        | 20%        | 3.160        |
|                            | 4.420                       | 30%                          | 2.700        |            |              |
| <b>Residuo de Campo</b>    | <b>4.060</b>                | <b>10%</b>                   | <b>3.310</b> | <b>15%</b> | <b>3.090</b> |

Tabla 5. Poderes Caloríficos de Diferentes tipos de Biomasa Forestal y Agrícola Fuente: (Diseño de una Central de Biomasa de 1MW ampliable a 2 MW). Gerard Aldoma Peña.

La tabla 5 permite identificar diferentes poderes caloríficos y humedad que son compatibles con el recurso forestal presentes en el área de estudio y el inventario forestal identificado en Ciudad Jardín.

### **5.1.7 Definición de itinerarios de poda y posibilidades anuales:**

Sobre la cuantificación o estimación energética o posibilidad anual de biomasa se determinaron costes estimados de aprovechamiento, adecuación y transporte de acuerdo a la ubicación estimada en la herramienta Google Maps.

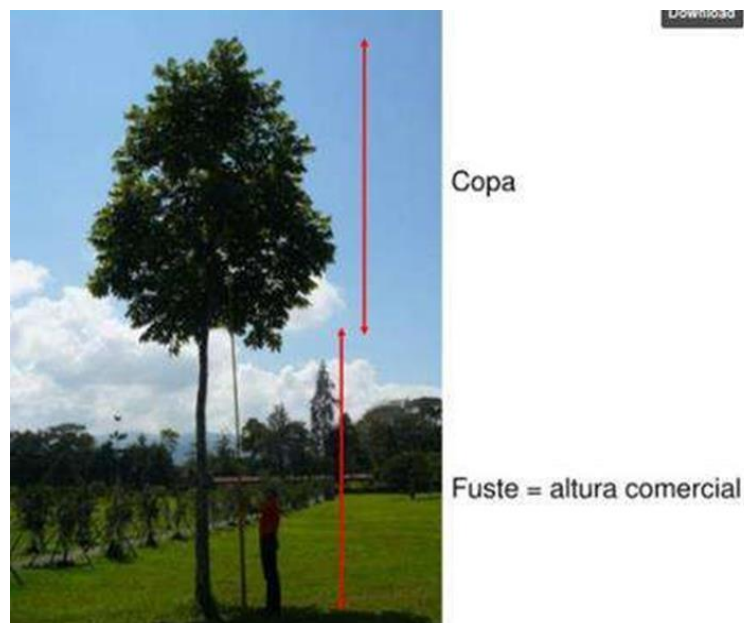
Según el Plan Urbano Estratégico Tres de Febrero de mayo de 2019, sabemos que, en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) se generan 5 Millones de Tn de RSU en general, siendo el 12.75% correspondiente a la poda: 637000 Tn anuales. Generándose en Tres de Febrero el 17%: 110.000 Tn anuales de los residuos de poda producidos en el AMBA.

Se contabilizaron todas las especies de árboles del lugar de manera indiscriminada, se tuvieron en cuenta los que tienen tronco a partir de diámetros  $\geq 8$  cm y partiendo de esas características fueron censados, encontrándose distintas formas de copas como, por ejemplo: ovoidal, cónicas, globosas, tipo abanico, irregulares, etc..

Según la dasimetría, que estudia la conservación, cultivo y aprovechamiento de los montes, y al solo efecto de lo que necesitamos para el presente trabajo, básicamente podemos determinar dos partes de un árbol, su fuste o tronco y su copa. De ésta última provendrá la biomasa necesaria para utilizar en la caldera del proyecto.

La biomasa se calcula de acuerdo al porcentaje de la copa en proporción de su longitud y la altura total del árbol. Los árboles cubiertos por una extensa copa generalmente son encontrados en lugares donde la densidad de árboles sea menor. Este criterio es a menudo utilizado como un indicador de la vitalidad de un árbol (Arias, 2005).

Dentro del relevamiento realizado se encontraron diferentes porcentajes de tamaño de copa entre especies, cuyo factor principal es el lugar donde son plantados (veredas, por ejemplo). Esta condición se asocia a la oportunidad de crecimiento del sistema de radicular de cada árbol. Arias D. (2005) refiere que el porcentaje promedio de copa viva es cercano al 25-30 %, en algunas especies, llegando al 47 % en otras.



*Imagen 5. Cálculo de la Biomasa de un Árbol - Fuente: (Arias, 2005)*

#### Datos de Referencia Copa Viva

25 -30 % Copa Viva, algunas especies 47 %

Luego, según Barrena y Llerena (1988), dentro de los parámetros fundamentales para evaluar la capacidad de la biomasa y el diseño de inventarios forestales, están relacionados con la altura, el diámetro de la copa, un parámetro fundamental a evaluar en inventarios forestales. Su exacta medición es importante, puesto que ella es una de las tres variables junto con el diámetro y la forma del fuste, que se utilizan en la estimación del volumen de un árbol o de un rodal. También es claro que, el peso foliar y el peso de las ramas aumenta de forma directamente proporcional al diámetro normal de los árboles (Kill,1980; Malleux,1982; Wade,1989 y Payanden,1991).

La tendencia natural en una plantación forestal es que la altura de inserción de la copa se desplace hacia arriba conforme la plantación avanza en edad, esto por efecto de los cambios en la cantidad y calidad de la luz que llega al árbol por la competencia. Sin embargo, los efectos de las podas también modifican el punto de inserción de la copa artificialmente.

Las relaciones entre la altura y el diámetro de la copa tienen que ver como indicador de la toma de decisiones sobre la altura para definir los periodos propicios para la poda del árbol, el tipo de corte, que a su vez determina el comportamiento del árbol. Sin embargo, este comportamiento puede variar en algunas especies ya que el diámetro del árbol puede ser muy grande, hasta el punto que resta la posibilidad de estimar el diámetro de la copa en función del diámetro del árbol. Por ejemplo, para el *Pinus caribaea*, en árboles de 15 cm de diámetro, se pueden esperar valores de diámetro de copa entre 2 y 5 m. (D. Arias, 2005), mientras que para Balcorta-Martínez HC., J. J. Vargas-Hernández (2007), para una plantación de tres años de edad *Gmelina arborea*, da valores promedio y diferenciales de selección que se genera en cada una de las características de interés en una plantación.

| Población                       | Altura<br>(m) | Diámetro<br>(cm) | Volumen<br>(m <sup>3</sup> ) | Rectitud<br>del fuste | Angulo de<br>inserción<br>(°) | Densidad<br>de la madera<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | Diámetro<br>de copa<br>(m) | Diámetro<br>de ramas<br>(cm) |
|---------------------------------|---------------|------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| Población base(n=1578)          | 7.4           | 10.6             | 0.035                        | 1.6                   | 43.1                          | 0.370 *   | 3.9                        | 2.4                          |
| Subpoblación Seleccionada(n=20) | 11.2          | 15.1             | 0.091                        | 4                     | 47.5                          | 0.373   | 4.2                        | 5.3                          |
| Dif. Selección.                 | 3.8           | 4.5              | 0.056                        | 2.4                   | 4.4                           | 0.003   | 0.3                        | 2.9                          |

Tabla 6. Valores promedio y diferencial de selección en una plantación de *Gmelina arborea* de tres años de edad. Fuente Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9(2): 13-19, 2004

Según Andrade (2008), el DAP es el diámetro del círculo que se aproxima a la forma de la figura transversal del tronco de un árbol, donde:

Dap: Diámetro a la altura del pecho (130 cm)

C dap:  $C$  : Circunferencia (en cm)

$\pi$

En este caso, se toma en promedio un Dap de 36 cm, cuya circunferencia será de:

Dap: 36 cm x  $\pi$  = 113 cm (Circunferencia)

Luego, según tablas Andrade (2008) tomadas por Somarriba y Beer (1987), un árbol de 36 cm de Dap y una altura de 26 m, tiene 1,104 m<sup>3</sup> de madera.

Ejemplo de tabla de volumen. Tabla de volumen total para *Cordia alliodora* con corteza ( $m^3 \text{ árbol}^{-1}$ )

Se busca las dimensiones del árbol a estimar en cada entrada (fila o columna) y el valor de la celda donde interceptan es el volumen total

Ejemplo:  
Un árbol de 20 cm de dap y 26 m de altura tiene 0,451  $m^3$  de madera

Fuente: Somarriba y Beer (1987)

| Altura (m) | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 26    | 28    | 30    | 32    | 34    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10         | 0,041 | 0,055 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12         | 0,053 | 0,069 | 0,086 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 14         | 0,066 | 0,086 | 0,106 | 0,128 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 16         | 0,081 | 0,105 | 0,129 | 0,153 | 0,177 | 0,202 |       |       |       |       |       |       |       |
| 18         |       | 0,127 | 0,156 | 0,185 | 0,213 | 0,242 | 0,271 |       |       |       |       |       |       |
| 20         |       |       | 0,185 | 0,219 | 0,253 | 0,287 | 0,321 | 0,355 |       |       |       |       |       |
| 22         |       |       | 0,218 | 0,258 | 0,297 | 0,337 | 0,377 | 0,416 | 0,456 | 0,496 |       |       |       |
| 24         |       |       |       | 0,300 | 0,346 | 0,392 | 0,438 | 0,483 | 0,529 | 0,575 | 0,621 | 0,667 |       |
| 26         |       |       |       | 0,346 | 0,398 | 0,451 | 0,504 | 0,556 | 0,609 | 0,662 | 0,715 | 0,767 | 0,820 |
| 28         |       |       |       |       | 0,453 | 0,515 | 0,575 | 0,635 | 0,695 | 0,755 | 0,815 | 0,875 | 0,935 |
| 30         |       |       |       |       | 0,516 | 0,584 | 0,652 | 0,720 | 0,788 | 0,856 | 0,924 | 0,992 | 1,060 |
| 32         |       |       |       |       |       | 0,658 | 0,734 | 0,810 | 0,887 | 0,963 | 1,040 | 1,116 | 1,192 |
| 34         |       |       |       |       |       |       | 0,822 | 0,907 | 0,992 | 1,078 | 1,163 | 1,248 | 1,333 |
| 36         |       |       |       |       |       |       |       | 1,009 | 1,104 | 1,199 | 1,294 | 1,388 | 1,483 |
| 38         |       |       |       |       |       |       |       |       | 1,122 | 1,227 | 1,332 | 1,437 | 1,542 |
| 40         |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1,462 | 1,578 | 1,693 | 1,809 |
| 42         |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1,604 | 1,731 | 1,857 | 1,984 |
| 44         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1,891 | 2,030 | 2,168 |
| 46         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 2,059 | 2,210 |
| 48         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 2,398 |
| 50         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

$$\text{Volumen total (m}^3\text{)} = -0,017615 + 0,000034 (d^2h) - 0,000086 (d^2) + 0,003358 (h)$$

Tabla 7: Ejemplo de Cálculo de volumen total. Fuente: Andrade (2008).

Por consiguiente, para un árbol que contiene 1,104  $m^3$  de madera, según lo antes indicado, Arias (2005) refiere que el porcentaje promedio de copa viva es cercano al 25-30 % en algunas especies, llegando al 47 % en otras. Por lo que, promediando un 40 % (correspondiente a su copa) de 1,104  $m^3$  de madera de un árbol, a la copa del mismo correspondería: 1,104  $m^3$  x 40 %.

Contenido de la copa de un árbol: 0,44  $m^3$  de madera

En consecuencia, Carreño (2006) refiere en su tabla de Pesos Específicos de la madera (Tabla 8), valores de distintas especies que van desde los 500  $kg/m^3$  a 1300  $kg/m^3$  aproximadamente. Para este caso se toma un valor promedio de 900  $kg/m^3$  dada la gran

variedad de especies de árboles y sus distintas características del lugar de estudio. Por lo que, si la copa promedio contiene 0,44 m<sup>3</sup> y, el peso específico de su madera es de 900 kg/m<sup>3</sup>, cada copa de árbol tiene un peso específico de 396 kg de madera.

Promedio de copa de un árbol: 0,44 m<sup>3</sup> x 900 kg/m<sup>3</sup> (Peso específico de la madera)

= 396 kg Peso específico de la madera a extraer de c/árbol

| Clase de Madera        | Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------|--------------------------------------|
| Abeto                  | 600                                  |
| Álamo                  | 500                                  |
| Algarrobo              | 810                                  |
| Caldén                 | 630                                  |
| Caoba                  | 820                                  |
| Castaño                | 800                                  |
| Cedro                  | 750                                  |
| Cedro misionero        | 550                                  |
| Incienso               | 920                                  |
| Lapacho                | 1000                                 |
| Nogal, Roble           | 800                                  |
| <del>Petiribi</del>    | 650                                  |
| Pino blanco            | 430                                  |
| Pino misionero         | 510                                  |
| Pino Neuquén           | 520                                  |
| Pino Oregón            | 550                                  |
| <del>Pino Spruce</del> | 460                                  |
| Pino Tea               | 600                                  |
| Quebracho blanco       | 910                                  |
| Quebracho colorado     | 1280                                 |
| Roble de Eslovenia     | 750                                  |
| <del>Virapita</del>    | 900                                  |
| <del>Viraro</del>      | 920                                  |

Tabla 8: Pesos específicos de maderas Fuente: Carreño (2006).

La arboleda de Ciudad Jardín tiene un total de 7851 árboles (ver tabla 9), por lo que, si cada copa de árbol tiene un peso específico de 396 kg de madera a extraer, ese valor, multiplicado por los 7851 árboles contabilizados en Ciudad Jardín, da un total de:

$$396 \text{ kg árbol} \times 7851 \text{ árboles} = 3.108.996 \text{ kg} = 3.109 \text{ Tn.}$$

Es de destacar que, Navall et al (2015) recomiendan que las podas de formación se inicien durante el reposo invernal en plantas que cuenten con 3-4 cm de diámetro de cuello y luego continuar con podas invernales o primavera-estivales de baja intensidad, hasta tanto se defina la longitud del fuste deseado. Por lo que, no toda la arboleda de Ciudad Jardín se poda en cada otoño (época recomendada para ello), por lo que, se estima un total de 70 % de la arboleda es podada, así como también, hay una renovación permanente en el lugar por ramas que interfieren con cableados, con garajes, etc., como también, luego de tormentas cuando se producen rajaduras o desprendimiento de ramas, es necesario realizar el corte de las mismas.

De lo expresado se deduce que, si se toma un promedio de un 80 % de árboles podados en época otoñal, y se extrae de manera regular y permanente un promedio del 80 % de ramas o troncos, se concluye que, se debe tomar un 80 % como extracción anual de la arboleda de Ciudad Jardín:

$$3.109 \text{ Tn del total, se extrae un } 80 \% = 2.487 \text{ Tn de biomasa extraída anualmente}$$

| Árboles de Ciudad Jardín (Sept./2020)                        |             |                                       |                                     |                      |             |
|--|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------|
| CALLE  | CANTIDAD    | CALLE                                 | CANTIDAD                            | CALLE                | CANTIDAD    |
| Marinero Rojas   | 62          | Fels                                  | 27                                  | Ador. Origone        | 36          |
| Matienco   | 179         | Macías                                | 36                                  | Avdo. Sant. Dumon    | 92          |
| Fredes   | 164         | Koehl                                 | 97                                  | Ador. Rohland        | 95          |
| Peña Aeronautica   | 54          | Herten                                | 39                                  | Paracaidista Picass  | 96          |
| Avdor. Reitsch   | 27          | Avdor. Eusebione                      | 9                                   | Avdor. Coli          | 18          |
| Curtis   | 125         | De la Cierva                          | 13                                  | Avdor. Puschow       | 79          |
| Bradley(Senda Peat.  | 586         | Palazzo                               | 73                                  | Conde Zepeplind      | 197         |
| Hirth  | 14          | Agnetta                               | 81                                  | Avdor. Lilienthal    | 81          |
| Krause   | 38          | Torrealday                            | 74                                  | Avdor. Wright        | 101         |
| Paracaidista Roca  | 67          | Post                                  | 29                                  | Avdor. Vallod        | 50          |
| Av. Libertad   | 262         | Ficarelli                             | 14                                  | Avdor. Chavez        | 55          |
| Col. Mil. Ruta 4   | 31          | Bleriot                               | 56                                  | Av. Ricardo Balbín   | 205         |
| Aviador Haviland   | 32          | Boulevard FINCA                       | 111                                 | Avdor. Immelman      | 98          |
| Finochietti  | 27          | Pedro Zanni                           | 38                                  | Avdora. C. Lorenzini | 186         |
| Av. Newbery y Romer  | 63          | Plaza Avión                           | 38                                  | Avdor. Gasblenz      | 33          |
| Saint Exuperí  | 58          | Boulevard S. Martín                   | 173                                 | Avdor. Sanchez       | 75          |
| Avdor. Piccioni  | 96          | Dr. Zeyen                             | 79                                  | Avdor. J. Newbery    | 28          |
| Avdor. Gadda   | 55          | De las Tipas                          | 141                                 | Avdor. Earhart       | 42          |
| Mittelhozer  | 36          | De los jacarandaes                    | 69                                  | Avdor. Pegaud        | 28          |
| Patallo  | 63          | Rosseti                               | 31                                  | Avdor. Bosch         | 56          |
| Udet   | 131         | De las Rosas                          | 6                                   | Wernike              | 345         |
| Cap. Juan Krausse  | 9           | De los Aromos                         | 167                                 | Alas Argentinas      | 104         |
| De las violetas  | 24          | De los Gladiolos                      | 25                                  | De las Margaritas    | 137         |
| De los claveles  | 69          | Avdor. Franco                         | 78                                  | De los Paraísos      | 116         |
| De los Platanos  | 59          | De los Ceibos                         | 80                                  | De los Geranios      | 56          |
| Ing. G. Marconi  | 7           | De los Robles                         | 32                                  | Cataneo              | 11          |
| Lampe  | 14          | De los Nardos                         | 8                                   | De los Pensamiento   | 166         |
| De los Jacintos  | 5           | De los Junquillos                     | 8                                   | De las Anémonas      | 4           |
| Árboles de interiores<br>de viviendas: 5%<br>aproximadamente | 350         | la Nación /Batallón<br>de Intendencia | 601                                 |                      | 922         |
|  | <b>2707</b> |                                       | <b>2554</b>                         |                      | <b>2590</b> |
| <b>TOTAL : 2707+2554+2590= 7851 Árboles</b>                  |             |                                       | <b>(Tabla de producción propia)</b> |                      |             |

Tabla 9: Toneladas de biomasa extraída anualmente Fuente: Autor

La tabla 9 muestra un análisis cuantitativo del inventario forestal de Ciudad Jardín discriminado por calles, permitiendo identificar áreas con mayor densidad vegetal.

### **5.1.8 Resultados de la Definición de itinerarios de poda y posibilidades anuales:**

La problemática, es la disponibilidad del recurso en cantidad regular, dificultando una producción estable de grandes cantidades de biomasa. La obtención de residuos forestales implica una serie de operaciones, como limpieza, astillado, transporte y acopio.

Uasuf, A., Hilbert, J. (2012), expresan que, una opción utilizada en el abastecimiento de biomasa a grandes plantas de conversión es el chipeo en terminales de acopio. Los residuos forestales son transportados a granel hasta una terminal de acopio específica donde es procesada (chipeo o triturado) para luego ser transportada hasta la planta en forma de chips. En general, este sistema no difiere significativamente del sistema tradicional donde el chipeo se realiza en el sitio de poda. Sin embargo, las terminales de acopio es una gran herramienta para controlar la adquisición y abastecimiento de biomasa. Por ejemplo, la biomasa puede quedar almacenada en distintos galpones cuando su demanda alcance picos elevados.

Luego, Aguinalde González et al. (2019) publican que, para el almacenamiento de materia prima no se requiere de equipamiento especializado, sino de un espacio que este bajo techo, destinado para que el chipeo sea almacenado mientras es preparado para la siguiente etapa de procesamiento. Es importante considerar que, durante el almacenaje de los residuos de madera se producen una serie de procesos químicos y biológicos por la acción de microorganismos y las células vivas de la madera que liberan calor, ocasionando deterioros y pérdidas energéticas en los materiales. La temperatura en el interior de una pila de residuos madereros puede superar los 50° C durante las primeras semanas de almacenamiento, estabilizándose para luego disminuir de forma progresiva, aunque en ciertas ocasiones pueden producirse fenómenos de carbonización o ignición espontánea.

Los cálculos realizados para la estimación de la biomasa en este trabajo, fueron obtenidos gracias al análisis de la teoría referente al tema de investigación tomando valores de referencia para la propuesta de diseño de la central de biomasa:

2.487 Tn que corresponde a un 80 % del total de la biomasa extraída anualmente.

De los cuales según lo establecido para los periodos de poda y enfardado se identificará como periodo pico de generación del 75 % de la biomasa en los meses de marzo a junio, y, en meses valle donde se estima extraerse el 25 % restante será en los meses de julio a febrero del siguiente ciclo:

|  |                                 |                                |
|--|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>TOTAL DE PODA EXTRAIDA ANUALMENTE: 2.487 Tn</b> |                                 |                                |
| <b>Marzo a Junio</b> 75%: 1.865 Tn                 | Masa extraída por mes 466,25 Tn | Masa extraída por día 15,54 Tn |
| <b>Julio a Febrero</b> 25%: 622 Tn                 | Masa extraída por mes 77,75 Tn  | Masa extraída por día 2,60 Tn  |

*Tabla 10. Valores de poda extraída. Fuente Autor*

### 5.1.9. Acopio de biomasa

Entonces, si tenemos en cuenta que del total de masa extraída equivalente a 2487 Tn anuales, lo dividimos por 360 días, obtenemos un total equivalente de 6,91 Tn diarias para abastecer la central termoeléctrica. Sin embargo, se puede definir que el momento de mayor acopio será fin de junio de cada año (15,54 Tn x 120 días), cuando se almacene un total de:

**Marzo a Junio:** se acopian 1.865 Tn en un lapso de 120 días

**Julio a Febrero:** se acopian 624 Tn en un lapso de 240 días

Luego, si la fecha de mayor acopio es fin de junio, descontamos la posibilidad de consumo diario de 6,91 Tn diarias, nos da un total de acopio para el último día de junio, de:

Consumo de Marzo a Junio:  $6,91 \text{ Tn/día} \times 120 \text{ días} = 829,2 \text{ Tn}$

Máximo acopio anual (al 30 de junio):  $1865 \text{ Tn} - 829,2 \text{ Tn} = 1035,8 \text{ Tn}$

Los pellets tienen una densidad de  $700 \text{ Kg/m}^3$  (Grosso G., Willenberg A., 2017), por lo tanto, para un acopio de 1035,8 Tn se necesita una nave de dimensiones que puedan contener ese volumen:

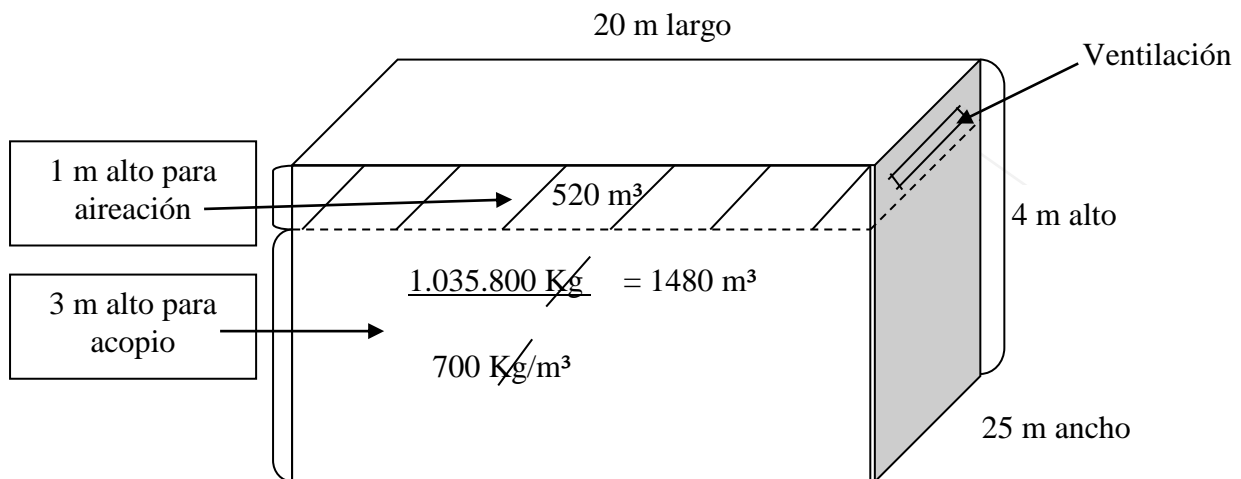


Figura 2: Depósito propuesto para acopio. Fuente Propia

Medidas de la Nave:  $20\text{m} \times 25\text{m} \times 4 \text{ m} = 2.000 \text{ m}^3$

Volumen a utilizar por la biomasa =  $1.480 \text{ m}^3$

Espacio disponible para aireación =  $520 \text{ m}^3$

La construcción de la Nave para acopio, debe cumplimentar con requerimientos de Seguridad e Higiene en la Industria: ...” La distancia mínima entre la parte superior de las estibas y el techo será de 1 metro y las mismas serán accesibles, efectuando para ello el almacenamiento en forma adecuada.”, según Ley 19587/72 y sus correspondientes artículos. Decreto 351/79, Cap.18 y sus correspondientes Artículos de aplicación, además del Anexo VII.

Luego, con la construcción de la Nave para acopio indicada, se logrará mantener un abastecimiento regular, y asegurar un total necesario de:

$$6,91 \text{ Tn diarias} = 6910 \text{ Kg/día} = 288 \text{ Kg/hora}$$

## **5.2 Etapas de diseño del proyecto de utilización de biomasa como combustible para la utilización de electricidad.**

El Proyecto se divide en cinco etapas

- 1) Determinación de Área de estudio
- 2) Recolección y enfardado de poda
- 3) Sistema de chipeo
- 4) Generación de energía eléctrica
- 5) Distribución de la energía eléctrica

## 5.2.1 Determinación del Área de Estudio



Mapa 2: Zona prevista para la instalación de la Planta de chipeo y la Planta generadora de energía eléctrica. Fuente Google Maps / Univ. La Matanza

De acuerdo con la ubicación y el área comprendida por Ciudad Jardín se determinarán los recorridos a realizar para la recolección y transporte de la biomasa destinada a la planta de Chipeo y generación de energía eléctrica.

Las distancias a considerar serán: 6,7 Km / 7,1 Km / 8,3 Km, según polígonos modelados en la Herramienta Google Maps.

### **5.2.2. Recolección y enfardado de poda**

Cortar o quitar las ramas superfluas para que después se desarrollen con más vigor se denomina podar. Luego, las ramas son voluminosas y en ocasiones se transforman en una molestia a la hora de trasladarlas. Para ello, hay empresas que han diseñado máquinas empaquetadoras de ramas con el objetivo de generar biomasa y transformarla en energía.

Estos equipos generan paquetes cilíndricos, a partir de los restos de poda, que mejoran sensiblemente su densidad y facilitan el transporte, manejo y disposición. Estas empaquetadoras optimizan la gestión del arbolado urbano, mejoran la limpieza y recolección en las calles, disminuyen a la mitad los costos de operación y eliminan la necesidad de destinar espacio in situ a la disposición final. Tal refiere Sorondo (2014), es un proceso rápido y limpio, con un claro objetivo como es el de reducir el volumen del material y facilitar su acopio.

Ya hay varias máquinas en distintos Municipios de la Provincia de Bs.As., por ejemplo, el Partido de General Viamonte (Buenos Aires), que incorporó una enfardadora marca LIGNIS en el marco del Proyecto para la Promoción de la Energía derivada de Biomasa (Probiomasa); también en Santa Fe (Capital) se incorporó una máquina marca DEISA para las tareas de enfardado. Luego, El Ministerio de Ambiente de la Nación en el marco del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, adquirió (entre otros equipos) bajo el nombre de Proyecto: Préstamo BID 3249/OC-AR – Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, la cantidad de 40 Enfardadoras doble cajón vertical y 35 Chipeadoras de ramas (5 Tn/h) (Dato de MERCADOS & EMPRESAS para el servicio público (12/10/2020).

Finalmente, los fardos resultantes, son enviados a la Estación de acopio y posterior chipeo. Dicha Estación, debe estar a una distancia mínima de la Planta generadora de energía eléctrica.

### **5.2.3 Sistema de chipeo**

El procesamiento de lo que antes se consideraba un residuo forestal, como ramas, despuntes y madera fina, se ha transformado ahora en un subproducto con valor comercial, como lo son los “chips” o pellets de residuos forestales. El chip consiste en madera triturada con un tamaño de 3 a 5 cm que se obtiene a partir del procesamiento de ramas, despuntes y postes de un diámetro inferior a 15 cm. Luego, los pellets son partículas prensadas que se pueden fabricar a partir de chips molidos o aserrín. Ambos pueden ser usados para procesos de generación de energía (Diez, et al 2017).

Existen dos razones por las cuales la combustión de biomasa puede resultar incompleta:

- Cuando la entrada de aire no es adecuada, pues no hay suficiente oxígeno disponible para transformar todo el carbono en CO<sub>2</sub>. Esto puede ser causado por el diseño inadecuado del equipo, la falta de ventilación y la sobrecarga con el combustible.
  
- Cuando la biomasa tiene un alto nivel de humedad, la temperatura de combustión no es suficientemente elevada como para completar las reacciones químicas.

Según Contreras Rodríguez (2018), la madera en su estado perfectamente seco presenta un poder calorífico medio del orden de las 4000 Kcal/kg. Sin embargo, la presencia de agua dentro de su estructura reduce sensiblemente el poder calorífico de la biomasa. El

valor del poder calorífico para el recurso dendroenergético con el que se cuenta se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y = -0,21X + 18,63$$

X = Contenido de Humedad base húmeda (%)

Y = Poder calorífico (MJ/kg)

Por lo que, el poder calorífico de los residuos de madera y el contenido de humedad se resumen en la siguiente tabla:

| Tipo de Residuo                             | Contenido Humedad<br>(Base Humedad) % | PCI          |                |
|---|---------------------------------------|--------------|----------------|
|   |                                       | MJ/kg        | Kcal/kg        |
| Ramas gruesas $\varnothing \geq 5\text{cm}$ | 45                                    | 9,18         | 2192,18        |
| Ramas finas $\varnothing < 5\text{cm}$      | 35                                    | 11,28        | 2693,66        |
| Aserrín                                     | 35                                    | 11,28        | 2693,70        |
| Recortes Aserrín                            | 20                                    | 14,43        | 3445,90        |
| <b>Promedio</b>                             | <b>33,75</b>                          | <b>11,54</b> | <b>2756,36</b> |

*Tabla 11: Residuos de madera y el contenido de humedad - Fuente: Contreras, Rodríguez, 2018*

Luego, para Diez, et.al. (2017), el poder calorífico inferior (PCI) es un parámetro que permite estimar la cantidad de calor que es posible obtener por cada kilogramo de chip en una caldera convencional.

## 5.2.4 Generación de energía eléctrica

### Cálculo de biomasa necesaria para la generación de un Mega Vatio (1Mw) (Gerard Aldoma 2016)

Potencia Estimada = 1Mw = 1000 Kw

PCI= 4000 (Kcal/Kg)

1 Kw = 860 Kcal / Hora

1 cal = 4,1855 Kj

$$\text{Biomasa } \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = \frac{\text{Potencia necesaria (Kw)}}{\text{PCI } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{PCI } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{Kg}}\right) = 4000 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} * 4,1855(\text{Kj}) = 16742 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

Potencia Necesaria= 2762(Kw) \* 860(Kcal/Hora) \* 4,1855(kj) = 9.941.901,86 Kj/h

$$\text{Biomasa (Kg/h)} = \frac{9.941.901,86 \text{ Kj/h}}{16.742 \text{ kj/kg}} = 593,79 \text{ (Kg/h)}$$

Según el cálculo anterior se estima que para producir 1 MW/h se requiere 593,79 kg/hora para una caldera con un rendimiento del 100%.

Pero para tener un cálculo más real se requiere estimar un rendimiento del 90% de la caldera por lo cual se realizará un ajuste de los Kilogramos/hora necesarios para mantener la generación eléctrica de la planta.

$$\text{Biomasa (Kg/h)} = \frac{593,79 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)}{0,9} = 659,8 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right).$$

Con este cálculo definimos que para producir un Mega Vatio /Hora requerimos una carga constante de 659,8 kg/hora de biomasa.

Con esta estimación, se puede calcular la energía necesaria para abastecer el sistema de alumbrado municipal eléctrico de Tres de Febrero, el consumo establecido según las bases teóricas encontradas.

Para el Banco de desarrollo de América Latina, las lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED, por su sigla en inglés) cuentan con un gran potencial para reducir el consumo de energía, aumentar la calidad de la iluminación y, dada su vida útil, también reducir los costos operativos. Sin embargo, los costos de capital inicial de las tecnologías LED son muy altos y requieren períodos de amortización a largo plazo (sobre todo debido a que en la mayoría de los casos la tecnología LED es importada).

Para la revista especializada Vial (diciembre 21, 2017), “Con el nuevo sistema disminuyeron las intervenciones de mantenimiento, ya que, sobre un número de intervenciones de 105.000 luminarias al mes, la misma ha disminuido a unas 700; lo que implica un porcentaje bastante inferior a 1 %. También incide en esta mejora, el hecho que tanto el encendido como el apagado se hace según las épocas del año por una agenda actuada con un reloj astronómico, prescindiéndose de las emblemáticas fotocélulas. En los casos de oscurecimiento temporario por tormentas, los controladores actúan automáticamente, mediante un sensor de luz.”

Según la revista Electro Industria (2010), las lámparas LED brindan iluminación con alta eficiencia. En promedio, una lámpara LED para usos de iluminación de vías públicas entrega en promedio 88 lm/w, pero ya hay desarrollos que están llegando a los 150 lm/w, y

en poco tiempo más se superará este valor. Como ejemplo, una lámpara de 72 LEDs (90W aproximadamente) puede reemplazar a una HPS de 400W.

También es cierto que, el gasto inicial ya se realizó en el Partido de Tres de Febrero, por lo que, de acuerdo a los resultados obtenidos, es importante determinar que la biomasa de Ciudad Jardín puede ser considerada como potencialmente aprovechable para el uso como combustible en una Planta Termoeléctrica de biomasa para la generación limpia de energía eléctrica de 1MW para inyectar al sistema de luminarias de las calles del Partido de Tres de Febrero.

Con los datos anteriores se puede identificar la demanda energética del alumbrado municipal de Tres de Febrero:

Otros datos requeridos son: Total lámparas led del alumbrado municipal en Tres de Febrero\*

**23.335 lámparas**

\* <https://www.tresdefebrero.gov.ar/tres-de-febrero-ya-llego-al-60-led/>



*Imagen 6: Alumbrado público. Fuente Autor*

Consumo promedio de las luminarias de las calles en Tres de Febrero\*

**90 W/h**

\*<https://www.tresdefebrero.gov.ar/ya-colocamos-5000-luminarias-led-en-todo-tres-de-febrero/>

Demanda energética Tres de Febrero = Cantidad de luminarias \* Consumo por luminaria

Demanda energética Tres de Febrero = **23.335 lámparas x 90 W/h = 2.100.150 W/h**

**Demanda energética de luminarias en Tres de Febrero: 2,1 Mw/h**

Según cálculos, el potencial eléctrico de la biomasa generada en el servicio de poda y arbolado de Ciudad Jardín es suficiente para considerar viable el diseño de una Planta

Termoeléctrica de biomasa a partir de los residuos de enfiado y poda, ya que según los datos obtenidos. de acuerdo a las bases teóricas tenidas en cuenta en el presente estudio, se determina la capacidad de abastecer una Planta con posibilidad de producir 1 Mw /hora durante las 10 horas diarias que se necesita tener a régimen una caldera para la producción de energía eléctrica limpia para inyectar al sistema según Ley 27424, art 4, y así hacer un aporte importante al consumo diario del alumbrado municipal de Tres de Febrero. Luego, las industrias especializadas en el diseño e instalación de este tipo de plantas estiman que se pueden operar según los protocolos de mantenimiento preventivo y correctivo a realizar periódicamente.

Por lo tanto, si obtenemos un total de biomasa equivalente a 6,91 Tn diarias = 6910 Kg/día= 288 Kg/hora; y para producir un Mega Vatio /Hora requerimos una carga constante de 659,8 kg/hora de biomasa, se concluye:

|  |
|--|
| Necesidad de abastecimiento diario: $659,8 \text{ Kg} / \text{h} \times 10 \text{ hs} = 6598 \text{ Kg}$ |
| Capacidad de abastecimiento diario: $288 \text{ Kg} / \text{h} \times 24 \text{ hs} = 6912 \text{ Kg}$   |

Por lo tanto, la biomasa obtenida es suficiente y superior a lo necesario para la generación de 1 MW para inyectar a la red de distribución eléctrica Nacional, con un excedente diario de hasta 314 Kg (6912 Kg - 6598 Kg), donde, el remanente que allí se produzca, se utilizará para consumo de la Planta generadora.

### 5.2.5 Distribución de la Energía Eléctrica

Las plantas termoeléctricas de biomasa deben contar con estaciones transformadoras de energía donde una vez que se genera la electricidad, se debe considerar, el diseño de una subestación eléctrica de acuerdo a las tensiones y estimaciones de autoconsumo de la Planta.

Este sistema se transmitirá mediante solicitud a la empresa de energía en Buenos Aires justamente para el Partido 3 de Febrero, donde se encuentra la compañía EDENOR como la distribuidora de energía, como tenedor de la concesión para distribuir de forma exclusiva en el noroeste del Gran Buenos Aires y en la zona norte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Argentina, mediante la ley 27424, publicada en el B.O. el 27 de diciembre de 2017, establece el Régimen de Fomento a la generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.

Esta ley tiene como objeto fijar las políticas y condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios a la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución sin perjuicio de las facultades propias de las provincias.

En el Artículo 4 de la ley 27424, se establece que todo usuario de la red de distribución tiene derecho a instalar equipamiento para la generación y distribución de energía eléctrica a partir de fuentes renovables hasta una potencia equivalente a la que éste tiene contratada con el distribuidor para su demanda, siempre que se cuente con la autorización requerida.

### **5.3 Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto**

Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la Tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente en el aire. Para el Protocolo de Kioto, la biomasa tiene un factor de emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) igual a cero. La combustión de biomasa produce agua y CO<sub>2</sub>, pero la cantidad emitida de dióxido de carbono fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento. El resto de los potenciales efectos o impactos ambientales son propios de cualquier actividad industrial, no siendo exclusivos de esta tipología y se refieren principalmente a la emisión de ruido, impacto vial por tránsito de camiones, habilitación de caminos, etc. (Tropini, 2010 )

El cálculo de los Impactos del Proyecto se realizó teniendo en cuenta estos posibles cambios o afectaciones, y se manifestarán durante las respectivas etapas de Construcción, Operación y Abandono de la Planta. Para los vecinos, puede constituir una instancia de modernización barrial, de mejora en la calidad de vida, y de generación de empleos, donde se utilizará para el emprendimiento una zona que bordea el Río Reconquista, sin un destino actual determinado. En el área de intervención, predomina un descampado, con arbustos bajos y sin actividad humana dentro del mismo. De acuerdo al análisis urbano y socio-ambiental del sitio de proyecto para la Etapa de Construcción puede calificarse como de moderada sensibilidad respecto al factor uso del suelo, ante las acciones que deben realizarse durante la obra, ya que se trata de una zona absolutamente descampada, si bien, habrá una pérdida de la estructura edáfica. No obstante, la población podría sufrir molestias derivadas

de la generación de polvo de obra y ruidos de demolición y trabajos en la vía pública de zonas adyacentes. La sensibilidad será también moderada para el factor tránsito y transporte en zonas de acceso al lugar. No obstante, se diseñará un programa de desvío de tránsito y modificación de recorridos y paradas de líneas de colectivos en zonas aledañas o de acceso a la obra para evitar trastocar el libre tránsito y deambular de los vecinos.

Luego, la Etapa de Operación es considerada como el ciclo de vida del proyecto, esta suele ser la etapa de mayor duración, en la que se ejecutan las actividades del proyecto que dan cumplimiento a sus objetivos. El proyecto podrá requerir de mantenimientos sucesivos que en algunos casos pueden requerir especial atención si se trata de acciones significativas para el ambiente. Finalmente, la Etapa de Abandono corresponde al cierre de la obra o actividad. Incluye acciones de demolición, restauración, revegetación y recuperación de áreas degradadas, remoción de insumos y residuos, entre otros.

Tropini, 2010 refiere que, conforme a asegurar un manejo controlado de las cenizas generadas por el proyecto de una central a base de biomasa, se deberá establecer un manejo adecuado y programado durante las etapas de manipulación y almacenamiento en el predio, transporte y disposición final, de modo de minimizar los efectos al medio ambiente. En cuanto a los residuos líquidos corresponderá principalmente a aguas de purga de la caldera y agua de descarga de los sistemas de enfriamiento.

También, desde el punto de vista ambiental podemos resaltar las siguientes contribuciones realizadas por el uso de biomasa para generar energía limpia:

- Contribuye a reducir un problema existente como lo es el tratamiento de la biomasa extraída.

- Disminuye la proliferación de lugares de acumulación de residuos de biomasa no controlada.
- Actúa como un proyecto demostrativo de energía limpia alentando su replicación.
- Disminuye la dependencia de recursos no renovables para la generación de energía.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero al reemplazar a la energía generada a través de combustibles fósiles.

Desde el punto de vista social:

- Genera fuentes de trabajo de forma directa con la operación y construcción de la Planta.
- Genera fuentes de trabajo de forma indirecta ayudando a la región lindante en su desarrollo.
- Contribuye al desarrollo industrial y comercial de la zona al ofrecer un recurso básico para el desarrollo de estas industrias.
- Colabora en mitigar el problema energético que hoy vive el país y que es otra limitación para el crecimiento y el desarrollo.
- Diversifica las fuentes de generación de electricidad.

### **5.3.1 Clasificación de los Impactos**

En este caso se realiza una lista de chequeos para identificar Impactos Ambientales en la zona

- Según el momento en que se manifiestan pueden ser a Corto o a Largo plazo.

- Según la necesidad de aplicar medidas de mitigación pueden ser Insignificante, Moderado, Severo.
- Según su importancia, será Relevante o Irrelevante.
- Según como afecte, será Directa o Indirecta.

### 5.3.2 Categorización del impacto

- **Signo:** Del impacto se refiere a la ganancia o pérdida de un recurso, es decir si es positivo o negativo. Cuando existen ganancias y pérdidas simultáneamente o cuando el efecto es percibido de forma diferente por grupos diversos, o cuando resulta evidente el impacto, aunque no se puede determinar su signo, se lo categoriza como neutro o no significativo.
- **Magnitud o intensidad:** Se refiere a la severidad de cada impacto potencial. A modo de referencia se presenta la Tabla 12, donde se explicita el criterio que se aplica en la evaluación, discriminado para el medio físico y social, las diversas magnitudes o intensidades de impacto.
- **Alcance:** Puede ser local, regional o global
  - ✓ Impactos de alcance local: Son aquéllos en los que el impacto involucra sólo las zonas aledañas al origen del mismo.
  - ✓ Impactos de alcance regional: Son aquellos cuyos efectos se extienden a una región determinada más allá del ámbito local.
  - ✓ Impactos de alcance global: Son aquéllos cuyos efectos se extienden a todo el globo.

Luego, la valoración de los impactos sobre las distintas etapas se clasificará según la coincidencia de la actividad y los factores ambientales. Para ello, se tendrá en cuenta la relevancia y la importancia del Impacto, según tabla adjunta.

| <b>Relevancia del impacto</b> | <b>Importancia:<br/>(+) Positivo / (-) Negativo</b> |
|-------------------------------|---|
| Beneficioso                   | 0   |
| Irrelevante                   | 1   |
| Leve                          | 2   |
| Moderado                      | 3   |
| Severo                        | 4   |
| Crítico                       | 5   |

*Tabla 12. Variación de las distintas etapas. Fuente Autor*

En la tabla 12 se definen de forma numérica la categorización o cuantificación del impacto ya sea positivo o negativo.

### **5.3.3 Etapa de construcción de la Estación de chipeo y la Instalación de usina generadora Termoeléctrica mediante uso de biomasa**

Se identifican y se valoran todas las etapas asociadas a la construcción de la planta termoeléctrica.

\*Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos

| ¿Podría la actividad propuesta afectar a algún factor natural o a un recurso adyacente o próximo a las áreas de actividad? |         |           |             |             |            |              |        |          |                |
|--|---------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|--------|----------|----------------|
| ETAPA DE<br>CONSTRUCCIÓN   | Directo | Indirecto | Corto Plazo | Largo Plazo | Reversible | Irreversible | Severo | Moderado | Insignificante |
|  |         |           |             |             |            |              |        |          |                |
| Inundación   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contaminación Aire   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contaminac. Suelo  | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Contam. Agua Superficial   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contam. Agua Subterran.  |         | SI        |             | SI          |            | SI           | SI     |          |                |
| Ruido  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Fauna  | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Flora  | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Estilo de vida   | SI      |           | SI          |             |            | SI           |        | SI       |                |
| Aceptabilidad Social   |         | SI        |             | SI          | SI         |              |        | SI       |                |
| Generación de residuos   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |

Tabla 13: Listas de chequeo: tipo y probabilidad de impactos Fuente: Autor

En la tabla 13 se clasifican los diferentes medios que pueden verse afectados durante la etapa de construcción y la valoración cualitativa de los impactos.

| ACTIVIDAD                               |  | MATRIZ DE LEOPOLD  |   |   |                        |   |   |   |   |   |                                    |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |                                |   |   |               |   |   |   |
|---|--|--|---|---|------------------------|---|---|---|---|---|------------------------------------|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------|---|---|---------------|---|---|---|
|   |  | Matriz de Impacto Ambiental del proyecto<br>Biomasa para generación de energía eléctrica |   |   |                        |   |   |   |   |   |                                    |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |                                |   |   |               |   |   |   |
| FACTORES AMBIENTALES                    |  | ETAPA DE CONSTRUCCIÓN  |   |   |                        |   |   |   |   |   |                                    |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |                                |   |   |               |   |   |   |
|   |  | Cierre de calles Adyacentes  |   |   | Ingreso de suministros |   |   | Movimiento de suelo. Excavación/Vibraciones |   |   | Topografía, mediciones, replanteos |   |   | Generación de particulado- Encofrado y Hormigonado |   |   | Instalación de estructuras: Columnas y techos |   |   | Colocación de luminarias, pintura, cartelería, etc. |   |   | Plantación de especies nativas |   |   | Final de obra |   |   |   |
|   |  | S  | M | E | S                      | M | E | S   | M | E | S                                  | M | E | S  | M | E | S   | M | E | S   | M | E | S                              | M | E | S             | M | E |   |
| Inundación                              |  | -  | 4 | 3 | -                      | 4 | 4 |   |   | 5 | 3                                  |   |   |  | - | 4 | 3   |   |   |   |   |   |                                | + | 1 | 1             | + | 0 | 0 |
| Contaminac. Aire                        |  | -  | 4 | 4 | -                      | 5 | 2 | -   | 5 | 5 |                                    |   |   | -  | 5 | 3 | +   | 2 | 2 | +   | 2 | 2 | +                              | 0 | 0 | +             | 0 | 0 |   |
| Contaminac. Suelo                       |  | -  | 4 | 4 | -                      | 5 | 4 | -   | 5 | 4 |                                    |   |   | -  | 5 | 3 | -   | 3 | 2 | -   | 2 | 2 | +                              | 1 | 1 | +             | 1 | 1 |   |
| Contam. Agua Superf.                    |  | -  | 4 | 5 | -                      | 4 | 5 | -   | 4 | 5 |                                    |   |   | -  | 5 | 4 | -   | 1 | 2 | -   | 2 | 2 | +                              | 0 | 0 | +             | 1 | 1 |   |
| Contam. Agua Subt.                      |  |  |   |   | -                      | 3 | 3 | -   | 3 | 3 |                                    |   |   | -  | 5 | 4 | -   | 3 | 2 | -   | 1 | 1 | +                              | 0 | 0 | +             | 1 | 1 |   |
| Ruido                                   |  | -  | 4 | 4 | -                      | 5 | 4 | -   | 4 | 3 | -                                  | 1 | 1 | -  | 5 | 4 | -   | 3 | 2 | -   | 2 | 1 | +                              | 0 | 0 | +             | 1 | 1 |   |
| Fauna                                   |  | -  | 4 | 3 | -                      | 5 | 5 | -   | 5 | 3 | -                                  | 2 | 1 | -  | 5 | 2 | -   | 3 | 3 | -   | 2 | 2 | +                              | 1 | 0 | +             | 1 | 1 |   |
| Flora                                   |  | -  | 4 | 3 | -                      | 5 | 3 | -   | 5 | 5 | -                                  | 2 | 1 | -  | 4 | 3 | -   | 3 | 3 | -   | 2 | 1 | +                              | 0 | 0 | +             | 0 | 1 |   |
| Generac. de residuos                    |  | -  | 4 | 5 | -                      | 5 | 5 | -   | 5 | 3 | -                                  | 1 | 1 | -  | 5 | 4 | -   | 3 | 3 | -   | 3 | 2 | +                              | 1 | 0 | +             | 0 | 1 |   |
| Estilo de vida                          |  | -  | 4 | 4 | -                      | 5 | 4 | -   | 4 | 3 |                                    |   |   | -  | 3 | 3 |   |   |   | +   | 2 | 2 | +                              | 0 | 1 | +             | 0 | 0 |   |
| Aceptabilid. Social<br>Generac. Empleos |  | +  | 1 | 1 | +                      | 2 | 3 | +   | 0 | 2 | +                                  | 1 | 1 | +  | 1 | 1 | +   | 1 | 1 | +   | 1 | 1 | +                              | 0 | 0 | -             | 3 | 3 |   |

**S: Signo - M: Magnitud - E: Extensión** **Puntuación= Beneficio: 0 a 5:Crítico**

Tabla 14: Matriz de Leopold Etapa de Construcción. Fuente: Autor

En la tabla 14 se muestra mediante la metodología de Leopold, una herramienta para valorar cuantitativamente los impactos, la extensión. Esta herramienta permite clasificar los impactos como positivos o negativos y asignar una puntuación donde 0 es beneficioso para el ambiente y 5 representa un cambio crítico para el área intervenida y sus componentes.

### 5.3.4 Etapa de operación de la Estación de chipeo y la instalación de la usina generadora Termoeléctrica mediante uso de biomasa.

La etapa de operación se contemplaron todos los cambios o afectaciones que se pueden presentar en las actividades de poda, enfardado, transporte, chipeo, y generación de la energía pueden afectar positiva o negativamente el medio intervenido.

\*Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos

| ¿Podría la actividad propuesta afectar a algún factor natural o a un recurso adyacente o próximo a las áreas de actividad? |         |           |             |             |            |              |        |          |                |
|--|---------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|--------|----------|----------------|
| ETAPA DE OPERACIÓN   | Directo | Indirecto | Corto Plazo | Largo Plazo | Reversible | Irreversible | Severo | Moderado | Insignificante |
| Inundación   | SI      |           | SI          |             | SI         |              |        | SI       |                |
| Contaminación Aire   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contaminac. Suelo  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contam. Agua Superficial   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contam. Agua Subterran.  |         | SI        |             | SI          |            | SI           | SI     |          |                |
| Ruido  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Fauna  | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Flora  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Estilo de vida   | SI      |           | SI          |             |            | SI           |        | SI       |                |
| Aceptabilidad Social   |         | SI        | SI          |             |            | SI           |        | SI       |                |
| Generación de residuos   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |

Tabla 15. Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impacto Fuente: Autor

En la tabla 15 se realiza el cálculo de la probabilidad de afectación a recursos naturales o aspectos socioeconómicos adyacentes a la construcción del proyecto tales como, contaminación del aire, contaminación del suelo, inundaciones, contaminación del agua superficial, contaminación de agua subterránea, fauna, estilo de vida de las comunidades vecinas, aceptabilidad social, generación de residuos a disponer.

| ACTIVIDAD              |  | MATRIZ DE LEOPOLD  |   |   |                                |   |   |                                  |   |   |                 |   |   |                     |   |   |                           |   |   |                                     |   |   |                                 |   |   |                                   |   |   |   |   |   |
|------------------------|--|--|---|---|--------------------------------|---|---|----------------------------------|---|---|-----------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------------|---|---|-------------------------------------|---|---|---------------------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|---|---|---|
|                        |  | Matriz de Impacto Ambiental del proyecto<br>Biomasa para generación de energía eléctrica |   |   |                                |   |   |                                  |   |   |                 |   |   |                     |   |   |                           |   |   |                                     |   |   |                                 |   |   |                                   |   |   |   |   |   |
|                        |  | ETAPA DE OPERACIÓN   |   |   |                                |   |   |                                  |   |   |                 |   |   |                     |   |   |                           |   |   |                                     |   |   |                                 |   |   |                                   |   |   |   |   |   |
| FACTORES AMBIENTALES   |  | Trasito y recepción de materiales  |   |   | Carga y descarga de materiales |   |   | Acopio de fardos; ramas y secado |   |   | Chipeo y acopio |   |   | Operación de Planta |   |   | Funcionamiento de caldera |   |   | Uso de recursos naturales (Biomasa) |   |   | Generación de energía eléctrica |   |   | Distribución de energía eléctrica |   |   |   |   |   |
|                        |  | S  | M | E | S                              | M | E | S                                | M | E | S               | M | E | S                   | M | E | S                         | M | E | S                                   | M | E | S                               | M | E |                                   |   |   |   |   |   |
| Inundación             |  | -  | 4 | 3 | -                              | 4 | 4 | -                                | 5 | 3 |                 |   |   | -                   | 4 | 3 |                           |   |   |                                     |   |   |                                 |   |   | +                                 | 1 | 1 | + | 0 | 0 |
| Contaminac. Aire       |  | -  | 4 | 4 | -                              | 5 | 2 | -                                | 5 | 5 |                 |   |   | -                   | 5 | 3 | +                         | 2 | 2 | +                                   | 2 | 2 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |
| Contaminac. Suelo      |  | -  | 4 | 4 | -                              | 5 | 4 | -                                | 5 | 4 |                 |   |   | -                   | 5 | 3 | -                         | 3 | 2 | -                                   | 2 | 2 | +                               | 1 | 1 | +                                 | 1 | 1 | + | 1 | 1 |
| Contam. Agua Superf.   |  | -  | 4 | 3 |                                |   |   | -                                | 4 | 3 | -               | 4 | 3 | -                   | 4 | 4 | -                         | 5 | 4 | -                                   | 4 | 2 |                                 |   |   |                                   |   |   |   |   |   |
| Contam. Agua Subt.     |  | -  | 3 | 3 | -                              | 3 | 3 | -                                | 4 | 4 |                 |   |   | -                   | 5 | 4 | -                         | 3 | 3 | -                                   | 3 | 3 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 1 | 1 | + | 1 | 1 |
| Ruido                  |  | -  | 4 | 4 | -                              | 5 | 4 | -                                | 4 | 3 | -               | 1 | 1 | -                   | 5 | 4 | -                         | 3 | 2 | -                                   | 2 | 1 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 1 | 1 | + | 1 | 1 |
| Fauna                  |  | -  | 4 | 3 | -                              | 5 | 5 | -                                | 5 | 3 | -               | 2 | 1 | -                   | 5 | 2 | -                         | 3 | 3 | -                                   | 2 | 2 | +                               | 1 | 0 | +                                 | 1 | 1 | + | 1 | 1 |
| Flora                  |  | -  | 4 | 3 | -                              | 5 | 3 | -                                | 5 | 5 | -               | 2 | 1 | -                   | 4 | 3 | -                         | 3 | 3 | -                                   | 2 | 1 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 0 | 1 | + | 0 | 1 |
| Generación de residuos |  | -  | 4 | 5 | -                              | 5 | 5 | -                                | 5 | 3 | -               | 1 | 1 | -                   | 5 | 4 | -                         | 3 | 3 | -                                   | 3 | 2 | +                               | 1 | 0 | +                                 | 0 | 1 | + | 0 | 1 |
| Estilo de vida         |  | -  | 4 | 4 | -                              | 5 | 4 | -                                | 4 | 3 |                 |   |   | -                   | 3 | 3 |                           |   |   | +                                   | 2 | 2 | +                               | 0 | 1 | +                                 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |
| Aceptabilid. Social    |  | -  | 2 | 2 | -                              | 2 | 3 | -                                | 2 | 2 |                 |   |   | -                   | 1 | 2 | +                         | 1 | 1 | +                                   | 1 | 1 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |
| Generac. Empleos       |  | -  | 2 | 2 | -                              | 2 | 3 | -                                | 2 | 2 |                 |   |   | -                   | 1 | 2 | +                         | 1 | 1 | +                                   | 1 | 1 | +                               | 0 | 0 | +                                 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |

S: Sieno - M: Magnitud - E: Extensión      Puntuación= Beneficio: 0 a 5:Crítico

Tabla 16: Matriz de Leopold Etapa de Operación Fuente- Autor

En la tabla 16 se muestra mediante la metodología de Leopold, la valoración de los diferentes factores ambientales asociados a la etapa de operación del proyecto de generación energética a partir de biomasa.

**5.3.5. Etapa de abandono de la Estación de chipeo y la instalación de la usina generadora Termoeléctrica mediante uso de biomasa.**

En la etapa de abandono se contemplan los factores que pueden presentar cambios o alteraciones, ya sea por el cierre de la operación de la planta de generación de energía a partir de la biomasa.

\*Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos

| ¿Podría la actividad propuesta afectar a algún factor natural o a un recurso adyacente o próximo a las áreas de actividad? |         |           |             |             |            |              |        |          |                |
|--|---------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|--------|----------|----------------|
| ETAPA DE ABANDONO  | Directo | Indirecto | Corto Plazo | Largo Plazo | Reversible | Irreversible | Severo | Moderado | Insignificante |
| Inundación   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contaminación Aire   | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Contaminac. Suelo  | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Contam. Agua Superf.   | SI      |           | SI          |             | SI         |              |        | SI       |                |
| Contam. Agua Subterr.  |         | SI        |             | SI          | SI         |              |        | SI       |                |
| Ruido  | SI      |           | SI          |             | SI         |              |        | SI       |                |
| Fauna  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Flora  | SI      |           | SI          |             | SI         |              | SI     |          |                |
| Estilo de vida   | SI      |           |             | SI          | SI         |              |        | SI       |                |
| Aceptabilidad Social   | SI      |           | SI          |             |            | SI           | SI     |          |                |
| Generación de residuos   | SI      |           |             | SI          |            | SI           |        | SI       |                |

Tabla 17. Lista de chequeos: Tipos y Probabilidad de Impactos. Fuente Autor



con un buen nivel de detalle los pasos a seguir, dentro del margen de entendimiento que posee la población lindante al mismo.

#### 5.4 Alternativas para cumplir con la cuota de biomasa requerida para operar la Planta de biomasa

La agroforestería periurbana del Área Metropolitana de Buenos Aires representa una opción para la producción de energía sustentable, por lo tanto, un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de la biomasa podría ser factible reuniendo los atributos de diversas localidades en cuanto a su potencial para producir residuos agroforestales, vegetales, o desechos de productos de producción agrícola. Esta alternativa anteriormente mencionada se sustenta en la siguiente gráfica, en la cual se muestra la estimación eléctrica generada por árboles al final del turno de corte en las áreas destinadas a pulmones verdes en cada uno de los municipios que se encuentran en la cuenca del Río Reconquista.

Se puede considerar como opción la diversificación de las fuentes de obtención de biomasa para generar viabilidad en el proyecto.

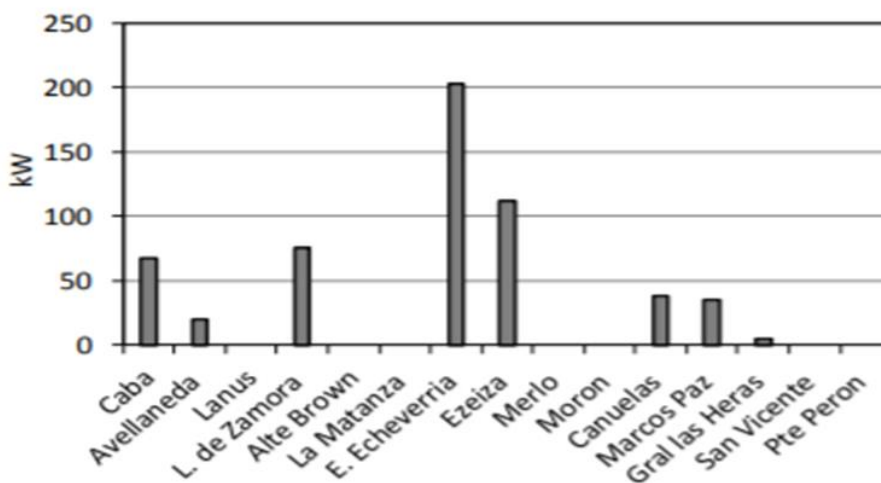


Gráfico 4: Estimación eléctrica a partir de biomasa de áreas destinadas a pulmones verdes de los municipios que se encuentran en la cuenca de Matanza Riachuelo Fuente: (Civeira Hermida, Gabriela, 2017)

## 5.5 Propuesta de modelizado de Planta termoeléctrica - biomasa

Una central Termoeléctrica construida para la producción de energía utilizando biomasa como combustible requiere establecer para su proceso de transformación los siguientes equipos y sistemas:

- Parque de biomasa (Incluye sistema de chipeo)
- Sistema de transporte de la biomasa hasta la caldera
- Caldera de combustión
- Ciclo Agua-Vapor
- Turbina de vapor
- Generador eléctrico
- Sistemas de alta, media y baja tensión
- Sistemas auxiliares

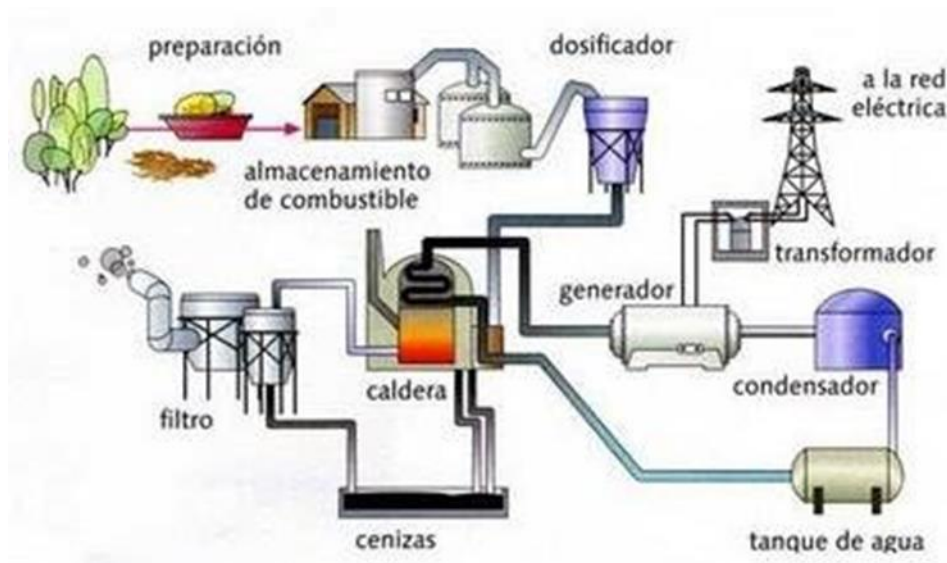


Imagen 7. Esquema gráfico de los sistemas y equipos de una Central eléctrica de biomasa. Fuente: Centrales Termoeléctricas de Biomasa- Carlos Julio Marrugo Escobar

En la Imagen 7 se expone gráficamente los sistemas que componen una central termoeléctrica a partir de biomasa conformada por los sistemas y equipos comúnmente considerados para el diseño de este tipo de plantas.

Un proyecto de construcción de una Planta de biomasa tiene unos costos fijos y unos costes variables que van desde la compra del terreno y la tecnología que se pretende adaptar, y es directamente proporcional al potencial eléctrico del complejo termoeléctrico.

Teniendo en cuenta que la planta más recientemente instalada en la provincia de Corrientes Gobernador Virasoro tuvo un costo de U\$S 60.000.000 (Sesenta millones de dólares), y una capacidad de producción energética 40 MW, se deduce que, el valor de 1 MW instalado es de U\$S 1.500.000.-

Existen empresas multinacionales que ofertan el diseño y construcción de estas plantas de producción energética a partir de biomasa como “RENOVETEC en España” Que mencionan que una planta de biomasa equipada con caldera de parrilla de unos 1 MW de potencia puede costar unos USD \$2.000.000 (Dos millones de dólares), con costes que incluyen:

- Ingeniería del proyecto
- Permisos y licencias de construcción
- El suministro de todos los equipos
- El montaje y puesta en marcha

**No incluye los siguientes apartados:**

- El coste de la línea eléctrica desde la planta hasta la subestación de Interconexión con la red eléctrica.

- Los costes relacionados con la toma de agua de refrigeración y servicios
- Los costes del terreno en que se asienta la central
- Otros costes u obras no indicados.

## 5.6 Definición de Sistemas logísticos

Dentro del diseño de una planta termoeléctrica de biomasa es importante definir los sistemas logísticos que básicamente son los distintos trabajos que se deben llevar a cabo para entregar un producto homogéneo que facilite la carga de la cámara de ignición o caldera.

Existe una gran variedad de métodos para el diseño de los sistemas logísticos de los cuales se depende de procesos o maquinaria que se desee adaptar, sus costos están asociados a la operación del sistema y la unidad de cálculo se denomina coste horario debido a que se da un valor estimado en base al tiempo de uso de la maquinaria y equipos.

| Actividad                   | Equipo o herramienta   | Operario 's  |
|-----------------------------|--|--------------|
| Clareo o Poda               | Motosierra   | 2            |
| Apeo o reunión del material | Mutiladora   | 2            |
| Astillado y carga de camión | Trituradora y cargadero  | 2            |
| Enfardado                   | Astilladora Móvil  | 3            |
| Transporte                  | Autocargador, Camión Rígido, Camión multilift, Camión Piso Móvil | 1            |
| Almacenamiento              | Estimación área de bodega  | -            |
| Refinado (Chipeo)           | Maquinaria equipo de triturado, astilladora                      | 3            |
| TOTAL                       |  | 13 operarios |

Tabla 19: Equipos y herramientas necesarias para operación de sistemas logísticos y de recolección de Biomasa. Fuente: Autor

## **6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos en base al cálculo de la biomasa generada en Ciudad Jardín y su potencial energético, podemos considerar que la cantidad generada, producto de las actividades de poda y enfardado generan el volumen suficiente para abastecer una planta termoeléctrica de biomasa con capacidad de 1 MW/h.

Según el consumo de energía eléctrica del alumbrado municipal en el Partido de Tres de Febrero, es importante aclarar que, es apto el volumen de biomasa de los jardines y arboledas presentes en Ciudad Jardín para generar 1 MW/h durante las 10 hs diarias necesarias para abastecer al alumbrado municipal del Partido, que se contemplan de acuerdo a lo establecido para este tipo de plantas termoeléctricas según fuentes de diseño y operación.

Para Milla Lostaunau L. (2007), la razón de una central de fuerza es la producción de energía, con el máximo rendimiento posible, de acuerdo con las expectativas económicas que se tengan.

Según Díaz O., et al. (2016), los costos de inversión pueden llegar a ser menores a US\$ 2 millones por megavatio instalado (MW) para una Planta generadora de energía eléctrica a base de biomasa.

## **7. PROPUESTA**

Tal como refiere Peña G. (2010), en una Central de biomasa, la electricidad es generada utilizando el vapor producido en las calderas a través de un turbogruppo, éste consiste en una turbina que va unida por un rotor a un alternador que, al girar produce energía eléctrica. La turbina gira accionada por el vapor procedente de la caldera, el cual, tras ceder

parte de su energía a la turbina, se condensa y se vuelve a introducir en la caldera, funcionando prácticamente en ciclo cerrado.

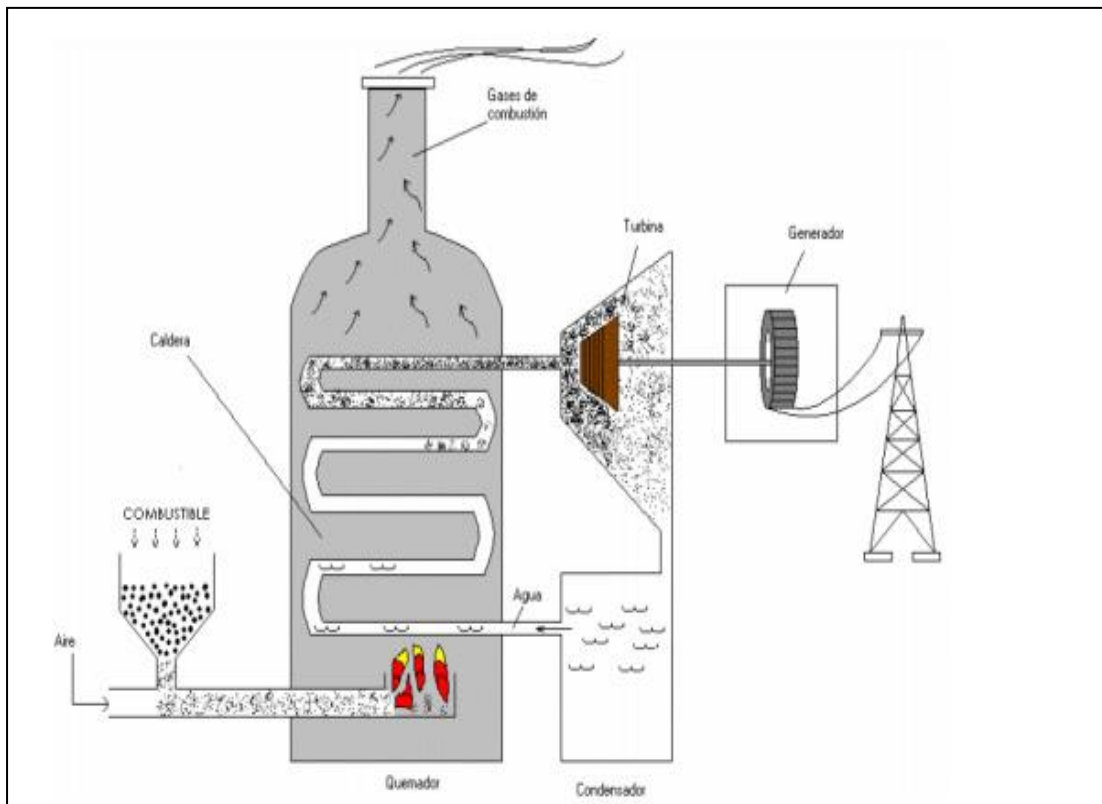


Imagen 8. Esquema de un sistema de producción de electricidad basado en la utilización de biocombustibles sólidos. Fuente: Peña G. (2010)

Según Lalanne 2010, una central térmica a biomasa consta de un circuito de vapor de ciclo Rankine, el cual tiene los siguientes 5 pasos básicos:

- 1) Un flujo de agua es bombeado a través de una bomba hacia una caldera aumentando su presión.
- 2) En la caldera se le entrega calor y por lo tanto se evapora y aumenta su presión y temperatura para pasar de este modo a la turbina.
- 3) En la turbina, el vapor entrega trabajo a la misma y la hace girar. En este proceso se expande perdiendo presión.

- 4) La turbina a su vez está conectada a un generador eléctrico que con la rotación de su eje genera la electricidad.
- 5) El vapor se hace pasar por un condensador que lo devuelve al estado líquido a presión y temperatura constante y de ahí es bombeado nuevamente al circuito.

Según Peña G. 2010, para la generación eléctrica se utilizan calderas acuotubulares, porque pueden trabajar a altas presiones, su eficiencia térmica está por encima de las humotubulares, y producen un vapor más seco que las antes mencionadas, etc.

### 7.1 Caldera

Luego, se ha pensado en una caldera nacional del tipo HLM Senior, por ser una de las que más se adapta a la demanda resultante del proyecto y cuyas características son:

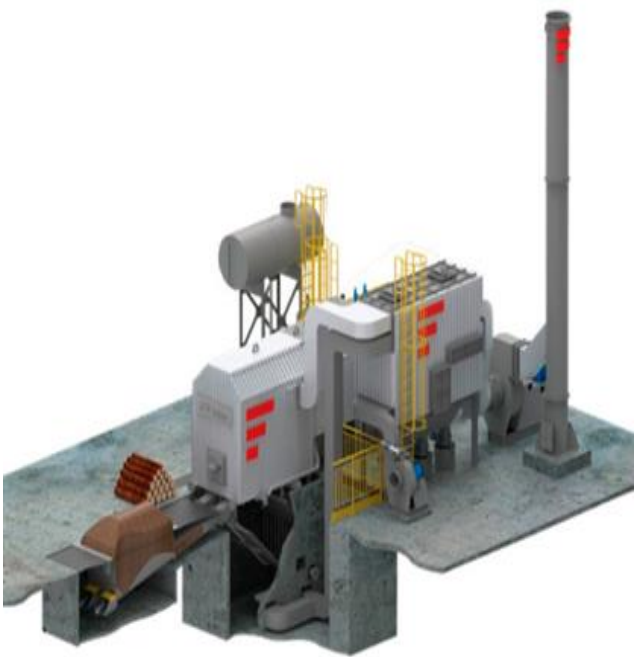
|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>*Producción de vapor de 3 a 25 ton / h.</li> <li>*Presión de trabajo hasta 25 bar.</li> <li>*Vapor saturado.</li> <li>*Biomasa forestal y/o agrícola, partículas inferiores a 50 mm;</li> <li>*Humedad hasta 60% (BU).</li> <li>*Generadores de vapor de gas de 3 pasos de gases, horno vertical optimizado con diseño “3T”.</li> </ul> |  |
|--|--|

Tabla 20 (Imagen). Modelo de caldera propuesta. Fuente: <https://fimaco.com.ar/energia-y-biomasa/>

La empresa que fabrica la caldera propuesta es Fimaco Argentina, ubicada en Km. 22 CP: 3080, RP70, Esperanza, Santa Fe, Argentina. En su presentación comercial informa que, “Nuestra visión es una matriz energética renovable, procesos industriales altamente eficientes, con una economía de funcionamiento que impacte en bajos costos productivos y en un 0 % de huella de carbono, industrias que aprovechan y transforman subproductos y residuos bajo el concepto de economía circular, dentro de un sistema interconectado de generación distribuida.”

Además, esta caldera tiene entre otras, ventajosas características como un sistema de combustión con parrilla móvil de tipo reciprocante para combustión de material particulado, también, puede ser utilizada en la generación y cogeneración de energía. Además de ser, una caldera apta para la presente propuesta, ya que tiene un amplio rango de trabajo, lo que permitiría a futuro ampliar la generación de energía actualmente propuesta.

## **7.2 Turbogenerador**

La turbina y el alternador son piezas esenciales de la Central, ya que, cuando el vapor llega a las máquinas, actúa sobre los álabes de la turbina, el rodete de ésta permanece unido al rotor del alternador que, al girar con los polos excitados por una corriente, induce una corriente alterna en las bobinas del estator del alternador. Luego de ceder su energía, el vapor es restituido al circuito agua vapor, mediante el condensador. Unido al eje de la turbina y el alternador gira un generador de corriente empleado para excitar los polos del rotor del alternador. De esta manera, en los terminales del estator aparece una corriente alterna de media tensión y alta intensidad. Mediante un transformador, esta corriente altera sus propiedades y pasa a ser alta tensión y baja intensidad, de esta manera se encuentra ya

disponible para ser transportada mediante líneas de alta tensión hacia los centros de distribución y consumo (Peña G., 2010).

Luego, también existen los turbogeneradores, que son máquinas desarrolladas para utilizarlas en Centrales termoeléctricas, con un amplio espectro de potencias, además, pueden ser utilizadas en centrales de vapor o de gas. Esta máquina es una combinación de una turbina conectada a un generador para producir energía eléctrica. Son utilizadas también, como unidades de potencia auxiliar, para abastecer menores consumos.

Por ello, se opta por recomendar el Turbogenerador Línea ST41 WEG, por ser una parte muy importante de la turbomáquina de la Planta generadora de energía eléctrica.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Características Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Potencia: hasta 69.000 kVA - 13.800 V - 60 Hz - 1.800 rpm</li><li>■ Potencia: hasta 60.000 kVA - 11.000 V - 50 Hz - 1.500 rpm</li><li>■ Grado de protección: IP54 y IP55</li><li>■ Forma constructiva: IM1001 o IM1005 (B3)</li><li>■ Otras características bajo consulta</li></ul> <p><b>Principales Características</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Máquina compacta</li><li>■ Baja nivel de ruido</li><li>■ Alta eficiencia</li><li>■ Impregnación VPI con resina epoxi</li><li>■ Mantenimiento reducido</li><li>■ Excitador y rectificador integrado, aumentando la robustez y armonía del conjunto de excitación</li><li>■ Sistema de refrigeración del conjunto de excitación por medio de ductos, eficiente y optimizado</li><li>■ Posibilidad de utilizar el conjunto de excitación con rueda de diodos redundante</li></ul> |  |
|---|--|

Imagen 9. Turbogeneradores Línea ST41. Autor: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/haf/hf0/WEG-turbogeneradores-linea-st20-y-st40-50022179-catalogo-espanol-dc.pdf>

En su página, WEG [www.weg.net](http://www.weg.net) nos informa que, los turbogeneradores de la línea ST41 fueron proyectados para operar en el segmento de generación de energía eléctrica a través de biomasa, petróleo, gas o geotermia. Utilizado en turbinas de vapor o de gas, su concepto permite una gran flexibilidad de proyectos electromagnéticos para satisfacer las más diversas aplicaciones, optimizando al máximo la relación peso / potencia.

El análisis final que se elaboró, se hizo en base a los datos que surgen de los cálculos definidos por la biomasa obtenida en Ciudad Jardín de Lomas del Palomar para la producción de energía eléctrica; también, de la necesidad de esa producción en el partido de Tres de Febrero para consumo en el alumbrado municipal; y de las características de la cogeneración de energía eléctrica necesaria.

### **7.3 Recomendación para implementar el Proyecto**

Para Beaumont Roveda (1994), la utilización energética de biomasa forestal presenta una serie de impactos ambientales positivos, que no deben dejar de considerarse al diseñar las políticas y regulaciones que permitan impulsar su desarrollo. Las instalaciones que industrializan biomasa producen normalmente efectos contaminantes apreciables.

Para evitar contaminar, es importante utilizar equipos y sistemas de tecnología totalmente desarrollada con altos rendimientos, que retengan elevados porcentajes de partículas generadas. La situación está caracterizada por la disposición inadecuada de los residuos no utilizados, pero con potencial aprovechamiento energético, tecnologías en muchos casos obsoletas, carencia o insuficiencia de normas y reglamentaciones e ineficacia en los sistemas de control.

De manera que, para ser viable este emprendimiento y con impactos ambientales positivos, depende de, la instalación de la Planta y de los cuidados que se tomen durante la etapa de construcción, operación y eventual abandono; como también, del cumplimiento regulatorio ambiental, laboral, social, etc.

## **8. CONCLUSIONES**

De acuerdo al análisis de las bases teóricas tenidas en cuenta para el desarrollo del presente Proyecto Final de Carrera fue posible identificar el potencial de generación de biomasa para proyectos de auto generación y aprovechamiento de la biomasa vegetal generada en el servicio de poda y arbolado de Ciudad Jardín de Lomas del Palomar.

Este trabajo permitió identificar el alto nivel de demanda energética de la población argentina, hacer cálculos de gran relevancia para estimar diseños y necesidades de la Nación en cuanto a la generación de energías renovables, el crecimiento de la demanda energética y las diferentes opciones para ampliar la matriz de generación de energía del país.

Según los cálculos obtenidos se pudo determinar que la demanda energética de las luminarias municipales del Partido de Tres de Febrero es de 2,1 MW/h, un índice aceptable comparado con el poder energético de la biomasa generada en el barrio como resultado de los servicios de poda y enfardado de las arboledas y jardines presentes en su territorio. Por lo tanto, se puede concluir que este recurso con su potencial energético puede estimarse como combustible suficiente y apto con una capacidad de 1 MW/h de generación a instalar e inyectar a la red eléctrica pública. Actualmente sabemos que, luego de las crisis energéticas, es el debate ambiental, el motor que impulsa el desarrollo de las fuentes renovables de generación limpia de energía eléctrica, entre las cuales se destaca la energía de la biomasa.

De ahí que, el uso de energías renovables contribuye a evitar el calentamiento global mediante la nula emisión de gases de efecto invernadero. Resumiendo, los combustibles

biomásicos presentan un menor nivel potencial de contaminación que otros combustibles. Es por ello que, entre otros aspectos positivos, este Proyecto evitará que esa biomasa siga teniendo un destino de relleno sanitario; también evitará el efecto lluvia ácida, por no estar presentes los elementos necesarios para ello: combinación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> con vapor de agua; etc..

Luego, para el logro de una propuesta de ampliación, es imperativo que los Legisladores, Concejo Deliberante e Intendente del Municipio de Tres de Febrero, firmen convenios, gestionen u homologuen una Ordenanza con sus pares municipales del AMBA para acordar la entrega/recepción de biomasa para utilizar en la ampliación de este Proyecto, lo que concluirá en un beneficio mutuo.

Si bien, el potencial energético de la biomasa generada en Ciudad Jardín es suficiente para desarrollar de manera integral una planta termoeléctrica autónoma, es posible deducir que, este ejercicio extrapolado a la gran extensión y recursos agroforestales del Área Metropolitana de Buenos Aires, podría representar un recurso suficiente y considerable para aportar una mayor generación de energía desde otros emprendimientos de generación de energía renovable y fomentar la participación de diversos sectores generando conocimiento en torno al aprovechamiento de residuos agroforestales con métodos que propendan a la generación de energía eléctrica a la política nacional a partir de biomasa, tal la propuesta de este Proyecto.

Finalmente, es la etapa de construcción donde se realizará un arduo seguimiento para evitar los eventuales impactos ambientales que dicha etapa podría generar, afectando aspectos como vegetación, paisaje y medio social. Para ello, se tomarán todas las medidas de prevención, mitigación, contingencia y compensación para evitar daños ambientales que podría provocar la ejecución del Proyecto.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Agrovoz. (Lunes 29 de julio de 2019). Las plantas radicadas en la provincia elaboraron en 2018 el 39 por ciento de este combustible, según un informe la Bolsa de Comercio de Rosario. Redacción Agrovoz. <http://agrovoz.lavoz.com.ar/actualidad/cordoba-se-consolida-como-principal-productora-de-bioetanol-del-pais>

Aguinalde González – Garry - Pucciarelli - Rodríguez Bosque ( 2019 ). Producción de Pellet de madera a base de residuos y subproductos de la industria forestal. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata

Aldoma Peña, Gerard (2010). Diseño de una central de biomasa de 1MW ampliable a 2 MW. <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1531pub.pdf>

Ayala-Mendivil, N., & Sandoval, G. (2018). Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera. Recuperado el 20 del 08 de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712018000400201](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712018000400201)

Balestra, S. (2012). Utilización de la biomasa para la generación de energía eléctrica en Corrientes. Recuperado el 20 de 08 de 2020, de <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/800/B184%20%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20la%20biomasa%20para%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20ene>

rg%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20en%20Corrientes.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Balcorta H. C. -Martínez1; Vargas-Hernández J. J. (2007) Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de melina (*gmelina arborea linn., roxb.*) de tres años de edad. variación fenotípica y elección de árboles en una plantación de melina (*gmelina arborea linn., roxb.*) de tres años de edad. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente ISSN: 2007-3828. Universidad Autónoma Chapingo México

Beaumont Roveda, Eduardo (1994) "Autoproducción de Electricidad a partir de Residuos de Madera y Leña en la República Argentina". Documento preparado para la: Subdirección de Productos No Madereros y Energía Dirección de Productos Forestales Departamento de Montes de F.A.O.

BINDER Energietechnik GmbH (2018) Sistemas de calderas sofisticados. <https://www.binder-gmbh.at/en/company/>

Barbosa Jaimés, Luis-Oveimar Patiño Martínez (2014). Estudio de factibilidad para implementar un sistema de generación de energía a partir de los residuos vegetales <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/2882>

Barrena A., Llerena C.(1988) Influencia de los errores de estimación de altura en el cálculo del volumen.. Revista Forestal del Perú v. 15(1):1-11

Boletín Técnico N°77 (septiembre de 2019)- Transporte de residuos industriales asimilables a domiciliarios en el Gran Buenos Aires - Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y Residuos Peligrosos/ Centro de Información para Emergencias en el Transporte. Ing. Oscar Bourquin, Asesor técnico CATAMP – CIPET

Cámara Argentina de Energías Renovables (C.A.D.E.R.), 2019. Diálogo para la construcción del futuro energético argentino y la incorporación sustentable de las Energías Renovables

- Carrasco Allende, J. (2015). Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para autoabastecimiento energético: una estrategia para diferentes contextos. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/133520/Evaluacion-tecnica-yeconomica-de-una-planta-de-biogas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castello, M. (2013). Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica. Recuperado el 20 de 08 de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6992641>
- Ceppi, N. (2019). La energía en la agenda externa argentina 2003–2015. El ascenso de Bolivia y Venezuela como reacción frente a la urgencia. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-37692019000300011](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-37692019000300011)
- Cerdá Emilio (2009) Energía obtenida a partir de biomasa. Universidad Complutense de Madrid
- CIEPE. Centro de Investigación y Planeamiento Energético (2017). Generación de energía eléctrica a partir de biomasa, experiencias y actualidad en Argentina. UNSAM
- Civeira Hermida, G.(2015). Agroforestería periurbana, una opción para la producción sustentable en los alrededores de Buenos Aires. Scientia Agroalimentaria ISSN: 2339-4684 Vol. 2 (2015) 7-17
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL (2018). Economics of Climate Change in Latin America. Disponible en: <https://bit.ly/327gpYO> (Consultado: 12 de junio de 2019).
- Constitución Nacional Argentina. (sancionada en 1853 con las reformas de los años 1860, 1866, 1898, 1957 y 1994). <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm>

Contreras Rodríguez, C. E. (2018). Análisis para la aplicación de biomasa de uso directo como medio de generación de energía eléctrica en el departamento del Caquetá. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_electrica/165](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/165)

Dagoberto Arias (2005). Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 2(5), 2005.

Decreto 140/2007. PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA. (21/12/2007).

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000139999/136078/norma.htm>

Decreto 231/2015- Decreto N° 357/2002. Modificación. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA NACIONAL. Bs. As. (22/12/2015).

<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/138762/20151223>

Decreto 351 (02/05/1979). <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-351-1979-32030>

Díaz O., Cano M., Murphy Florencia (2016). Desarrollo de energías renovables Contexto latinoamericano y el caso argentino. Energía y Recursos Naturales. [kpmg.com.ar](http://kpmg.com.ar)

Diez Juan Pablo, Varela Santiago, Agustín Martínez Meier Alejandro, Caballé Gonzalo, Claps Leonardo (2017). Aprovechando residuos forestales: una alternativa de manejo integral de plantaciones de pino ponderosa en la cuenca de Arroyo de Medio. INTA EEA Bariloche. Presencia N°68 - 2017

Edenor (10/08/ 2021) Perfil de la compañía. <https://ir.edenor.com/inversores/compania/perfil-de-la-compania>

ENERGÍA ELÉCTRICA. Ley 27191. Modificatoria. Ley 26190. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. (Octubre 15 de 2015). <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000254999/253626/norma.htm>

- Energiza (Diciembre 2011). Principales Elementos de Turbinas de Vapor. Edición Mensual. Año I. <http://www.energiza.org/anteriores/energizadiciembre2011.pdf>
- Escalante, H., Orduz, J., Zapata, H., Cardona, M., & Duarte, M. (2010). Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Colombia: Ediciones UI. <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1058>
- Ewens m.; Senilliani M.G. y Lopez C. (2015) Efectos de la poda en plantaciones jóvenes de *Prosopis alba* Griseb en Santiago del Estero, Argentina *Quebracho* Vol.23(1,2):77-91
- Martín Sorondo, Ing. Industrial (2014). Manual de Buenas Prácticas de Manufactura en Plantas GIRSU.
- Faba, L., Díaz, E., & Ordóñez, S. (2014). Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712014000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000300002)
- Figueira A., Maggi A, Miguel S, Fernández E, Grosso D, Santamaría L, (2019) Metodología para determinar el potencial de generación de energías renovables de base solar a escala urbana. Caso de estudio: Barrio de Flores-CABA. Universidad de Flores.
- Fimaco. Energía y biomasa (2020). <https://fimaco.com.ar/energia-y-biomasa/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, [. (1991). Aprovechamiento potencial de los residuos de madera para la producción de energía. In *Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales*. Recuperado el 20 de 08 de 2020, de <http://www.fao.org/3/T0269S/T0269S00.htm>
- Foster S. y Elzinga, D. (2020). El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible (ONU). <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible#>

Gosso, Guillermo A., Willenberg Auger K. (2017). Prefactibilidad del Reemplazo de Fueloil por Pellet de Biomasa en Plantas Asfálticas Móviles. Tesis Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Córdoba.

Hernández Téllez, Angélica (15 Abril 2020). Panorama de la situación energética en América Latina. Heinrich Böll Stiftung <https://co.boell.org/es/2020/04/15/panorama-de-la-situacion-energetica-en-america-latina>

Hernán J. Andrade (2008). Elementos básicos de Dasometría. <https://es.calameo.com/books/001799814c6bcd82800a2> Hugo Escobar Carreño (2006). Pesos específicos de la madera [https://www.academia.edu/16246999/Pesos\\_Espec%C3%ADficos\\_de\\_Maderas](https://www.academia.edu/16246999/Pesos_Espec%C3%ADficos_de_Maderas) Clase\_de\_Madera

Herramientas de Modelamiento Ambiental como Matriz de Leopold (2019) (<https://www.iisd.org/learning/eia/es/wp-content/uploads/2016/06/ES-Leopold-Matrix.pdf>)

Herramientas Para La Evaluación Del Impacto Ambiental (01/01/2020). <https://estrucplan.com.ar/herramientas-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental/>

IPCC (2001). Cambio Climático 2001 Informe de síntesis. Tercer Informe de Evaluación. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Tercer Informe de Evaluación del OMM Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Lalanne, B. (2010). Utilización biomasa para la generación de energía eléctrica. Recuperado de: <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/927/L194%20%20Utilizaci%C3%B3n%20biomasa%20para%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Navall, M.

Ley 19587. (21/04/1972). Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo. <https://www.redseguros.com/Descargas/Ley%2019587.pdf>

Ley 27191. (Octubre 15 de 2015) Modificaciones a la Ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000254999/253626/norma.htm>

Ley 25675. LEY GENERAL DEL AMBIENTE. (Noviembre 27 de 2002)

<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2025675.pdf>

Ley 27424. RÉGIMEN DE FOMENTO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍA RENOVABLE INTEGRADA A LA RED ELÉCTRICA PÚBLICA.

(27/12/2017). (<http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4039>)

Banco de Desarrollo de América Latina (2018) Manual para la evaluación de proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Alumbrado Público.

[https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1323/IF\\_Manual%20%20Alumbrado%20Publico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1323/IF_Manual%20%20Alumbrado%20Publico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Míguez Gómez, C. (2013). La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de <https://eprints.ucm.es/17794/1/T34108.pdf>

Milla Lostaunau Luis (2007). Calderas y Turbinas de Vapor para la Generación de Energía Eléctrica. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Morales Maldonado, S. (2018). Decisión multicriterio: aplicación en la selección de alternativas de generación de energía eléctrica, de la economía ambiental a la economía ecológica. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15291/TDOC-2334.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Objetivos de Desarrollo Sostenibles (2015)

<https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Organización Latinoamericana de Energía. (2011). BRASIL Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe AGOSTO 2011 Informe Final Producto 1: Línea Base de las Tecnologías Energéticas Producto 2: Estado del Arte. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de [https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Brasil\\_Producto\\_1\\_y\\_2\\_\\_Esp\\_\\_02.pdf](https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Brasil_Producto_1_y_2__Esp__02.pdf)

Planes de desarrollo. (2019) Estadísticas del Comité de Biomasa de la Cámara Argentina de Energías Renovables (Cader) (<https://www.enel.com.ar/es/Historias/a201802-biomasa-en-argentina-con-80-plantas.html>)

Peña Gerard Aldoma, (2010). Diseño de una Central eléctrica de biomasa de 1MW ampliable a 2 MW. Ingeniería Industrial eléctrica. ETSE.

Ramos, P. (2006). La influencia de la agroindustria de la caña de brasil en la persistencia de las desigualdades sociales y en las técnicas de producción extensivas y depredatorias. Recuperado el 09 de 09 de 2020, de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7eNS3zLERu8J:https://www.raco.cat/index.php/IllesImperis/article/download/81024/105499/+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=ar>

Revista Electro Industria (2010) Luminarias públicas con tecnología LED <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1442&ni=luminarias-publicas-con-tecnologia-led>

Revista Digital Universitaria. (10 de octubre 2007) • Volumen 8 Número 10 • ISSN: 1067-6079 Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)

ROBLES Algarin C., RODRÍGUEZ Álvarez O., (2018) Revista Espacios. Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia Vol. 39 (Nº 34)

Secretaría de Gobierno de Energía. (Diciembre de 2019). Balance de gestión en energía 2016—2019. Emergencia, normalización y bases para la transformación. [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis\\_balance/2019-12-09\\_Balance\\_de\\_Gestion\\_en\\_Energia\\_2016-2019\\_final\\_y\\_anexo\\_pub\\_.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_pub_.pdf)

Siri-Prieto, G. (2012). Bioenergía en el Uruguay ¿cómo hacerla productiva y sustentable? Recuperado el 09 del 09 de 2020, [dehttp://www.eemac.edu.uy/investigacion/produccion-vegetal/rotacioncultivos/publicaciones3/Bioenergia-en-el-Uruguay-como-hacerla.pdf](http://www.eemac.edu.uy/investigacion/produccion-vegetal/rotacioncultivos/publicaciones3/Bioenergia-en-el-Uruguay-como-hacerla.pdf)

Spavento, E., Keil, G. D., Monteoliva, S. (2008). Propiedades físicas de la Madera. Curso de Xilotecnología. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.

Tobares Lorena (2012). La importancia y el futuro del biogás en la Argentina. Trabajo seleccionado en el 3er. Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación (Buenos Aires, octubre 2012). [http://www.petrotecnica.com.ar/1\\_2013/Petrotecnica/PdfsSinPublic/LaImportancia.pdf](http://www.petrotecnica.com.ar/1_2013/Petrotecnica/PdfsSinPublic/LaImportancia.pdf)

Tres de Febrero. (2020). Tres de Febrero ya llegó al 60% LED. <https://www.tresdefebrero.gov.ar/tres-de-febrero-ya-llego-al-60-led/>

Tropini, Ivan (2010). Estudio de Prefactibilidad para la utilización de residuos derivados de procesamiento de la forestoindustria, para la generación de energía eléctrica en la Provincia de Entre Ríos. XXIV JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS Concordia, octubre de 2010.

Uasuf, A., Hilbert, J. (2012). El uso de la biomasa de Origen Forestal con destino a bioenergía en la Argentina. Informes Técnicos Bioenergía Año 1 N° 3. Trabajo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

UNSAM (2016). ¿Cómo se genera la energía eléctrica en la Argentina? Escuela de Economía y Negocios- Centro de Investigación y Planeamiento Energético.  
<https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/investigacionpublicaciones/energia/como-se-genera-la-energia-electrica-en-argentina/>

UNSAM (2017). Generación de Energía Eléctrica a partir de biomasa, experiencias y actualidad en Argentina. Escuela de Economía y Negocios- Centro de Investigación y Planeamiento Energético.  
<https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/investigacionpublicaciones/energia/como-se-genera-la-energia-electrica-en-argentina/>

Weg (2019) Turbogeneradores.  
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/haf/hf0/WEG-turbogeneradores-linea-st20-y-st40-50022179-catalogo-espanol-dc.pdf>