

Aprovechamiento de la Poda urbana de Árboles para Co- Generación de energía en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina.



ALUMNOS:

- Cesar Marianetti Netto
- Florencia Lucía Peralta Córdoba

TUTOR: JUAN CARRASCO

Máster en Energías Renovables y
Mercado Energético on line- MEERRON
2017/2018

Año 2018

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
1. Introducción.....	4
2. Objetivo del proyecto	5
2.1. Objetivos específicos	5
3. Alcance del proyecto	5
4. Diagnóstico de generación de biomasa a partir de la poda urbana	6
4.1. Cálculo de biomasa generada en función del porcentaje de poda en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	6
5. Evaluación de las posibles ubicaciones de la planta	9
5.1. Cálculo de costos de transporte.	10
5.1.1. Determinación de las distancias recorridas reales.	10
5.1.2. Determinación de las distancias al Parque Industrial Lanús.	12
5.1.3. Determinación de las distancias al Parque industrial Newton	13
5.1.4. Cálculo de los costes de transporte	14
5.2. Cálculo del área necesaria para la central	21
5.3. Punto de conexión	23
5.4. Precio de la tierra.....	24
5.5. Conclusión	25
6. Definición de la planta de generación eléctrica.....	25
6.1. Elección de la tecnología de aprovechamiento energético de la biomasa.....	25
6.1.1. Demanda eléctrica. Venta de energía a la red eléctrica.....	27
6.1.2. Conclusión	28
6.2. Dimensionamiento de la central de generación eléctrica	28
6.2.1. Estimación de la energía aprovechable contenida en la biomasa.	28
6.2.2. Tamaño de la central de generación eléctrica a partir de biomasa.	29
7. Presentación del modelo económico para el “caso base”.	30
7.1. Identificación de los inputs del modelo	30
7.2. Ingresos	31
7.2.1. Ingresos por venta de Energía Eléctrica	31

7.2.2.	Estimativa de la demanda térmica en la zona.	32
7.2.3.	Costes de Operación y mantenimiento	33
7.2.4.	Inversión	33
7.3.	Financiación.....	35
7.4.	Otros beneficios fiscales	35
7.5.	Modelo económico de viabilidad	35
8.	Evaluación de los beneficios ambientales y sociales.	37
8.1.	Cálculos del ahorro en el coste ambiental.	37
8.2.	Estimación del beneficio social al implementar el proyecto.	40
9.	Evaluación de posibles “upsides” del proyecto.....	42
9.1.	Financiación con el BID	42
9.2.	Evaluación del impacto de trasladar el sitio de almacenamiento a las afueras de la Región Metropolitana de Buenos Aires	43
10.	Evaluación de la sensibilidad del modelo “caso base” a las principales variables	45
10.1.	Sensibilidad a la venta de energía térmica residual	46
11.	Conclusiones y recomendaciones.....	48
12.	Anexo 1. Algoritmo para el cálculo de distancias.	49
13.	Anexo 2. Cálculo de las distancias desde los barrios al CEAMSE.	51
14.	Anexo 3. Cálculo de las distancias desde los barrios al parque Lanús.	53
16.	Anexo 4. Cálculo de las distancias desde los barrios al parque Newton.	55
17.	Anexo 5. Costos de transporte. Parque Lanús	57
18.	Anexo 6. Costos de transporte. Parque Newton.	59
19.	Anexo 7. Costos de transporte. CEAMSE-Flores.....	61
20.	Anexo 8. Investigación sobre precios de terrenos.....	63
21.	Anexo 9. Datasheet TurboDen	65
22.	Anexo 10. Modelo financiero “Caso Base”	66
23.	Anexo 11 - Modelo con financiación (BID)	68

1. Introducción

El presente Proyecto de Fin de Máster (PFM) tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de aprovechar la biomasa proveniente de la poda de los árboles de la región metropolitana de Buenos Aires, Argentina, para su conversión en energía eléctrica. El trabajo transcurrió entre los meses de julio y noviembre de 2018, y ha contado con la tutoría e inestimable ayuda del profesor Juan Carrasco.

A día de hoy, el subproducto de la poda generada por los más de 420 mil árboles de la ciudad de Buenos Aires se destina mayormente a verteros abiertos, desaprovechando por un lado la energía neutral en emisiones que pudiera ser utilizada de esta madera y por otro lado generando cantidades considerables de emisiones de gas Metano, cuya molécula atrapa calor más de 20 veces lo que atraparía una molécula de CO₂ y por lo tanto provoca un daño ambiental mucho mayor.

La ciudad de Buenos Aires genera cerca de 67 mil toneladas de biomasa aprovechables, que pueden alimentar a una central de 6,2 MW de potencia, suficientes para abastecer más de 14 mil hogares, de forma renovable y sostenible medioambientalmente. Económicamente el proyecto es rentable, con una TIR de proyecto después de impuesto de 11,7%, mejorable si a una TIR de equity de 32,5% si se consiguiera financiación con el Banco Interamericano de Desarrollo, en condiciones reales y actuales de deuda del banco. Adicionalmente, el proyecto es capaz de reducir 78 mil toneladas de emisiones anuales de CO₂ y de generar 215 empleos directos (14 nuevos puestos de trabajo permanentes durante la operación y mantenimiento, 99 nuevos empleos durante la fase de construcción de la planta y 102 nuevos empleos en el transporte para aprovisionamiento de biomasa); y se estima en 2 a 3 veces más la generación de empleos indirectos en la economía, como consecuencia de la actividad de la planta.

Madrid/Buenos Aires a los 9 días de noviembre del año 2.018

2. Objetivo del proyecto

Estudiar la viabilidad de la utilización de la poda urbana para generación eléctrica en una planta de generación a partir de biomasa.

2.1. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de generación de biomasa, para estimar la cantidad total anual de biomasa proveniente de la poda urbana en la ciudad de Buenos Aires.
- Evaluar los posibles emplazamientos de la planta de generación de energía eléctrica.
- Definir la planta de generación eléctrica a partir de una fuente renovable:
 - Elegir la tecnología de generación;
 - Dimensionar la planta.
- Presentar el modelo económico para el proyecto.
- Evaluar los beneficios ambientales y sociales de la implementación del proyecto.
- Estudiar posibles alternativas para mejorar la rentabilidad del proyecto “caso base”.
- Presentar conclusiones y recomendaciones.

3. Alcance del proyecto

El proyecto consiste en la evaluación técnica, económica y ambiental de la implementación de una planta de generación eléctrica, a partir de la poda urbana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires Argentina (CABA).

El proyecto se plantea considerando un inversor independiente, y se detallan las principales variables que impactarían la rentabilidad del proyecto de cara a posibles variaciones en la TIR prevista. El proyecto, además, podría ser atractivo por parte de las gobernaciones, de manera de impulsar las tecnologías limpias y promover la generación de empleo.

El negocio propuesto se desarrolla en los alrededores de la CABA y el abastecimiento de la planta se realiza únicamente considerando los residuos de la poda urbana.

La Ciudad se divide en comunas y a su vez cada comuna abarca uno o más barrios. La poda es realizada por empresas privadas en los diferentes barrios y el Gobierno de la Ciudad desembolsa una importante suma de dinero para la gestión de este servicio, arancelado y concedido según licitaciones periódicas. Los residuos de la poda se destinan al CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) para su disposición final. Actualmente, la empresa pública CEAMSE, es la encargada de realizar el tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) del área metropolitana. Los residuos de la poda que no son aprovechados para compostaje, se depositan en vertederos controlados de tipo abierto.

4. Diagnóstico de generación de biomasa a partir de la poda urbana

Para la cuantificación de la biomasa disponible, se utilizará la metodología basada en el porcentaje de poda que ingresa al centro de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Buenos Aires CEAMSE.

4.1. Cálculo de biomasa generada en función del porcentaje de poda en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Para estimar la biomasa disponible se ha tenido en consideración que la totalidad de la misma se dispone en vertederos gestionados por el CEAMSE.

Se calculó la cantidad de poda por barrio, utilizando un porcentaje promedio de poda sobre los RSU generados en cada caso. El prorrateo de la cantidad promedio de RSU entre enero de 2009 y diciembre de 2014 (1.856.940 toneladas)^{1,2} se realizó en base a datos de población por barrio³.

La proporción de la poda en los residuos sólidos urbanos (RSU), se ha adoptado del “Estudio de la calidad de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la ciudad autónoma de Buenos Aires”⁴, en el cual se obtiene un porcentaje promedio de 4,94% en peso.

A efectos de disponibilidad cronológica del material se considerará que la poda se efectúa en los meses de invierno austral (en los 5 meses entre mayo y septiembre), y se ha considerado que la biomasa se dispone de igual forma en cada uno de los 5 meses (i.e. 20% por mes).

El resultado obtenido se puede observar en la siguiente tabla:

¹ <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2015/03/Estadisticas-de-Disposicion-2do-Semestre-2014.pdf>

² <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2015/03/Estadisticas-de-Disposicion-2009-2013.pdf>

³ <http://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=28011>

⁴ <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/I.Final-ECRSU-CABA-FIUBA-2015-NOV-16.pdf>

Tabla 1. Estimativa de la cantidad de poda anual por barrio en función de los RSU producidos

Barrio	Población [hab]	RSU [t]	Restos de Poda y jardín [t]
Agronomía	13912	8939	442
Almagro	131699	84617	4180
Balvanera	138926	89261	4409
Barracas	89452	57473	2839
Belgrano	126831	81490	4026
Boca	45113	28985	1432
Boedo	47306	30394	1501
Caballito	176076	113130	5589
Chacarita	27761	17837	881
Coghlan	18604	11953	590
Colegiales	52551	33764	1668
Constitución	44107	28339	1400
Flores	164310	105570	5215
Floresta	37575	24142	1193
Liniers	44132	28355	1401
Lugano	126374	81196	4011
Mataderos	64436	41401	2045
Montserrat	39914	25645	1267
Monte Castro	33623	21603	1067
Nueva Pompeya	42695	27432	1355
Nuñez	51949	33378	1649
Palermo	225970	145187	7172
Parque Avellaneda	53229	34200	1689
Parque Chacabuco	56281	36161	1786
Parque Chas	17489	11237	555
Parque Patricios	40985	26333	1301
Paternal	19717	12668	626
Puerto Madero	6726	4321	213
Recoleta	157932	101472	5013
Retiro	65413	42028	2076
Saavedra	50295	32315	1596
San Cristobal	48611	31233	1543
San Nicolás	29273	18808	929

Continuación tabla 1.

Barrio	Población [hab]	RSU [t]	Restos de Poda y jardín [t]
San Telmo	20453	13141	649
Santa Rita	33325	21412	1058
Velez Sarsfield	35081	22540	1113
Versalles	13822	8881	439
Villa Crespo	81959	52659	2601
Villa del Parque	55273	35513	1754
Villa Devoto	66521	42740	2111
Villa Gral Mitre	34713	22303	1102
Villa Luro	32502	20883	1032
Villa Ortuzar	21736	13966	690
Villa Pueyrredón	39654	25478	1259
Villa Real	13419	8622	426
Villa Riachuelo	14084	9049	447
Villa Soldati	46779	30056	1485
Villa Urquiza	91563	58830	2906
TOTALES	2890151	1856940	91733

Fuente: Elaboración propia.

Según esta metodología, la cantidad de poda obtenida será de aproximadamente 92 mil toneladas anuales. Al ingresar a la página de CEAMSE se indica además que actualmente se compostan unas 12 mil toneladas anuales de poda (1000 t/mes). Se considera que la composta se realiza sobre la fracción fina (ramas finas, hojas y pastos), quedando un total de 79.733 t de poda para su aprovechamiento energético.

El volumen de poda se calcula aplicando la densidad de 0,25 t/m³ dada para astillas⁵, debido a que la poda es triturada en el lugar de la poda. El valor obtenido es de 318.932 m³ según:

$$V_{poda} = \frac{79.733 \text{ t}}{0,25 \left[\frac{\text{t}}{\text{m}^3} \right]} = 318.932 \text{ [m}^3\text{]}$$

⁵ Prof. Juan Carrasco. Estudios realizados en el CIEMAT.

5. Evaluación de las posibles ubicaciones de la planta

Para proponer posibles sitios de ubicación de la central, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- **Costes de transporte:** cuanto más bajo, más ventajosa será la ubicación de la central en cuanto su viabilidad económica.
- **Disponibilidad de área:** se intentará buscar una central que disponga de área para el almacenamiento de biomasa necesaria para toda la operación anual de esta central, y considerando que la poda de los árboles se concentra en los 4-5 meses de invierno, el área necesaria para esta finalidad no es insignificante, y más aún si la central se encontrará en un área urbana/suburbana.
- **Punto de conexión:** es imprescindible que haya puntos de conexión (subestaciones) cercanos a la futura central para verter la producción eléctrica obtenida.
- **Precio del suelo:** considerando que la planta se debe situar en la región metropolitana de Buenos Aires, se priorizará la búsqueda en zonas en donde el precio del suelo no sea determinante para la viabilidad del proyecto.

En una etapa preliminar, se han identificados dos zonas cercanas al centro de la metrópolis, aunque ambas fuera de la CABA *per se*: el Parque Industrial Lanús, situado al este de la ciudad y el Parque Newton, al oeste de la misma. La cantidad reducida de sitios se debe a que se han priorizado parques industriales lo más cercanos posible al centro de la CABA, para (1) minimizar el coste de transporte de la biomasa y (2) permitir la posibilidad de aprovechamiento de la venta de la energía térmica generada como subproducto de la generación eléctrica.

Los siguientes apartados discurrirán sobre las ventajas de cada uno de los sitios respecto al otro, teniendo en cuenta los criterios listados al inicio de este apartado.

5.1. Cálculo de costos de transporte.

5.1.1. Determinación de las distancias recorridas reales.

Buenos Aires cuenta con 48 barrios (ilustración 1) y administrativamente se divide en 15 comunas (ilustración 2). Actualmente la totalidad de la poda se destina al CEAMSE.

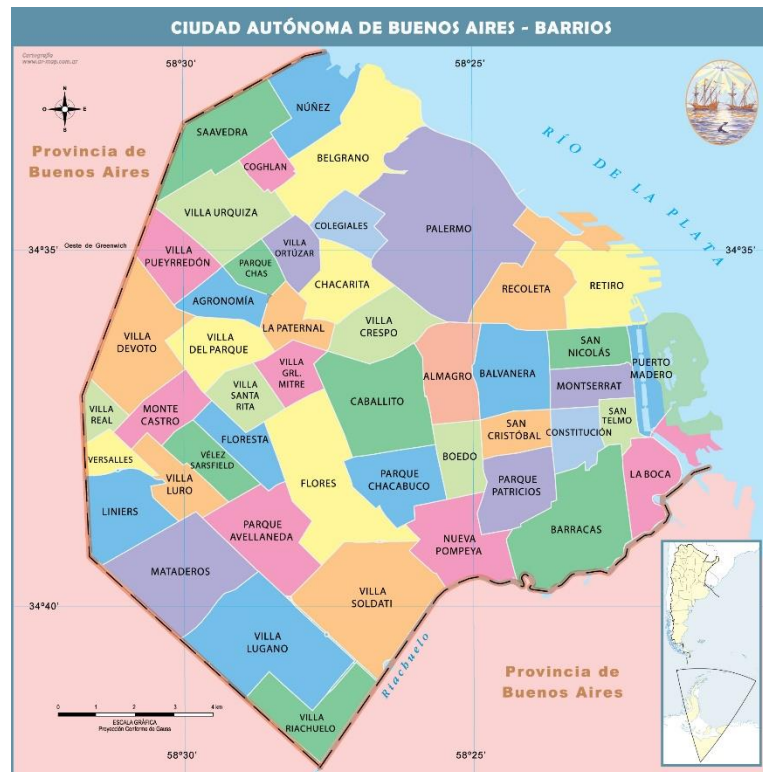


Ilustración 1. Delimitación de barrios de CABA. Fuente: <http://mapoteca.educ.ar>

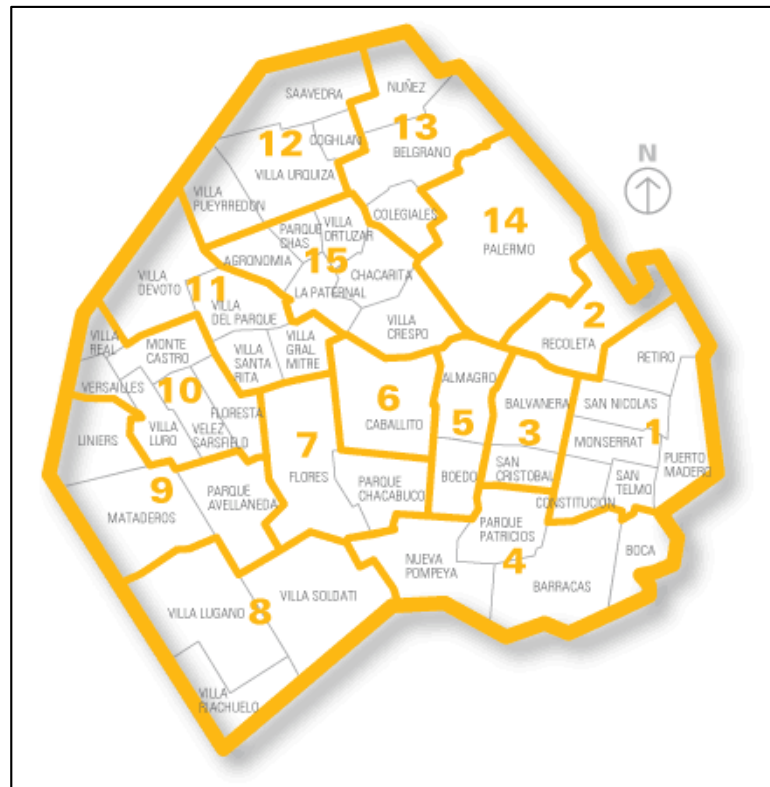


Ilustración 2. Ciudad de Buenos Aires: Comunas y Barrios -Delimitación GCBA⁶

Para la estimativa de distancias, considerando los puntos de origen y destino, se ha utilizado un algoritmo de programación en “Google Sheets” que permite la determinación de la distancia entre dos puntos en un mapa (Google Maps). La ventaja de la utilización de este algoritmo frente a la simple medida de las distancias, es que no se considera simplemente una línea recta, sino las calles y sentidos permitidos.

Para aquellas situaciones donde la fórmula devolvía “error” (aproximadamente la mitad de los casos), se ha utilizado la herramienta “Google Maps” y “Obtener indicaciones” para el cálculo de forma manual, teniendo en cuenta la distancia recorrida lo más cercana posible a la real (como se ha dicho antes: nunca una línea recta).

A efectos de referencia, se han calculado las distancias recorridas actualmente desde los centros de los barrios hasta el CEAMSE de Flores. Considerando que ésta estación podría ser un punto intermedio hacia el lugar de implantación del proyecto (menor costo por m² de terreno), y de esta forma estimar el coste actual de transporte de la biomasa. El algoritmo y los resultados del análisis se adjuntan en el Anexo 2 de este documento.

⁶ <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2015/03/Estadisticas-de-Disposicion-2do-Semestre-2014.pdf>

5.1.2. Determinación de las distancias al Parque Industrial Lanús.

Esta ubicación es relativamente céntrica, y considerando la densidad de construcciones y población de Buenos Aires, se puede decir que se encuentra en plena área metropolitana. Cuenta con bastante espacio físico (aproximadamente 27 HA, la mayor parte no parece tener ninguna edificación), y abarcaba un antiguo curtidor de cuero (aún en actividad). La principal barrera física para su desarrollo, el río Matanza-Riachuelo (que corta la parte este de la ciudad), ya no lo será con la construcción del puente Lacarra, prevista para estar listo a la brevedad⁷.

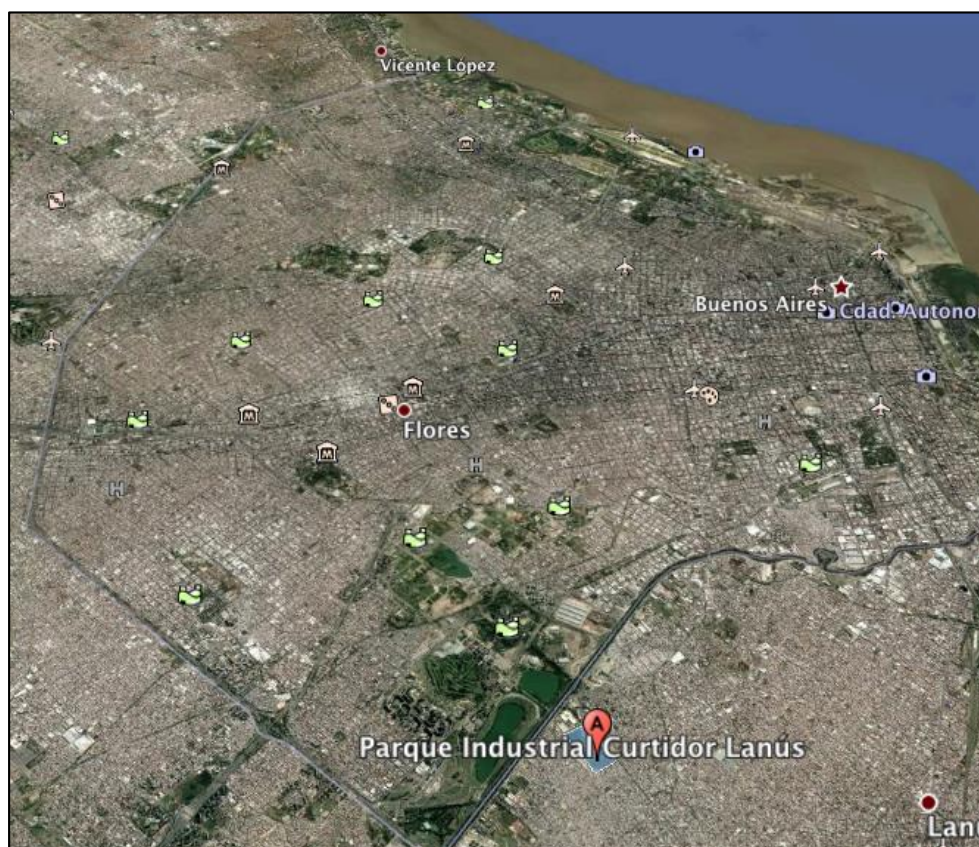


Imagen 1. Ubicación del Parque Curtidor Lanús
Fuente: Google Earth.

Análogamente a lo que se ha hecho referencialmente con el CEAMSE Flores, se han calculado las distancias entre los centros de los barrios y esta central, y los resultados se adjuntan en el anexo 3.

⁷ <https://www.lanacion.com.ar/2142876-en-julio-estara-listo-el-nuevo-puente-lacarra-que-unira-villa-soldati-con-lanus>

5.1.3. Determinación de las distancias al Parque industrial Newton

El segundo parque identificado se encuentra en la zona oeste de la región metropolitana de Buenos Aires (Villa Ballester), Tiene un área de aproximadamente 10 ha, y alberga 10 empresas, la más importante de ellas la empresa alemana Siemens.

En la propia página web del parque⁸ se pueden encontrar algunas de las facilidades y servicios de que dispone:

 SEGURIDAD PERIMETRAL	 3 SALAS VIP RESTAURANT DE 8 CUBIERTOS
 700 COCHERAS	 SISTEMA DE INCENDIO BAJO NORMA
 14 ESTACIONAMIENTOS EJECUTIVOS	 OFICINAS CON PISO TÉCNICO
 PLAYA DE MANIOBRA PARA CAMIONES	 AIRE ACONDICIONADO CENTRAL CARRIER CON DOS UNIDADES
 DOCK DE CARGA	 AMBIENTE EN TORNO CON JARDÍN
 RESTAURANT PARA MÁS DE 800 CUBIERTOS	 BATERÍA DE BAÑOS PARA HOMBRES Y OTRA PARA MUJERES

⁸ <https://zonna1.com/zonna/parque-industrial-newton/>

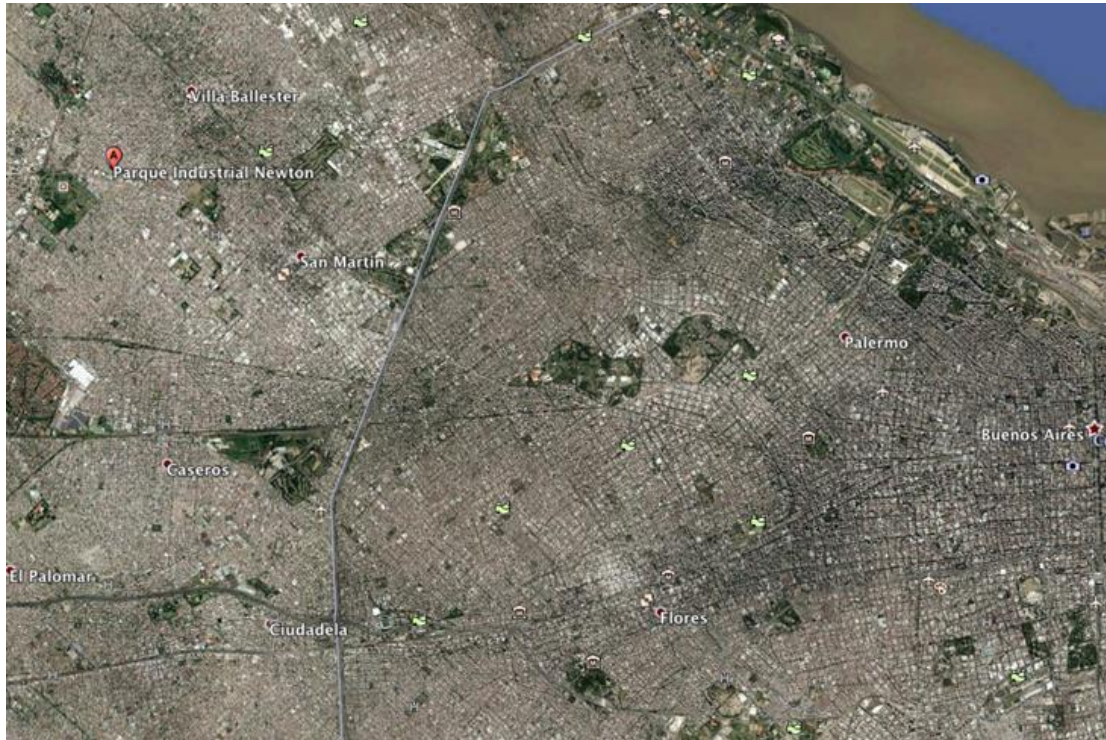


Imagen 2. Ubicación del Parque Industrial Newton

Fuente: Google Earth.

La distancia desde los centros de los barrios a esta hipotética ubicación se muestra en el Anexo 4 de este documento.

5.1.4. Cálculo de los costes de transporte

En esta instancia se busca estimar un precio del transporte para cada emplazamiento, a los fines de detectar posibles diferencias en la elección de la ubicación de la planta.

Además, se calculará el coste de transporte por metro cúbico de biomasa húmeda al 50% de humedad. Dicho valor se utilizará luego en el cálculo de costos de operación. Aquí se propone la opción de alquiler de los camiones, debido a los grandes problemas que podría acarrear la logística por el poco uso de las unidades (tiempo detenido, salarios, área para estacionamiento). Por tal motivo, se tomará un porcentaje adicional del 15% para considerar el beneficio industrial por alquiler.

Además, la biomasa es transportada en áreas urbanas ya en forma de astillas (pre-procesada en el mismo sitio de la poda, según datos de gestión relevados); por lo tanto, la densidad de estos residuos en dichas condiciones será de $0,25 \text{ t/m}^3$ (referenciando a estudios realizados por el CIEMAT) y la humedad al momento de la poda es de un 50%.

El peso individual de los camiones no debería superar las 12 toneladas (por leyes de circulación vehicular en áreas urbanas⁹). Por lo tanto, se estima que se transportan aproximadamente 10 t de poda húmeda, que equivaldrían a 40 m³ de poda por unidad de transporte.

Para calcular el coste total del transporte se han seguido los lineamientos propuestos en el documento “cálculos de los costes de la biomasa”, que utiliza datos del MAGRAMA y de la Sociedad Andaluza de Valorización de la Biomasa, además de valores obtenidos de la herramienta SIG Bioraise. En el citado documento se ha construido una ecuación que tiene en cuenta los costes fijos y variables que influyen en la formación del coste por unidad transportada. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Coste}_{\text{total}}[\text{€}] = \text{Coste rodando (Cr)} + \text{Coste terminal (Ct)} + \text{Coste combustible (Cc)}$$

Nota: En este caso particular de estudio se omiten los factores relacionados al costo en carretera usados en el documento original, (incluido en los costes de vehículo rodando y de combustible), ya que la recolección se efectúa en áreas urbanas.

El coste Cr (€) está compuesto por el del camión derivado del tránsito por pista. Este coste depende de la distancia a recorrer, la velocidad media a la cual transita y el tiempo que tarda en realizarla.

$$\text{Cr} = \text{Coste horario rodando (Chr)} \times \text{Tiempo rodando (Tr)}$$

$$\text{Tr} = \text{Tiempo rodando en pista (Tp)}$$

$$\text{Tp} = \text{Distancia pista (x/2)/Velocidad de pista cargado} + \text{Distancia pista (x/2)/Velocidad de pista descargado}$$

$$\text{Velocidad de pista cargado} = 20 \text{ km/h}$$

$$\text{Velocidad de pista descargado} = 40 \text{ km/h}$$

El costo Ct (€) está relacionado con el tiempo que se tarda en cargar el camión y descargarlo en el parque de la planta.

$$\text{Ct} = \text{Coste horario terminal (Cht)} \times \text{Tiempo terminal (Tt)}$$

Tt = 2 horas necesarias para carga y descarga (se ha tomado como constante). Se adoptó como criterio, usar un valor mayor al dado en la referencia (valor de referencia: 1,76 hr), por tratarse de poda urbana.

⁹http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/6__ley_216_-_transito_pesado_caba.pdf

Cc (€) incluye el precio del gasoil y el del aceite consumido y depende de la distancia recorrida por pista.

Cc = Coste combustible por km (Cc km)* [Distancia pista (x)]

x: distancia de ida más distancia de vuelta

Para la estimativa del coste horario del camión rodando (Chr) se ha tomado como referencia un estudio relativamente reciente (2017) del Ministerio de Fomento español¹⁰, para un camión de 16 toneladas de capacidad y 95.000 km anuales:

Tabla 2. Costo kilométrico de un camión de 16 t de capacidad y 95.000 km de recorrido.

	COSTES DIRECTOS ANUALES	
	Euros (€)	Distribución (%)
Costes directos	93.682,61	100,0%
Costes por tiempo	59.543,68	63,6%
Amortización del vehículo	6.366,18	6,8%
Financiación del vehículo	315,60	0,3%
Personal de conducción	31.757,00	33,9%
Seguros	5.926,53	6,3%
Costes fiscales	969,37	1,0%
Dietas	14.209,00	15,2%
Costes kilométricos	34.138,93	36,4%
Combustible	25.861,98	27,6%
Neumáticos	3.935,45	4,2%
Mantenimiento	1.843,00	2,0%
Reparaciones	2.498,50	2,7%
kilometraje anual (km / año)	95.000	
kilometraje anual en carga (km / año)	80.750	
Costes unitarios		
Costes directos (€ / km recorrido)	0,986	
Costes directos (€ / km cargado)	1,160	

Fuente: Ministerio de Fomento español 2017.

Por tratarse de un coste en España, se ha adecuado el mismo a la realidad local respecto del coste del personal de conducción y las dietas asociadas al salario y se ha quitado el costo del combustible para calcularlo por separado.

Se ha considerado la relación entre el salario medio interprofesional en ambos países, de 858,6 euros en España y 421,56 euros en Argentina^{11,12} y, por lo tanto, se ha utilizado esta

¹⁰ <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=TTW103>

¹¹ <https://datosmacro.expansion.com/paises/comparar/argentina/espana>

¹² <http://www.camioneros.org.ar/index.php/gremiales/salarios/escalas-salariales>

relación como multiplicador al valor anual de la tabla. Para las dietas se ha utilizado información sobre salarios actuales de conductores para Argentina y se ha obtenido un valor de 240,85 €/mes.

Por último, se considera que los demás costes no varían significativamente (como la amortización anual por la compra del camión o costes de mantenimiento), considerando que se trata de productos y piezas globalmente comercializadas con un precio similar. A continuación se muestra la tabla usada para efectuar los cálculos.

Tabla 3. Cálculo del costo en euros por kilómetro de transporte para Argentina.

DESCRIPCION	Coste España (€)	Coste Argentina (€)
Costes por tiempo	59543,68	37840,6688
Amortización	6366,18	6366,18
Financiación	315,6	315,6
Personal de conducción	31757	15592
Seguros	5926,53	5926,53
Costes fiscales	969,37	969,37
Dietas	14209	8671
Coste por km	8276,95	8276,95
Neumáticos	3935,45	3935,45
Mantenimiento	1843	1843
Reparaciones	2498,5	2498,5
Total	67820,63	46117,62
km	95000	95000
Coste €/km	0,71390137	0,48544862
km recorridos	95000	95000
velocidad media carretera (modelo) km/h	75	75
horas	1266,67	1266,67
Coste horario rodando (Chr) €/h	53,54	36,41

Por lo tanto, el valor calculado de coste horario del camión rodando (Chr) es 36,41 €/h.

Se estima que el coste horario del camión parado (Cht) es muy similar, y solo varía sensiblemente por no considerar el desgaste al rodar el vehículo. Por lo tanto, el valor de Cht se estima en un 0,25% menor al valor dado para Chr, por lo tanto **Cht=36,32 (€/h)**

Para el cálculo del Cc_{km} , se toman las siguientes consideraciones:

- Precio del gasóleo en Argentina: $39,87^{13} [€/L] / 41 [€/L] = 0,9675$ euros por litro

¹³ <https://www.lanacion.com.ar/2188449-ypf-se-sumo-ola-aumentos-subio-2>

- Velocidad media: 30 km/h (20 km/h cargado, 40 km/h vacío)
- Consumo medio del camión (referencia a uno de 20-25 t, pero que hace viajes en ciudad): 35 L/100 km (40 L/100 km con carga y 30 L/100 km descargado)

Con estos datos, en función de las distancias recorridas desde los barrios a la central y el volumen de poda transportado se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultados para el cálculo de Cc por km

Descripción	Valor
Consumo gasoleo (L/año)	107.541
km recorridos/año	307.260
Precio gasoleo €/L	0,9675
Cc =€/km	0,3386

Fuente: Elaboración propia

Por último, el Coste Total se obtiene al aplicar la siguiente fórmula función de la distancia entre cada barrio y el probable emplazamiento de la central por dos (x), la distancia “x” incluye el recorrido de ida camión vacío más el de vuelta camión cargado.

$$C_{Total} = \frac{3}{80} \left[\frac{h}{Km} \right] * x[km] * 36,41 \left[\frac{€}{h} \right] + 2[h] * 36,32 \left[\frac{€}{h} \right] * \text{número de viajes} + x[m] * 0,3386 \left[\frac{€}{km} \right]$$

Tabla 5. Comparación de los costos de transporte en movimiento para los diferentes emplazamientos considerados.

Ubicación propuesta	Costo total anual [€]	Costo total anual [€/m ³]
CEMASE Flores	936.045,71	2,55
Parque Newton	1.204.189,65	3,28
Parque Lanús	1.237.594,04	3,37

Las tablas de cálculo para la obtención de estos valores se observan en los anexos 5, 6 y 7. Como puede observarse en la Tabla anterior, las dos ubicaciones potenciales de la central (P. Lanús y P. Newton) tienen prácticamente el mismo coste de transporte y ambas tienen prácticamente un 30% más del coste de transporte al CEAMSE-Flores.

Durante la elaboración del presente estudio sobre los costes de transporte no estaba disponible una infraestructura que en breve lo estará, el “Puente Lacarra”, que acortará las distancias entre los barrios de Buenos Aires y el Parque Lanús, ya que cruzará el río Matanza-Riachuelo. Aun no es posible determinar los números exactos de la reducción de los costes de transporte que se obtendrían (el algoritmo de Googlemaps todavía no incorpora la ruta acortada por el puente), aunque se entiende que estos costes influirán favorablemente sobre la ubicación del Parque Lanús.

Como alternativa al alquiler de camiones de transporte se ha procedido a estimar la realización del transporte de biomasa mediante una flota de camiones propia. Para ello, se han tomado los siguientes parámetros de entrada:

Velocidad media	30	km/h	Turnos por día	2
Horas por turno	8	horas	Meses recolección	5
Turnos por colección	200		Días laborables por mes	20
Horas totales trabajadas	1600 horas/camión			

Con la velocidad media de circulación urbana¹⁴, las distancias desde los puntos de recolección y la cantidad de viajes (estimada desde la cantidad total de biomasa estimada por barrio entre 40 m³/camión), más una estimativa de 2 horas para carga y descarga, la cantidad total de horas necesaria para esta labor es la indicada en la siguiente tabla:

¹⁴ <https://www.motorpasion.com/otros/las-ciudades-europeas-con-el-trafico-mas-lento>

Tabla 6. Horas necesarias para la labor de recolección de poda.

	Tiempo Ida y Vuelta (h)	Tiempo carga y descarga (h)	Tiempo total por viaje (h)	Volumen anual (m3)	Cantidad de viajes (vol/40)	Tiempo total
AGRONOMÍA	1,63	2,00	3,63	1.535	39	141
ALMAGRO	1,56	2,00	3,56	14.533	364	1.296
BALVANERA	0,61	2,00	2,61	15.331	384	1.001
BARRACAS	1,41	2,00	3,41	9.871	247	841
BELGRANO	1,56	2,00	3,56	13.996	350	1.246
BOCA	0,72	2,00	2,72	4.978	125	340
BOEDO	0,37	2,00	2,37	5.220	131	310
CABALLITO	0,53	2,00	2,53	19.430	486	1.231
CHACARITA	0,81	2,00	2,81	3.063	77	217
COGHLAN	1,99	2,00	3,99	2.053	52	207
COLEGIALES	0,88	2,00	2,88	5.799	145	418
CONSTITUCIÓN	0,51	2,00	2,51	4.867	122	307
FLORES	0,46	2,00	2,46	18.132	454	1.117
FLORESTA	0,73	2,00	2,73	4.146	104	284
LINIERS	2,16	2,00	4,16	4.870	122	508
MATADEROS	2,09	2,00	4,09	7.111	178	727
MONTE CASTRO	1,33	2,00	3,33	3.710	93	309
MONTSERRAT	0,68	2,00	2,68	4.405	111	297
NUEVA POMPEYA	0,21	2,00	2,21	4.711	118	261
NÚÑEZ	2,05	2,00	4,05	5.733	144	584
PALERMO	1,25	2,00	3,25	24.936	624	2.026
PARQUE AVELLANEDA	1,85	2,00	3,85	5.874	147	565
PARQUE CHACABUCO	0,37	2,00	2,37	6.211	156	370
PARQUE CHAS	1,01	2,00	3,01	1.930	49	147
PARQUE PATRICIOS	0,37	2,00	2,37	4.523	114	271
PATERNAL	0,77	2,00	2,77	2.176	55	153
PUERTO MADERO	0,73	2,00	2,73	742	19	52
RECOLETA	1,52	2,00	3,52	17.428	436	1.535
RETIRO	0,99	2,00	2,99	7.218	181	541
SAAVEDRA	2,39	2,00	4,39	5.550	139	611
SAN CRISTÓBAL	0,47	2,00	2,47	5.364	135	334
SAN NICOLAS	0,90	2,00	2,90	3.230	81	235
SAN TELMO	1,14	2,00	3,14	2.257	57	179
VELEZ SANSFIELD	0,77	2,00	2,77	3.871	97	268
VERSALLES	2,24	2,00	4,24	1.525	39	165
VILLA CRESPO	0,71	2,00	2,71	9.044	227	616
VILLA DEL PARQUE	2,37	2,00	4,37	6.099	153	669
VILLA DEVOTO	1,43	2,00	3,43	7.341	184	631
VILLA GRAL. MITRE	0,70	2,00	2,70	3.831	96	259
VILLA LUGANO	1,97	2,00	3,97	13.946	349	1.387
VILLA LURO	0,90	2,00	2,90	3.587	90	261
VILLA ORTUZAR	1,93	2,00	3,93	2.399	60	236
VILLA PUEYRREDON	1,57	2,00	3,57	4.376	110	393
VILLA REAL	1,25	2,00	3,25	1.481	38	123
VILLA RIACHUELO	0,50	2,00	2,50	1.554	39	98
VILLA SANTA RITA	2,27	2,00	4,27	3.677	92	393
VILLA SOLDATI	1,97	2,00	3,97	5.162	130	516
VILLA URQUIZA	1,76	2,00	3,76	10.104	253	951
Cantidad total de horas						25.627

Es decir que, se necesitaría una flota de 17 camiones (25.627 horas necesarias/1.600 horas disponibles por camión) para atender a esta demanda, trabajando sin parar, durante los 5 meses, a dos turnos y 8 horas por turno. Como se ha mencionado al inicio de este punto, la pequeña utilización anual (baja productividad), solamente durante los meses de mayo a septiembre, el alto coste de la adquisición de la flota y las dificultades en el manejo de la logística, llevan a considerar la opción de alquiler/subcontratación de la carga. El costo final total se calculará más adelante, una vez definido el emplazamiento de la planta.

5.2. Cálculo del área necesaria para la central

Inicialmente se supone que toda la biomasa se almacenará en el mismo sitio en donde se generará la energía (ubicación de la central). Posteriormente se estudiará la posibilidad de utilizar algún sitio en las afueras de la región metropolitana de Buenos Aires, especialmente por una cuestión de precio de adquisición del solar.

Para estimar el área necesaria, se ha tenido como premisa que la central utilizará el 85% de la biomasa disponible (debido a pérdidas en el transporte y almacenamiento del orden del 15%¹⁵). El volumen de madera disponible para la central es de 318.932 m³ (total disponible) x 85% = 271.092 m³.

Considerando una generación anual constante de la central, se realiza una estimación del balance mensual volumétrico de la misma, así como de la cantidad máxima de almacenamiento:

Tabla 7. Distribución del stock necesario para operación continuada de la planta

Mes	Utilización	Reposición	Stock
enero	22.591		90.364
febrero	22.591		67.773
marzo	22.591		45.182
abril	22.591		22.591
mayo	22.591	54.218	54.218
junio	22.591	54.218	85.846
julio	22.591	54.218	117.473
agosto	22.591	54.218	149.100
septiembre	22.591	54.218	180.728
octubre	22.591		158.137
noviembre	22.591		135.546
diciembre	22.591		112.955

¹⁵ Fuente: Dato medio estimativo aportado por Juan Carrasco, basado en estudios propios

Conforme el estudio de IEA Bioenergy¹⁶, la recomendación de alturas de seguridad para el almacenamiento de pilas de madera no compactada para evitar auto-combustión es:

Tabla 8. Máxima altura de almacenamiento para diferentes tipos de combustibles de madera.

	Non-compacted stacks (m height)	Compacted stacks (m height)
Chips from stemwood incl. bark	15	12
Whole wood chips from hardwood	12	9
Whole wood chips from softwood	10	7
Decomposed logging residues	7	-
Bark	7	4
Sawdust	6	4

Se ha adopta la altura de 10 metros, considerando que los residuos serán una mezcla entre madera dura, madera blanda y madera en fase de descomposición.

Este mismo estudio recomienda que la sección de la base de la pila sea de 2 veces la altura, es decir, 20 metros.

Utilizando la fórmula para cálculo del volumen de la pirámide:

$$V_{pila} = \frac{Ab * h}{3}$$

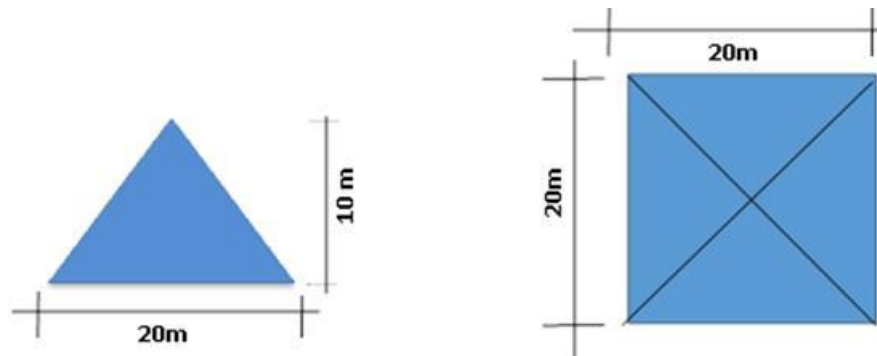


Ilustración 3. A la izquierda, vista de frente y a la derecha vista de planta de la pila

Con los datos y la fórmula anteriores se obtiene:

Pila recomendada	
Altura “h” (m)	10
Base “b” (m)	20
Volumen de una pila (m ³ /pila)	1.333

A su vez, cada una de estas pilas ocupará un área correspondiente a su base más el espacio suficiente para los accesos (5 metros de ancho), totalizando 25 m x 25 m = 625 m²/pila.

¹⁶ http://www.ieabcc.nl/publications/health_safety.pdf

Finalmente, para estimar el área necesaria para el stock de este material, se ha adoptado el volumen máximo de stock del material (justo después de la temporada de poda, en el mes de septiembre), correspondiente a **180.728 m³**.

Por lo tanto, serían necesarias 136 pilas de 1.333 m³, cada una ocupando un espacio correspondiente a 625 m², resultando en **85.000 m²** de terreno, o sea, **8,5 ha**.

Según este criterio, solo el Parque Lanús presenta (visualmente, con Google Earth) área suficiente en el caso de optar por una ubicación que incluya espacio para almacenar todo el material necesario para la operación anual continuada de la central.

5.3. Punto de conexión

En función de las ubicaciones propuestas, se analizan las subestaciones más cercanas para la inyección de la energía generada a la red eléctrica.

El Parque Lanús Oeste, cuenta con una subestación (“Subestación 089 V Alsina de EDESUR S.A. en Lanús Oeste”) a una distancia inferior al kilómetro, como se puede observar en la siguiente imagen:

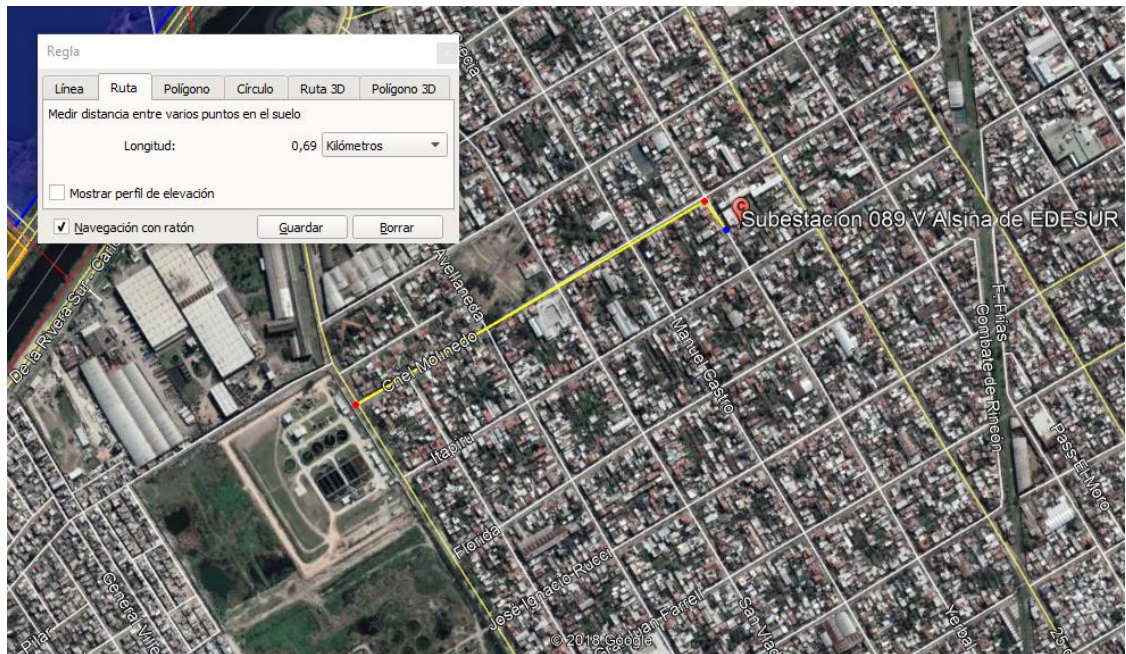


Imagen 3. Ubicación de la Subestación 089 V. Alsina, cercana a Parque Lanús.

La subestación de Alsina (Parque Lanús), tiene una capacidad de 60 MW de los cuales actualmente se utilizan 50 MW¹⁷. Aunque no se haya calculado el tamaño de la central, se

¹⁷ Fuente: Cammesa

estima que esta holgura será suficiente para incorporar la energía eléctrica generada por la misma.

Para el Parque Newton, la subestación más cercana identificada está a una distancia de casi 4 kilómetros (tomando la distancia en línea recta, lo que no correspondería a la realidad), como se puede apreciar en la imagen siguiente:

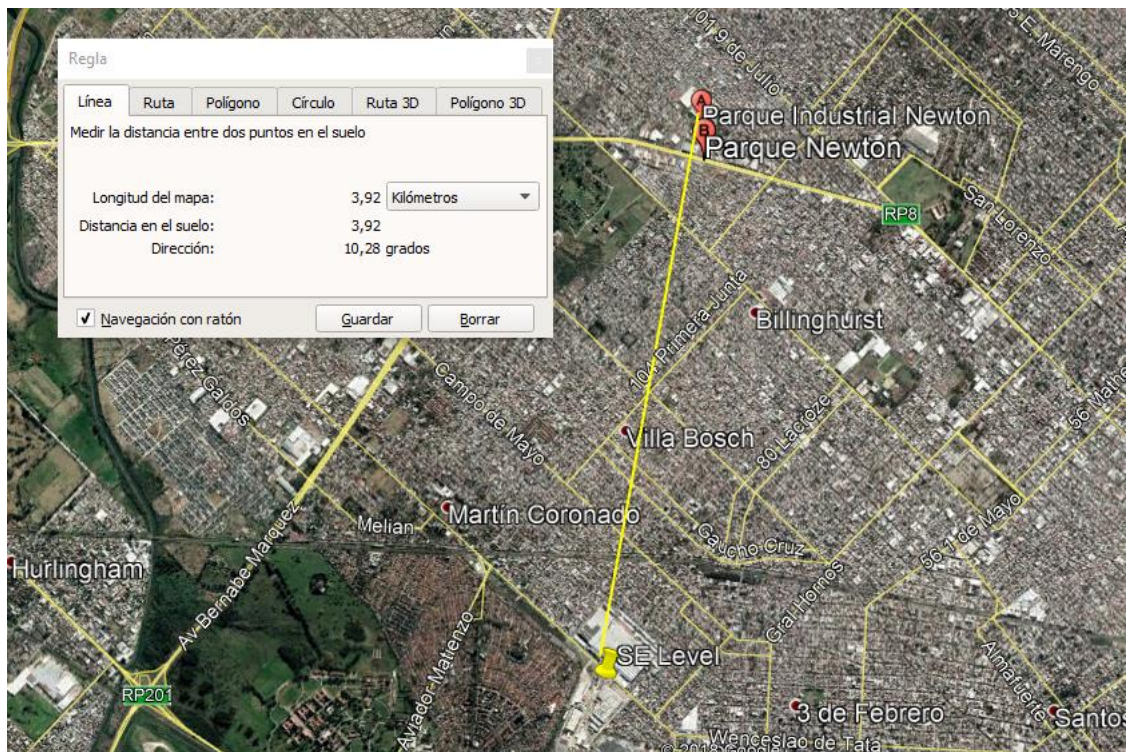


Imagen 4. Ubicación de la subestación (SE) Level, cercana a Parque Newton.

No se cuenta con datos de disponibilidad de la SE Level, por lo que, de nuevo, según este criterio, la ubicación de la central en el Parque Lanús es ventajosa respecto a la del Parque Newton.

5.4. Precio de la tierra

Se ha realizado una investigación del precio de los terrenos en ambas ubicaciones (Anexo 5), y el resultado obtenido es que el valor del m² de terreno para implementación de la central es prácticamente 3 veces más barato en el entorno del Parque Lanús que en el entorno del Parque Newton:

Precio Parque Lanús:	8,200 pesos/m ²
Precio Parque Newton:	22,900 pesos/m ²

Según este criterio, la instalación de la central en el Parque Lanús es bastante más favorable que la del Parque Newton.

5.5. Conclusión

Delante de lo expuesto, y de la ventaja en prácticamente todos los criterios comparativos, se ha optado por simular una central de generación en el **Parque Lanús**.

6. Definición de la planta de generación eléctrica.

En este punto se definirá la tecnología idónea para la planta y luego se determinará la potencia de la planta.

6.1. Elección de la tecnología de aprovechamiento energético de la biomasa.

Una vez identificado el sitio más apto para la ubicación, resultando para este caso el emplazamiento del Parque Lanús, se han planteado dos alternativas para la elección de la tecnología de aprovechamiento energético: generación eléctrica pura o cogeneración eléctrica y térmica.

Por otro lado, la tecnología propuesta será la correspondiente a un sistema Organic Rankine Cycle (ORC System).

El Ciclo Rankine es un ciclo termodinámico que convierte el calor en trabajo. El calor se suministra a un circuito cerrado, que normalmente utiliza agua como fluido de trabajo. El Ciclo Rankine basado en el agua proporciona aproximadamente el 85% de la producción eléctrica mundial. El principio del ciclo orgánico de Rankine se basa en un turbogenerador que funciona como una turbina de vapor convencional para transformar la energía térmica en energía mecánica y, finalmente, en energía eléctrica a través de un generador eléctrico. En lugar de generar vapor a partir de agua, el sistema de ORC vaporiza un fluido orgánico. Entre las ventajas de esta tecnología frente al ciclo convencional caben destacar las bondades de utilizar un fluido orgánico caracterizado por una temperatura de vaporización menor y una masa molecular más alta que la del agua, lo que conduce a una rotación más lenta de la turbina, presiones más bajas de trabajo y prácticamente sin erosión de las partes metálicas y las aspas¹⁸. Además, se trata de un sistema más robusto (mayor vida útil, costes de O&M más bajos), normalmente tienen un yield eléctrico superior (mayor rendimiento de la central), además de funcionar bien con cargas parciales, por lo tanto se trata de una tecnología claramente superior a la del vapor de agua¹⁹.

¹⁸ <https://www.turboden.com/turboden-orc-technology/1062/the-orc-technology>

¹⁹

https://www.researchgate.net/publication/228910304_Description_and_evaluation_of_t

Por otro lado, la idoneidad de las fuentes de biomasa para la generación de energía con tecnología ORC se confirma por los 282 sistemas de ORC de biomasa operacionales y 53 adicionales vendidos (hasta julio de 2016). Esto corresponde al 46% de todos los ORC del mundo y hace de la biomasa la fuente de calor más utilizada para las aplicaciones de ORC²⁰. En este sentido la empresa Turboden, es una empresa líder en la aplicación comercial de esta tecnología²¹ y se la selecciona para continuar con el modelado del proyecto.

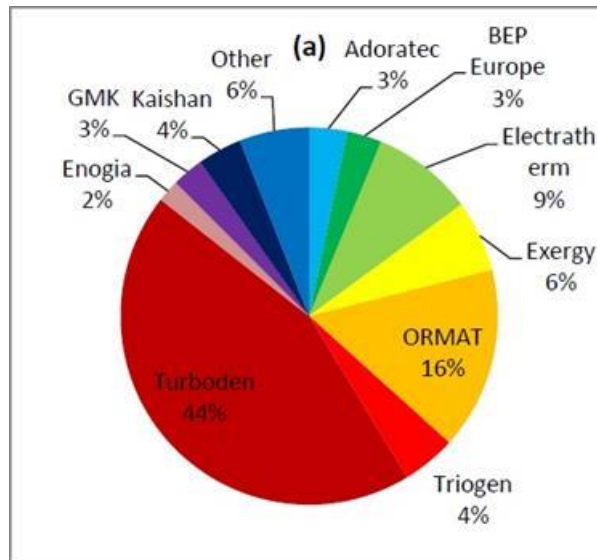


Ilustración 4. Número de referencias de ORC por fabricantes.
Alcance: cobertura global, mediados de julio de 2016.

Leyenda: Distribución de los sistemas ORC instalados en todo el mundo según su fabricante. Otros = ABB, Calnetix, Dürr-Cyplan, Enertime, ENEX, General Electric, gTET, Johnson Control, Opcon, TAS, TMEIC y UTC Power. Fuente: cfr. Figura 5.4.

A continuación, se muestra un diagrama de proceso para el sistema propuesto:

he_new_1000_kWeI_Organic_Rankine_Cycle_process_integrated_in_the_biomass_CHP_plant_in_Lienz_Austria

²⁰ Sanne Lemmens. 2015. Technological innovation in the energy sector: case of the organic Rankine cycle-p. 45.

²¹ Salogni Andrea et. Al, 2017. Operation and maintenance of a biomass fired - Organic Rankine Cycle - CHP plant: the experience of Cremona.

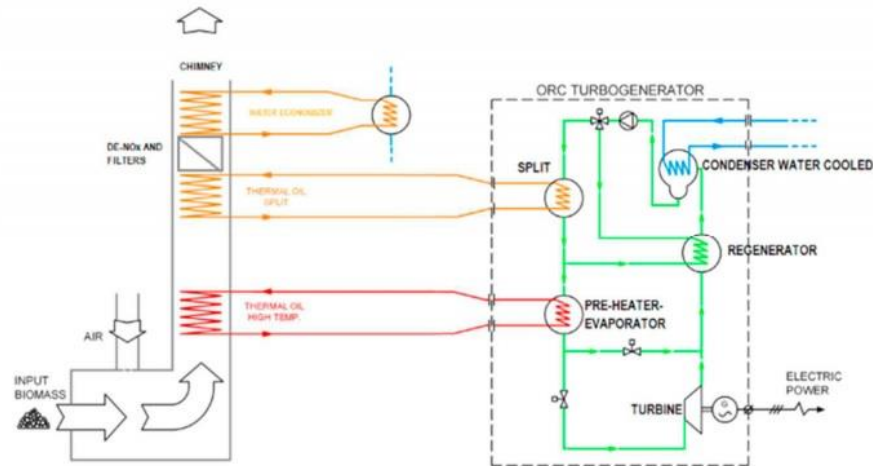


Ilustración 5. Diagrama de proceso ORC más caldera. Fuente: Línea Energía y Turboden²²

La generación eléctrica pura (“power only”) tiene una eficiencia en la planta del orden del 25%, mientras que en cogeneración (CHP) tiene una eficiencia de generación eléctrica del orden de 20%, sin embargo, permite el aprovechamiento térmico como subproducto de la generación eléctrica, a una temperatura mayor que en el caso de generación eléctrica pura. En un punto más adelante se realizará estudio de sensibilidad sobre la venta de la energía térmica.

Se dispone de un Datasheet de la empresa italiana TurboDen (anexo 6), donde se pueden apreciar las características para plantas ORC de diferentes dimensiones.

6.1.1. Demanda eléctrica. Venta de energía a la red eléctrica.

Se plantea la posibilidad de vender energía eléctrica inyectándola directamente a la red, considerando un precio de subasta (licitación) para proyectos de energías renovables.

En esta licitación, se participa según pliego de bases y condiciones con beneficios fiscales y con el aseguramiento de un precio de venta de la energía dado en dólares estadounidenses²³.

Además, posteriormente se realizará un estudio de sensibilidad sobre la venta de energía térmica en el modelo económico, de manera de poder concluir sobre la conveniencia de la implementación de una infraestructura tan costosa como lo es la necesaria para ese subproducto.

²² Salogni Andrea et. Al, 2017. Operation and maintenance of a biomass fired - Organic Rankine Cycle - CHP plant: the experience of Cremona.

²³ <https://www.argentina.gob.ar/renovar>

6.1.2. Conclusión

Ante a la indefinición respecto al posible aprovechamiento térmico, y al probable pequeño valor que finalmente se obtendría con la venta de la energía térmica, se ha optado por analizar como “caso base” la producción exclusiva de energía eléctrica (“Power Only”), sabiendo que puede haber un “upside” con la venta parcial o total de la energía térmica.

6.2. Dimensionamiento de la central de generación eléctrica

Una vez definido el tipo de central, se procede a dimensionar el tamaño de la misma. Inicialmente se calculará la energía bruta disponible en la biomasa estimada anteriormente, luego se calculará la energía neta disponible y se establecerán las horas de funcionamiento de la central para finalmente, calcular la generación y la potencia de la central.

6.2.1. Estimación de la energía aprovechable contenida en la biomasa.

El cálculo de la energía bruta contenida en la biomasa se realiza en base al promedio ponderado del Poder Calorífico Superior (PCS) en base seca (b.s) para las especies más relevantes.

El valor considerado de PCS para cada una de las principales especies de árbol de Buenos Aires, se obtienen de estudios realizados para especies de Argentina²⁴:

²⁴ Fuente: INTA

Tabla 9. Estimativa del PCS b.s promedio de las principales especies de árbol de la CABA

NOMBRE COMERCIAL	%	% ACUM	PCS	
			kcal/kg	MJ/kg
FRESNO AMERICANO	37,42%	37,42%	4.498,00	18,65
PLÁTANO	9,44%	46,86%	4.599,00	19,07
PARAISO	6,55%	53,41%	4.713,00	19,54
FICUS	6,53%	59,94%	4.486,00	18,60
TILO	4,72%	64,66%	4.712,00	19,54
JACARANDA	3,72%	68,38%	4.575,00	18,97
TIPA BLANCA	3,59%	71,97%	4.498,00	18,65
FRESNO (FRESNO COMÚN)	2,82%	74,79%	4.498,00	18,65
CRESPÓN (ÁRBOL DE JÚPITER)	2,75%	77,54%	4.575,00	18,97
LIGUSTRO	2,66%	80,20%	4.486,00	18,60
Otras especies	19,80%	100,00%	4.498,00	18,65
PCS ponderado				18,81

Utilizando este poder calorífico medio de 18,81 MJ/Kg b.s, y a partir de la humedad considerada para madera (astillada) chipiada en el parque de la central del 40%, se ha calculado el poder calorífico neto de la madera húmeda, con la siguiente fórmula:

$$PCI_x = PCI_o * \left(100 - \frac{x}{100}\right) - r * x$$

dónde:

$$r: \text{calor de vaporización del agua} = 0.0249 \frac{MJ}{kg}$$

x : humedad de la biomasa en porcentaje

PCI_x : Poder calorífico neto a volumen constante en [MJ/kg], a la humedad " x "

Empleando la fórmula, se obtiene un valor de poder calorífico neto igual a 10,29 MJ/kg en base húmeda (40%), o 2,86 kWh/kg de madera húmeda.

6.2.2. Tamaño de la central de generación eléctrica a partir de biomasa.

A efectos de obtener una eficiencia en la conversión de energía térmica en energía eléctrica, se ha utilizado la referencia del catálogo de la marca TurboDen (Anexo 6), previo cálculo estimado de la energía contenida en la biomasa.

6.2.2.1. Estimación de la energía en bruto.

Tabla 10. Estimación de la energía en bruto

Biomasa	Total poda [t/Año]	Pérdidas (recolección y transporte)	Total luego de pérdidas [t/Año]	Poder Calorífico Inferior ²⁵ [MJ/Kg]	Energía en Bruto [MWh/Año]
Poda urbana de árboles CABA	79.733	15%	67.773	10,29	24

6.2.2.2. Estimación de la Energía útil.

Es conocido que la eficiencia de la central aumenta de forma directamente proporcional al incremento en el tamaño de la misma, pero la variación entre dos tamaños probables de central (power only, de 5 MW o de 10 MW) es pequeña, de 0,4%, según datos del propio Datasheet de TurboDen, y por lo tanto, se ha adoptado la eficiencia de 25,6%, incluso por estar más del lado conservador del rango.

Se ha estimado que la central trabajará 8.000 horas en el año (de un total de 8.760 horas), considerando paros periódicos para mantenimiento y limpieza.

En base a esta información, se ha estimado el tamaño de la central:

Tabla 11. Energía potencial útil estimada

Biomasa	Energía en Bruto [MW/Año]	Tecnología a Utilizar	Rendimiento Aproximado ²⁶ [%]	Energía Útil [MW]
Poda urbana de árboles CABA	24	ORC	25,6	6,2

Por lo tanto, se plantea una central de 6,2 MW de potencia instalada.

7. Presentación del modelo económico para el “caso base”.

7.1. Identificación de los inputs del modelo

Para elaborar el modelo financiero, la estructura típica es:

- (+) Ingresos
- (-) Costes de operación
- (=) EBITDA
- (-) Depreciación del activo
- (=) EBIT

²⁵ Calculado al 40% de humedad

²⁶ Rendimiento Térmico refiere a la energía que se pierde durante el proceso.

- (-) Intereses
- (=) EBT
- (-) Impuesto de sociedades
- = Resultado neto

Sin embargo, para el cálculo de la rentabilidad del proyecto, hace falta saber el flujo de caja, y para ello es necesario saber la inversión realizada y su distribución en el tiempo, además de saber la distribución en el tiempo de los ítems listados anteriormente.

Macroeconomía: considerando que el modelo se está calculando en euros (de hecho, en Argentina se suelen preparar modelos económicos en dólares estadounidenses), se ha estimado una inflación anual de 2% en euros, para reajustar costes y tarifas.

7.2. Ingresos

7.2.1. Ingresos por venta de Energía Eléctrica

Los ingresos provienen de la venta de energía eléctrica. Posteriormente se podrá evaluar la posibilidad de venta de parte de la energía térmica residual.

A lo largo de las 8.000 horas de funcionamiento, la producción eléctrica de la central de 6,2 MW_e será de aproximadamente 49.600 MWh.

Para estimar el valor unitario de venta de esta electricidad, se ha investigado las subastas más recientes de energías renovables (Programa RenovAr), con precio garantizado, como referencia y conforme las condiciones explicitadas en los pliegos de condiciones²⁷. Para este concurso, la energía se paga en dólares estadounidenses y al valor de 118,67 US\$/MWh²⁸ o lo equivalente a 103,48 €/MWh (considerando el tipo de cambio de 01/10/2017) y este ha sido el valor unitario adoptado como “base”. Costes e inversión

²⁷ <https://www.energias-renovables.com/panorama/la-subasta-de-1-200-megavatios-de-20171020>

²⁸ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20171129_renovarr2-adjudicacion_prensa.pdf
<http://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/RenovAr/RenovAr%20Precios%20Ofertados%2030%20set%202%20decimales.pdf>

7.2.2. Estimativa de la demanda térmica en la zona.

En términos de aprovechamiento residencial, y a pesar de que el Parque Lanús se encuentre en una zona bastante urbana, el área no cuenta con una infraestructura de distribución del calor hacia las casas vecinas. Implementar esta infraestructura resulta complejo desde el punto de vista de ingeniería y extremadamente costoso en términos económicos, por lo cual se ha descartado esta opción.

Si bien la planta estaría ubicada en una zona industrial, sólo se han obtenido datos de una empresa curtidora de cuero “ANAN”, sin embargo, también se ha intentado conseguir datos de otras empresas, como la fábrica de tuberías industriales “Protubo”, aunque no se obtuvieron respuestas de su parte.

Se presenta un estimado de la demanda de energía de la empresa curtidora de cueros para obtener conclusiones acerca de la posibilidad de venta de la energía térmica.

Se relevaron datos de consumo de gas natural durante una semana de una de las fábricas ubicada en las inmediaciones de la planta de cogeneración. La fábrica utiliza vapor calefactor a baja presión para realizar tareas de curtido de pieles. A partir de los datos adquiridos se realizaron los siguientes cálculos:

Tabla 12. Estimativa de la demanda de calor en fábrica de curtiembre

DEMANDA DE CALOR EN FÁBRICA DE CURTIEMBRE		
Descripción	Valor	Unidades
PCS GN (GN: gas natural)	9300	kcal/m ³
PCI GN	8300	kcal/m ³ (Minem)
Consumo diario GN	800	m ³ /día*
Consumo mensual GN	17600	m ³ /mes
Energía (kcal/mes)	146080000	Kcal/mes
Energía (MJ/año)	7327372,8	MJ/año
Energía (MWh/año)	2035,38	
Demanda anual=d/m*hr/d*12m	1920	hr/año
Demanda de calor (MW/año)	1,06	MW/año
Precio del m ³ de GN	5,075673	\$ARS/m ³
Costo de la Energía actual	28972,49	U\$d/año

*por día trabajado

1 MWh 3600 MJ

1 kcal son 4,18 KJ

De los resultados obtenidos, se puede concluir que, en esta instancia se descarta la opción de venta de energía térmica a fábricas aledañas, ya que la baja demanda térmica y el bajo precio de venta del gas natural, hacen poco competitiva a la tecnología propuesta.

7.2.3. Costes de Operación y mantenimiento

Este estudio se basa en referencias bibliográficas respecto al valor de O&M de las centrales de generación eléctrica con biomasa y ORC.

Se ha encontrado una referencia de un coste de 2,4 €/MWh en una planta de ORC que aprovecha el calor residual de una fábrica de cemento (Holcim/Lafarge)²⁹, por lo que este valor no contiene el costo equivalente a la caldera. Para el costo equivalente a la caldera, se adopta una referencia bibliográfica del estudio “Technological innovation in the energy sector: case of the organic Rankine cycle”, referenciado anteriormente.

Considerando que se trata de un valor menos importante en el negocio que otros, como el Capex o el precio de la energía, se adoptará este coste, que será multiplicado por la producción eléctrica anual esperada.

También se ha añadido al coste de operación la totalidad del coste de transporte de la biomasa desde los barrios a la central, nuevamente de forma conservadora, como aliciente al proyecto, considerando que se podría haber tomado solamente la diferencia de coste respecto al transporte al CEAMSE que actualmente se incluye dentro de los costos de gestión del residuo.

Como se mencionó anteriormente, la construcción del Puente Lacarra, que cruza el río Matanza Riachuelo prácticamente a la altura del Parque Lanús acortará mucho los trayectos hacia el mismo, pero no se puede concretar datos al respecto actualmente.

7.2.4. Inversión

7.2.4.1. Terreno

En una fase anterior de este trabajo, se ha realizado una investigación exhaustiva respecto a los costes para adquisición del solar en el que se implantaría la central y se ha llegado a la conclusión de que el m² cuesta 8.254 pesos por m² en la zona del Parque Lanús (unos 180 euros por m²).

Solo en el almacenaje de la biomasa, también ya desglosado en capítulos anteriores del proyecto, se requiere un área conforme la potencia de la central de 8,5 ha. Se ha aumentado esta área en un 10%, considerando que la proyección en planta de la propia central no está considerada en el área. Sin embargo, el precio unitario de venta de los terrenos se refería a terrenos en la zona, pero con un área significativamente inferior a lo que finalmente se necesitará, y por lo tanto se ha aplicado un reductor en el precio por

²⁹ Hochschule Luzern. 2015. Technical and economical experiences with large ORC systems using industrial waste heat streams of cement plants

m² de 50% en función de las dimensiones del área demandada, por lo tanto, el precio del solar está estimado en 8,29 millones de euros.

7.2.4.2. Equipos y construcción de la central

Con relación al tema Capex, en base a referencias bibliográficas encontradas en la tesis doctoral de Sanne Lemmens para la Universidad de Antuerpia, intitulada “A perspective on costs and cost estimation techniques for Organic Rankine Systems”, se habla de técnicas para estimativa de costes de inversión para este tipo de central, conforme el grado de evolución del estudio (también conforme la American Association of Cost Engineering, AACE), como se puede observar en la tabla debajo:

Tabla 13. Costos de inversión por tipo de central según su grado.

Class	Type of estimate	Description	Accuracy ranges
5	Order-of-magnitude estimate (also Ratio / Feasibility)	Based on limited information. Concept screening.	Low: -20% to -50% High: +30% to +100%
4	Study estimate (also Major Equipment / Factored)	List of major equipment. Project screening, feasibility assessment, concept evaluation, and preliminary budget approval.	Low: -15% to -30% High: +20% to +50%
3	Preliminary Design estimate (also Scope)	More detailed sizing of equipment. Budget authorization, appropriation, and/or funding.	Low: -10% to -20% High: +10% to +30%
2	Definitive estimate (also Project Control)	Preliminary specification of all the equipment, utilities, instrumentation, electrical and off-sites. Control or Bid/Tender.	Low: -5% to -15% High: +5% to +20%
1	Detailed estimate (also Firm / Contractor's)	Complete engineering of process and related off-sites and utilities required. Check Estimate or Bid/Tender.	Low: -3% to -10% High: +3% to +15%

Fuente: tesis doctoral Sanne Lemens

El nivel de desarrollo de este trabajo sería el de orden de magnitud (Clase 5).

El mismo trabajo habla de un coste de una central de Biomasa ORC cuyo coste por kW de potencia ha sido de 4.500 €/kW (en precio del año 2013), con una potencia de 1.803 kW. Este precio incluye los costes directos (equipos, material, mano de obra, etc.), indirectos (ingeniería, construcción y contingencias), y otros (working capital, costes de implementación), y que una de las formas de estimar el coste es conforme la siguiente fórmula:

$$\frac{Ca}{Cb} = \left(\frac{Aa}{Ab}\right)^n$$

siendo “a” y “b” respectivamente los parámetros desconocidos y conocidos, “C” corresponde a costes/inversión y “A” el atributo de la central, que puede referirse a la potencia instalada.

Haciendo un paralelo con los datos, se llegaría a:

$$\frac{Ca}{8113,5} = \left(\frac{6,2}{1,803}\right)^{0,6}$$

Luego: Ca = 17.023 miles de €

Se trata de un valor desactualizado en el tiempo. Actualizando estos 5 años por inflación, se llegaría a un valor actualizado de 17.757 (considerando mes inicial septiembre/2013, mes final septiembre/2018).

Este valor corresponde a 2.864 euros por kW. Conviene notar que, con la propia metodología del AACE, la variación a este nivel de estimativa puede ser enorme, entre el -50% y el +100%, correspondiendo a un rango de:

Mínimo: 1.432 euros/kW

Máximo: 5.728 euros/kW.

Al coste estimado en 17.757 mil euros habría que sumar la adquisición del solar para tener una idea más clara (aunque en orden de magnitud) del coste de inversión completo para la planta, y este es el valor que será considerado para el modelo “caso base”.

7.3. Financiación

A efectos de este trabajo se va a evaluar la viabilidad del proyecto basada en su generación de caja considerando la inversión hecha al 100% con recursos propios (rentabilidad de proyecto), pudiendo ser un *upside* a considerarse la financiación del mismo.

7.4. Otros beneficios fiscales

Además de la exención fiscal del IVA, se permite la amortización anticipada de la inversión en 14 años (con una vida útil de 20 años de la central), lo que genera menor presión fiscal anualmente durante los 14 años iniciales en los que se amortiza la inversión, lo que es un beneficio a nivel de flujo de caja.

7.5. Modelo económico de viabilidad

Basado en los inputs al modelo, descriptos anteriormente, se ha elaborado un modelo financiero “caso base”, con las siguientes premisas de cálculo:

Tabla 14. Premisas de cálculo de la TIR para el proyecto

Descripción	Valor	Unidades
Datos de la Central		
Potencia central	6,2	MW
Vida útil	20	años
Horas operación central	8000	horas/año
Precio de venta de la energía eléctrica	103,48	€/MWh
Aprovechamiento térmico (%)	0%	
CAPEX		
Adquisición del solar	8.293,00	miles €
Coste construcción/montaje/equipos	17.757	miles €
Total CAPEX	26.050,00	miles €
OPEX		
Coste anual de O&M	2,40	€/MWhe
Transporte por año	1.237	miles €
Depreciación		
Forma depreciación	Lineal	(lineal)
Impuestos		
Impuesto sociedades	35%	

Se está trabajando con un impuesto a las sociedades del 35% sobre el resultado antes de impuesto.

Con estas premisas, se obtiene una TIR del modelo en el caso base de **11,7%** en euros nominales, una TIR bastante buena, considerando que se trata de una TIR sin financiación [“TIR de Proyecto” en jerga financiera]. Dependiendo del coste de financiación, TIRs tan bajas como 8% pueden traducirse en proyectos viables financieramente.

Además, el modelo es conservador en varios aspectos. Resumiendo los principales:

- El precio del terreno es bastante alto y supone una inversión de más de 8 millones de euros (cerca de un 30% de la inversión total del proyecto), por estar en una zona urbana de la Región Metropolitana de Buenos Aires. Se puede optimizar este valor llevando la biomasa a un sitio de almacenamiento desplazado de esta región, aunque esto también vaya a significar un aumento en el coste del transporte.
- No se está considerando nada de la venta de la energía térmica residual del proceso, lo que puede proporcionar ingresos extra al proyecto.

Las cuentas de resultados y los flujos de caja del modelo “caso base” se pueden observar en el anexo 7 de este documento.

8. Evaluación de los beneficios ambientales y sociales.

8.1. Cálculos del ahorro en el coste ambiental.

En este proyecto se propone realizar un aprovechamiento eficiente de estos residuos de poda mediante su combustión controlada, de esta forma la etapa de generación se constituye como carbono neutral. Además, la no disposición de esos “residuos” en vertederos también constituye una disminución de las emisiones.

Para este estudio, se plantea calcular el ahorro en t de CO₂ equivalentes que implica la implementación de la propuesta de generación con biomasa. El cálculo del ahorro de emisiones de efecto invernadero con la nueva situación viene dado por la comparación entre las emisiones generadas por:

1. La diferencia de emisiones del transporte de biomasa entre el CEAMSE y Parque Lanús.
2. Las emisiones por generación eléctrica con una central de 49.586 MWh tradicional con combustibles fósiles y
3. Las emisiones debidas a la disposición actual de los residuos en vertederos.

Las emisiones por generación eléctrica, se calculan utilizando el factor de emisión de CO₂ de la Red Eléctrica Argentina (FE en tCO₂/MWh), obtenido para la matriz energética en dicho país³⁰, y se multiplica éste por los MWh del proyecto.

Para comprender mejor el valor de FE brindado por el ministerio de energía y minería, se siguió la guía propuesta por dicho ministerio, donde se indica la utilización de la herramienta metodológica aprobada por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), denominada: “Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Version 4.0”³¹.

Se indica además que el factor de emisiones así calculado puede ser utilizado por: proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables conectados a la red eléctrica argentina; que reduzcan el consumo de electricidad de la red eléctrica argentina; y que consuman energía eléctrica de la red eléctrica argentina.

El valor utilizado del factor de emisiones para la generación de energía eléctrica es el correspondiente al “margen combinado”, calculado según la siguiente fórmula:

$$FE_{CM} = w_{BM} \times BM + w_{OM} \times OM$$

Donde:

BM es Margen de Construcción y OM es Margen de Operación.

w_{BM} y w_{OM} son factores de ponderación, en general el valor a adoptar es 0,5.

³⁰ Factor_Emision_2015_1 (<http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>)

³¹ <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v4.0.pdf>

El Margen de Construcción estima el factor de emisión (FE) de las nuevas plantas que hubiesen sido construidas en lugar del proyecto MDL propuesto, mientras que el Margen de Operación estima el factor de emisiones de las plantas que hubiesen operado en lugar del proyecto MDL propuesto³².

A continuación, se muestra una tabla con los valores obtenidos para emisiones en toneladas de CO₂ equivalentes cuando la generación eléctrica de 49.586 MWh, se realiza con combustibles fósiles:

Tabla 15. Cálculo de las emisiones de una central convencional equivalente a la del proyecto.

Descripción	Valor	Unidades
Margen de Construcción 2015	0,440	t CO ₂ /MWh
Margen de Operación 2015	0,535	t CO ₂ /MWh
FE (Margen Combinado 0,5 BM y 0,5 OM)	0,487	t CO ₂ /MWh
Generación Central	49.586	MWh
Cálculo de las emisiones Totales	24.148	t CO ₂ /año

El resultado de cuantificar las cantidades emitidas de CO₂ a la atmósfera si la central generase electricidad a partir de combustibles fósiles, es de 24.148 t de CO₂ equivalentes al año.

Como se ha mencionado anteriormente, también se deben tener en cuenta las emisiones generadas cuando los residuos de poda son dispuestos en vertedero y se degradaran anaeróbicamente, para sumarlos al valor de t CO₂ equivalentes de la central convencional. Según datos del Gobierno de la CABA, el relleno sanitario de CEAMSE liberó en 2014, 1.651.439 t de CO₂ equivalentes³³ y, en promedio en el periodo bajo estudio desde 2009 a 2014, liberó unas 1.499.389 t CO₂e debidas a las recepción de unas 1.856.940 t de residuos al año. Con estos dos últimos datos, realizando el cociente, se obtuvo un factor de emisiones de CO₂ equivalente estimado de 0,807 t CO₂/t residuos enviados al relleno sanitario de CEMASE.

Con este factor y multiplicando por el total de poda aprovechable de 67.773 t, se obtiene el valor de emisiones por vertido de la poda en relleno sanitario de:

³² CALCULO DEL FACTOR DE EMISIONES DE CO₂ DE LA RED ARGENTINA DE ENERGIA ELECTRICA. AÑO 2015.

³³

<http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimatico/mitigacion/inventario-de-geis>

Tabla 16. Cálculo de emisiones por disposición en vertedero datos Gobierno de CABA

Descripción	Valor
Factor de emisiones de CO ₂ por tonelada de relleno sanitario	0,807 t CO ₂ / t residuos
Toneladas aprovechables de poda	67.773 t
Emisiones de CO ₂ equivalentes (vertedero)	54.723,4 t CO ₂ /año

Las emisiones correspondientes a utilizar la biomasa como combustible son neutras, ya que el CO₂ emitido en la combustión ha sido absorbido previamente de la atmósfera; pero la gestión de la misma sí genera emisiones que vienen dadas por la suma de emisiones en el astillado, en el transporte y por amortización de la planta. Sin embargo, se considera que las emisiones durante el astillado y las correspondientes a la amortización de la planta, son muy pequeños frente al aporte que hace el transporte de la misma.

Adoptando entonces las emisiones generadas por la diferencia en el transporte de la biomasa como se hace actualmente (Emisiones CEAMSE) y el transporte hacia la planta de generación (Emisiones CENTRAL). El resultado de la diferencia serán las emisiones por el uso de biomasa para el proyecto, los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Cálculo de emisiones por uso de biomasa para generación de electricidad

Descripción	Valor	Unidades
Consumo Diesel-CEAMSE	117.294,7	L
Consumo Diesel-CENTRAL	55356,1	L
Densidad Diesel	0,840	Kg/L
toneladas Diesel-CEAMSE	98,5	t
toneladas Diesel-CENTRAL	46,5	t
FE diesel	3,186 ³⁴	Kg CO ₂ e/t diesel
Emisiones-CEAMSE	314	t CO ₂ e
Emisiones-CENTRAL	148	t CO ₂ e
Diferencia entre las emisiones	166	t CO ₂ e

En este caso, el ahorro total en las emisiones de CO₂ equivalentes, serán la diferencia entre las emisiones por generación con combustibles fósiles más las emisiones por disposición en vertedero y las emisiones por el transporte de la biomasa (considerado como la diferencia entre emisiones por la gestión actual y la propuesta), resultando un ahorro final de:

$$\text{Emisiones } CO_2e [t] = 78.871 t CO_2e - 166 t CO_2e = \mathbf{78.705 t CO_2e}$$

Por lo tanto, debido a la generación de electricidad a partir de biomasa y a la no disposición de los residuos en vertedero, en total se obtiene un ahorro de **78.705 t CO₂ equivalentes al año**, al aprovechar estos residuos para generación de energía eléctrica.

³⁴ <http://huelladecarbono.minenergia.cl/combustible-chile>

8.2. Estimación del beneficio social al implementar el proyecto.

Para analizar la generación de empleo, se deben tener en cuenta tres puntos principales: (1) etapa de construcción, (2) operación y mantenimiento (O&M) y (3) aprovisionamiento de biomasa.

Comenzando por la etapa de construcción, se utilizará la fracción correspondiente a este ítem dentro del indicador de empleo directo para energías renovables en la Argentina por MW (IEDER). El siguiente cuadro muestra por valores obtenidos para las diferentes licitaciones del plan Renovar:

Tabla 18. Indicador de Empleos/MW en proyectos de energías renovables en Argentina³⁵.

IEDER				
Tecnología	Construcción			O&M
	Año 1	Año 2	Año 3	
BIOGÁS	9,7	13,1	3,2	4,6
BIOMASA	4,3	7,3	4,4	2,2
BRS	6,7	0,8	0,1	4,2
PAH	13,2	13,5	11,5	2,5
EÓLICO	1,6	1,9	0,7	0,2
SOLAR	2,3	2,8	0,2	0,2

Fuente: www.argentina.gob.ar

Según se observa en el cuadro se generan 16 empleos/MW en el periodo de tres años que involucra la fase de construcción. Multiplicado por los 6,2 MW del proyecto propuesto, se obtiene un total de **99 puestos** de trabajo en esta etapa.

Para calcular los empleos generados en la etapa de O&M se utilizaron los datos de la tabla 18 y se compararon con los observados en la tabla 19.

Según IRENA el empleo generado por proyectos de energías renovables es como sigue:

³⁵ <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/empleorenovable.pdf>

Tabla 19. Datos de empleo generado por tipo de energía renovable en Argentina. 2017

Tipo de energía	Empleos por MW (empleos/MW instalados) según IDAE	Estimación de empleos generados según IRENA con indicadores de Europa
Eólica	0,12 (2.316 / 19.144)	460
Biogás	0,27 (43 / 160)	16
Solar fotovoltaico	0,37 (1.274 / 3.442)	1960
Biomasa	2,54 (1.261 / 497)	475

El valor de 2,54 empleos por MW es muy similar al obtenido en el IEDER (2,2 empleos/MW), por lo tanto, se utilizará este último por ser un resultado obtenido para proyectos en Argentina. Se observa además, que socialmente el factor de generación de empleo con biomasa (2,2 empleos/MW instalados), es mayor que con las demás energías renovables (excepto biogás que también podría considerarse proyectos de biomasa), sin embargo hay que tener en cuenta que la cantidad de MW generados a partir de esta fuente renovable, ya que posee limitaciones grandes en su rentabilidad, haciendo poco atractiva la implementación de este tipo de proyectos, además de tratarse de un recurso difícilmente cuantificable.

En ese sentido, es importante comparar el factor de empleabilidad con la estimación de la generación empleo del año 2017, realizada para la segunda ronda de la licitación RenovAr, utilizando datos de IRENA con indicadores europeos en función de la potencia instalada en Argentina según cada tipo de energía renovable.

Allí se puede observar que las energías eólica y biomásica tienen una cantidad equivalente de empleos generados, indicando que ambas renovables tienen potencial similar de generación de empleo.

A los fines de cuantificar la cantidad de empleo en O&M para el caso del proyecto planteado, se utilizaron los datos empleo generado por MW instalado a partir de biomasa, y la potencia instalada de la planta de generación, obteniendo un resultado de:

Tabla 20. Cálculo del empleo generado por O&M para el proyecto de 6.2 MW de potencia instalada.

Descripción	Valor
Factor de empleo para Biomasa	2,2 empleos/MW instalados
Potencia Instalada	6,2 MW
Empleo generado en O&M	14 puestos de trabajo

En el caso de la generación de empleo por aprovisionamiento de la biomasa (recolección y transporte), se utilizarán los cálculos realizados en el apartado 5.1.4. Donde se estima que serán necesarios 17 camiones trabajando doble turno (2 puestos fijos de trabajo para conductores de camión, uno por cada turno); además se suman dos puestos más por turno por camión para personal de cuadrilla de recolección; estos empleos se concentran en 5

meses de trabajo. Utilizando la siguiente ecuación, se obtienen los empleos generados en el aprovisionamiento:

$$Empleos_{Abastec o transporte} = 17 \text{ camiones} * 2 \frac{\text{empleos}}{\text{camión}} + 17 \text{ camiones} * 2 \frac{\text{cuadrillas}}{\text{camión}} * 2 \frac{\text{empleos}}{\text{cuadrilla}}$$

$$\mathbf{Empleos_{Abastec o transporte} = 102 \text{ empleos}}$$

Estos **102 empleos en el aprovisionamiento** de biomasa serían generados de manera directa durante los 5 meses de poda.

Finalmente, es posible generar unos 14 puestos de trabajo durante la operación y mantenimiento, 99 puestos de trabajo durante la construcción de la central y 102 empleos en el aprovisionamiento de la biomasa para la planta.

9. Evaluación de posibles “upsides” del proyecto

En función de lo dicho anteriormente, el proyecto tiene posibilidades de mejora de la rentabilidad ya identificadas, y se estudiará el impacto en la TIR derivado de:

1. Obtención de financiación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
2. Estudio de la alternativa de transporte a una ubicación a las afueras de la región metropolitana de Buenos Aires

9.1. Financiación con el BID

El BID acaba de disponer de un crédito de entre 100 y 400 millones de dólares para financiación de proyectos de energías renovables³⁶.

Este préstamo tiene un coste de LIBOR + 0,75% al año. No hay datos respecto al LIBOR de largo plazo, pero considerando que el EURIBOR subirá a medio plazo hacia los 2%, se ha considerado una situación análoga para el LIBOR, lo que supondría un coste total de la deuda de 2,75%.

Insertando este dato en el modelo, incluyendo la financiación del 70% de la infraestructura (80% es un porcentual muy común de financiación en proyectos de infraestructura y energía, incluso pudiendo ser más alto, con lo que 70% es conservador), se obtiene una TIR de equity de **32,5%** en las premisas del caso base, lo que es una rentabilidad muy alta bajo cualquier punto de vista.

El modelo con la financiación se encuentra en el anexo 8 a este documento.

³⁶ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-bid-aprobo-creditos-por-usd-400-millones-para-impulsar-las-inversiones-y-financiar>

9.2. Evaluación del impacto de trasladar el sitio de almacenamiento a las afueras de la Región Metropolitana de Buenos Aires

Una de las principales partidas de coste en el modelo financiero es el coste de la adquisición del solar para construcción de la central, no solo por las dimensiones de la misma en sí, sino principalmente por el gran espacio necesario para el almacenamiento de la biomasa para la operación ininterrumpida de la central.

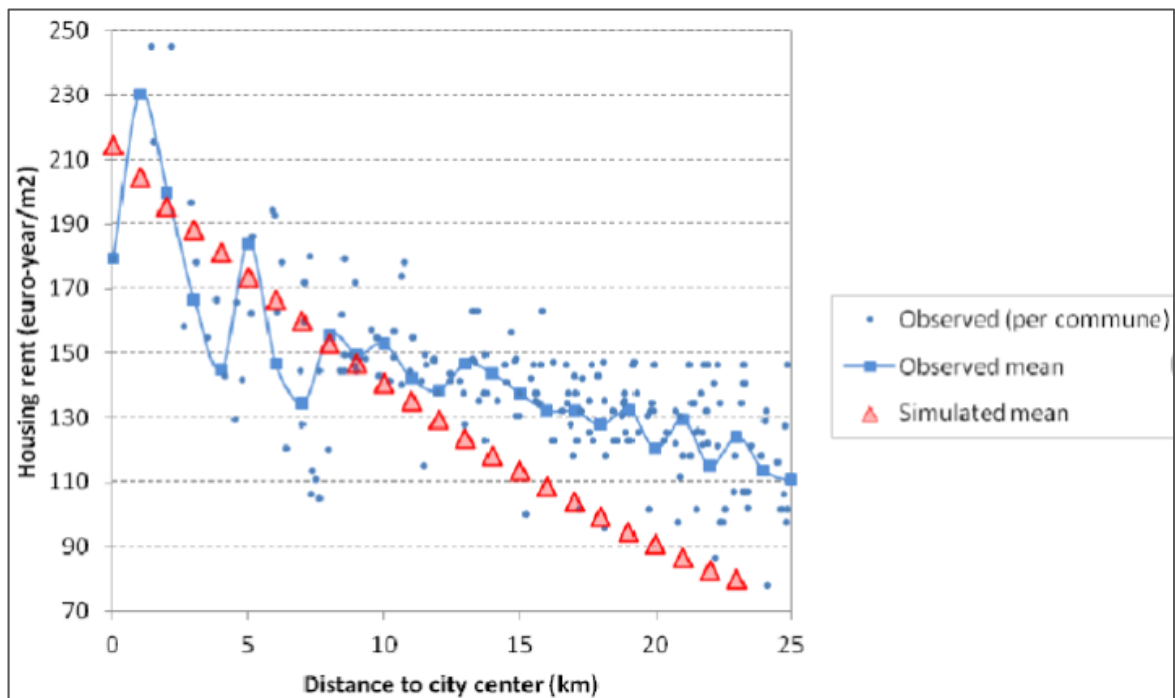
Por lo tanto, se ha estudiado la alternativa de construir la central de Lanús y almacenar provisionalmente la biomasa a las afueras de la región metropolitana (i.e. a aproximadamente 20 km de la central de Lanús), pagando un precio de adquisición de la tierra en una fracción del actual, aunque, aumentando los costes de transporte para llevar y traer las astillas a la central para su combustión.

La estimativa del coste extra es:

Tabla 21. Coste extra de transporte por almacenamiento descentralizado

COSTE DISTANCIA EXTRA DE TRANSPORTE		
Descripción	Valor	Unidades
Distancia a Lanús	20	km
Distancia urbana (v= 30 km/h)	5	km
Distancia rural (v=75 km/h)	15	
Precio tierra	44%	del valor en Lanús
Tiempo Carga	1	Horas
Tiempo descarga	1	Horas
Coste combustible	0,3386	€/km
Coste espera	36,32	€/h
Coste rodando	36,41	€/h
Coste camión en movimiento	20,12	€/viaje
Coste camión parado	72,64	€/viaje
Coste total por viaje	92,76	€/viaje
Cantidad de viajes	9173	viajes
Coste extra anual	850.909	euros

Los costes con transporte y su razonamiento se han hecho con anterioridad en este trabajo, pero el valor correspondiente a la tierra y la distancia es una premisa de cálculo, basada en estudios científicos, cuyos resultados se pueden apreciar en el siguiente gráfico³⁷:



*Ilustración 6. Precio de la renta en euros-año/m² en función de la distancia a la ciudad.
Fuente: www.researchgate.net/figure/Observed-housing-rent-and-rent-simulated-by-the-agent-based-model_fig5_262599094*

En el promedio simulado, se puede observar que Lanús (que estaría ya a una distancia de unos 5 km del centro), por lo tanto, estaría en un valor correspondiente a 180 euros por m² (lo que, por cierto, concuerda con el valor investigado para esta zona). En base a este estudio, un terreno a 20 km de distancia tendría un valor de 80 euros por m², o un equivalente al 44% del valor de Lanús.

Sustituyendo estos resultados en el modelo, la TIR porcentual baja ocho décimas, de 11,7% a 10,9%, por lo que, no se puede considerar esta alternativa como interesante desde el punto de vista económico.

³⁷ https://www.researchgate.net/figure/Observed-housing-rent-and-rent-simulated-by-the-agent-based-model_fig5_262599094

10. Evaluación de la sensibilidad del modelo “caso base” a las principales variables

Se ha utilizado la fórmula Excel de “tabla”, para diseñar escenarios de sensibilidad a distintas variables que pueden afectar el modelo.

Las variables identificadas son:

- Precio de la energía
- Coste adquisición del solar
- Coste construcción de la central
- Coste O&M
- Coste con transporte

Se ha preestablecido el rango de variaciones entre 70% y 130% de los valores del caso base. Todos los valores se interceptan en el punto central del gráfico, donde la TIR de proyecto del caso base es de 11,7%, y varían conforme se puede observar en el siguiente gráfico:

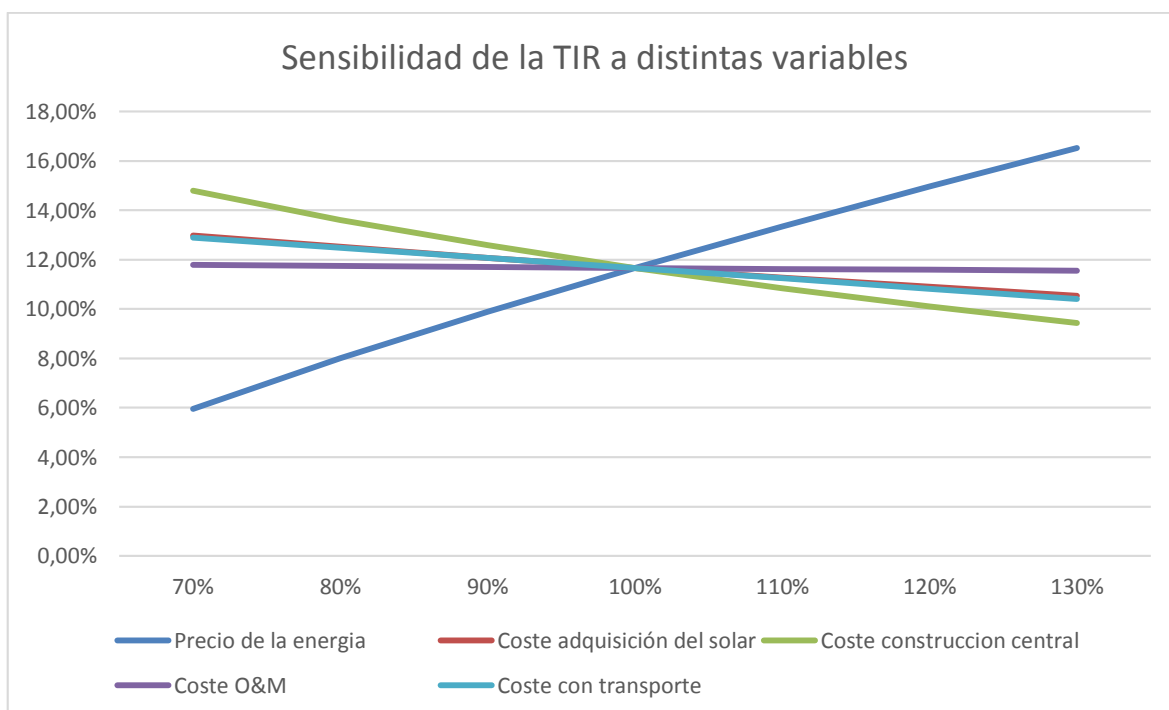


Ilustración 7. Gráfico de Sensibilidad de la TIR de proyecto variando cada una de las principales variables de estudio

Las variables se modifican de forma independiente, esto es, las variaciones de la TIR son exclusivas para cada variable, manteniendo las demás inalteradas con relación al caso base.

Como se puede ver, el modelo es más sensible al precio de la energía que a cualquier otra variable, el coste de construcción de la central (Capex) y el de O&M van casi en paralelo.

10.1. Sensibilidad a la venta de energía térmica residual

El modelo “caso base” no considera venta de energía térmica residual. Sin embargo, se ha tratado de estimar esta posibilidad como otro de los puntos pasibles de mejora de la rentabilidad del proyecto. En este escenario, se ha estimado que el precio unitario de la misma tendrá como base el precio del gas (por kWh), añadiendo al mismo un descuento del 15% para incentivar la venta, por lo tanto:

Precio 1 MWh energía térmica con gas:	13,2 euros
Precio 1 MWh energía térmica de esta central:	11,2 euros

Para aprovechar la energía térmica, hace falta incluir al caso base una inversión adicional al Capex, así como considerar costes anuales incrementados, por añadir a la estructura original (eléctrica), los equipos e instalaciones auxiliares para extraer energía térmica del sistema. Se ha considerado para esta hipótesis un aumento de 10% para el Capex y 5% en el Opex anual.

Se han variado los porcentajes de aprovechamiento de la energía térmica residual, que se ha calculado como:

Descripción	Valor	Unidades
Energía total de la madera:	193.697	MWh
Energía aprovechada para generación eléctrica:	49.587	MWh
Energía térmica máxima total disponible:	144.111	MWh
Pérdidas con transporte (10%):	14.411	MWh
Energía neta disponible máxima:	129.700	MWh

Considerando esta cantidad como máxima, se han hecho escenarios para venta de la misma, de cero (caso base) hasta 100%, y la variación de la TIR obtenida es:

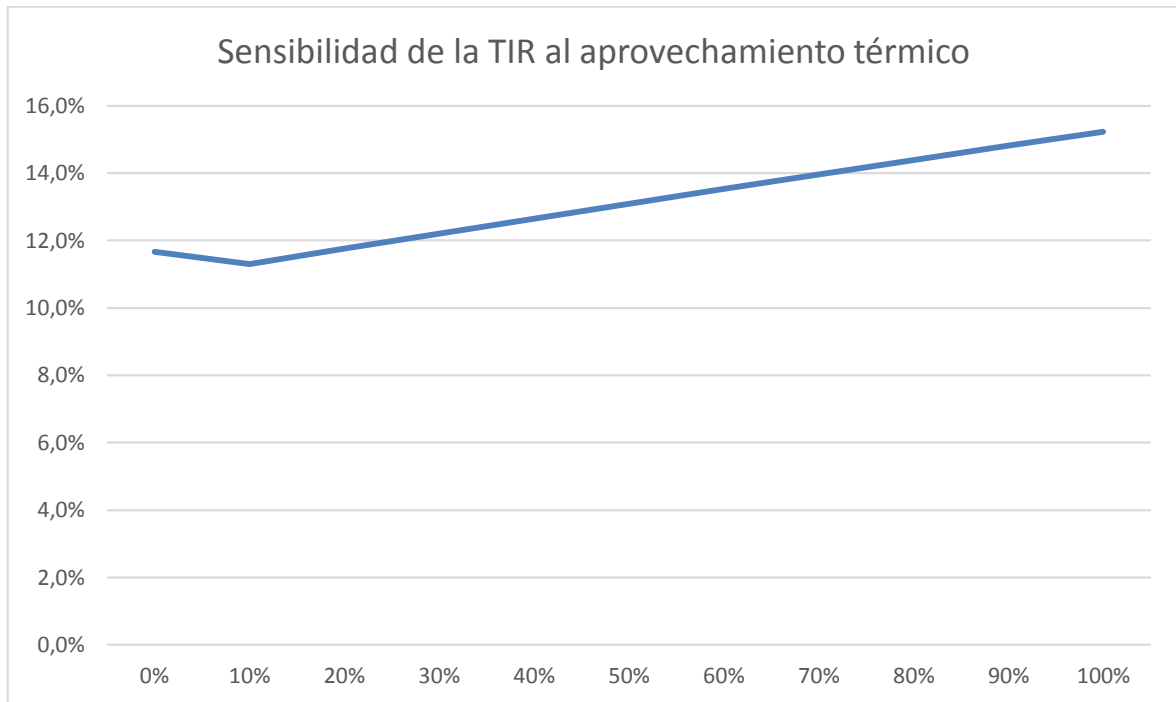


Ilustración 8. Sensibilidad de la TIR frente al porcentaje de venta de energía térmica.

Como se puede observar, la TIR baja ligeramente al inicio por la necesidad de mayor inversión, volviendo a cruzarse con la TIR original en algún punto entre el 10% y el 20% de la energía térmica vendida, y alcanzando una TIR prácticamente 4% superior a la original en el hipotético caso de venta de la totalidad de la energía térmica.

11. Conclusiones y recomendaciones

- El potencial de generación térmica de la poda troceada en el lugar de la recolección con un 40% de humedad es de 2,86 kWh/kg
- La central propuesta con tecnología ORC (Organic Rankine Cycle) trabajará con una eficiencia del 25,6%, unas 8.000 hr/año, la potencia instalada será de 6,2 Mwe y la Generación de Energía Eléctrica se estima en 49.600 MWh.
- El precio de venta de la energía se adopta del valor propuesto por el Plan Renovar en la última licitación adjudicada. Este valor asciende a 103,48 €/MWh
- En base a los cálculos de CAPEX para la central de generación con biomasa, se obtiene un valor de 2,9 €/W, sin considerar el costo del terreno, y de 4,2 €/W incluyéndolo. Estos valores están en línea con un estudio paramétrico realizado sobre Capex en plantas de similares características.
- El costo del terreno asciende a 8,29 millones de euros y representa aproximadamente más del 30% del total de la inversión. La alternativa de descentralizar el almacenamiento de la biomasa disminuye la TIR del caso base, y además puede acarrear problemas de logística y medioambientales (más camiones circulando, emitiendo más CO₂).
- La TIR del proyecto sin financiamiento resulta en 11,7%. Cuando se emplea financiamiento externo con un crédito blando como el del BID, la TIR de equity obtenida sería de 32,5%.
- Respecto a los resultados del análisis ambiental se estima un ahorro de 78.705 tCO₂ equivalentes al año, debidos a la implementación del citado proyecto. También se estimó que es posible generar un total de 215 empleos directos: 14 nuevos puestos de trabajo en el desarrollo y operación, 99 empleos en la fase de construcción de esta central y 102 en el aprovisionamiento de la biomasa.
- El proyecto es ampliamente viable y sostenible técnica, económica y socialmente a título de pre-factibilidad, como se ha podido observar a lo largo de este documento, siempre y cuando se consiga un precio contractual de la generación de energía similar al del programa RenovAr, que tiene como uno de los objetivos el incentivo a las energías renovables en el país y un crédito de financiación blando como el ofrecido por el BID.
- Se recomienda la instalación de Capex adicional de cara a una posible venta de la energía térmica residual a la generación eléctrica, teniendo en cuenta que la venta tan solo de una parte de la misma (menos del 20%, altamente factible), ya justificaría la inversión.

Por lo tanto, se recomienda proceder al estudio de viabilidad completo del mismo.

12. Anexo 1. Algoritmo para el cálculo de distancias.

Algoritmo para cálculo de las distancias entre dos puntos en GoogleMaps (extraído de la página web <https://www.chicagocomputerclasses.com/google-sheets-google-maps-function-distance-time/>)

```
/**
 * Get Distance between 2 different addresses.
 * @param start_address Address as string Ex. "300 N LaSalles St, Chicago, IL"
 * @param end_address Address as string Ex. "900 N LaSalles St, Chicago, IL"
 * @param return_type Return type as string Ex. "miles" or "kilometers" or "minutes" or
 "hours"
 * @customfunction
 */
function GOOGLEMAPS(start_address,end_address,return_type) {
  // https://www.chicagocomputerclasses.com/
  // Nov 2017
  // improvements needed
  var mapObj = Maps.newDirectionFinder();
  mapObj.setOrigin(start_address);
  mapObj.setDestination(end_address);
  var directions = mapObj.getDirections();
  var getTheLeg = directions["routes"][0]["legs"][0];
  var meters = getTheLeg["distance"]["value"];
  switch(return_type){
    case "miles":
      return meters * 0.000621371;
      break;
    case "minutes":
      // get duration in seconds
      var duration = getTheLeg["duration"]["value"];
      //convert to minutes and return
      return duration / 60;
      break;
    case "hours":
      // get duration in seconds
      var duration = getTheLeg["duration"]["value"];
      //convert to hours and return
      return duration / 60 / 60;
```

```
break;
case "kilometers":
    return meters / 1000;
break;
default:
    return "Error: Wrong Unit Type";
}
}
```

13. Anexo 2. Cálculo de las distancias desde los barrios al CEAMSE.

Tabla 22. Distancia de los centros de los barrios a Subestación CEAMSE-Flores.

Barrio	Dirección Estimada del Centro del Barrio	Dirección CEAMSE	Distancia (km)
AGRONOMÍA	2527 Av. Francisco Beiró, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	9,1
ALMAGRO	3916 Avenida Díaz Vélez, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,6
BALVANERA	2415 Avenida Rivadavia, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	8,2
BARRACAS	2406 Avenida California, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	7,3
BELGRANO	1742 Avenida Juramento, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	13,5
BOCA	870 Avenida Almirante Brown, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	9,5
BOEDO	3702 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	4,5
CABALLITO	704 Neuquén, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	5,2
CHACARITA	4028 Avenida Jorge Newberry, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	9,6
COGHLAN	2897 Avenida Roque Pérez, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	13,9
COLEGIALES	906 Avenida Zapiola, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	10,7
CONSTITUCIÓN	1300 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	11,2
FLORES	2644 Avenida Eva Perón, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	1,8
FLORESTA	502 Calle Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	4,7
LINIERS	509 Avenida Murguiondo, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,9
MATADEROS	1998 Avenida Oliden, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	5,9
MONTE CASTRO	4982 Avenida Álvarez Jonte, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	7,7
MONTSERRAT	919 Moreno, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	3,3
NUEVA POMPEYA	618 Av. Perito Moreno, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	4,1
NÚÑEZ	1571 Avenida Crisólogo Larralde, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	22,9
PALERMO	3032 John Fitzgerald Kennedy, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	12,8
PARQUE AVELLANEDA	1401 Av. Lacarra, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	2,3
PARQUE CHACABUCO	1217 Avelino Díaz, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	2,4
PARQUE CHAS	5015 Avenida de los Incas, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	17,8
PARQUE PATRICIOS	2718 Avenida Caseros, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,3
PATERNAL	3001 Calle Añasco, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	7,6
PUERTO MADERO	1238 Avenida Julieta Lanteri, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	11,0

RECOLETA	2201 Avenida Gral. de las Heras, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	13,5
RETIRO	152 Av. Del Libertador, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	16,0
SAAVEDRA	3853 Avenida Ruiz Huidobro, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	19,9
SAN CRISTÓBAL	1197 Avenida Jujuy, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,4
SAN NICOLAS	972 Avenida Corrientes, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	10,7
SAN TELMO	320 Av. San Juan, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	9,6
VELEZ SARSFIELD	515 Av. Carrasco, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	5,6
VERSALLES	6415 Avenida Lascano, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	8,3
VILLA CRESPO	5408 Av. Corrientes, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	8,4
VILLA DEL PARQUE	2923 Avenida Baigorria, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,6
VILLA DEVOTO	4211 Avenida Nueva York, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	13,4
VILLA GRAL. MITRE	1602 Avenida Boyaca, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	5,8
VILLA LUGANO	3719 Avenida Larrazabal, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	4,2
VILLA LURO	5401 Bacaray, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	13,2
VILLA ORTUZAR	1719 Charlone, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	10,2
VILLA PUEYREDON	5006 Condarco, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	15,6
VILLA REAL	2404 Victor Hugo, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	10,8
VILLA RIACHUELO	5691 Calle Cañada de Gómez, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	6,7
VILLA SANTA RITA	3109 Avenida General César Díaz, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	5,1
VILLA SOLDATI	3183 Mariano Acosta, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	2,3
VILLA URQUIZA	2819 Díaz Colodrero, Buenos Aires, Argentina	3001 Av. Perito Moreno, Bs As, Argentina	18,4

14. Anexo 3. Cálculo de las distancias desde los barrios al parque Lanús.

Tabla 23. Distancia entre los centros de los barrios y el Parque Lanús

Barrio	Dirección Estimada del Centro del Barrio	Dirección Central	Distancia (km)
AGRONOMÍA	2527 Av. Francisco Beiró, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	24,4
ALMAGRO	3916 Avenida Díaz Vélez, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	23,4
BALVANERA	2415 Avenida Rivadavia, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	9,1
BARRACAS	2406 Avenida California, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	21,1
BELGRANO	1742 Avenida Juramento, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	23,4
BOCA	870 Avenida Almirante Brown, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	10,8
BOEDO	3702 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	5,5
CABALLITO	704 Neuquén, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	8,0
CHACARITA	4028 Avenida Jorge Newberry, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	12,2
COGHLAN	2897 Avenida Roque Pérez, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	29,8
COLEGIALES	906 Avenida Zapiola, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	13,2
CONSTITUCIÓN	1300 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	7,7
FLORES	2644 Avenida Eva Perón, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	6,9
FLORESTA	502 Calle Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	11,0
LINIERS	509 Avenida Murguiondo, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	32,4
MATADEROS	1998 Avenida Oliden, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	31,3
MONTE CASTRO	4982 Avenida Álvarez Jonte, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	19,9
MONTSERRAT	919 Moreno, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	10,2
NUEVA POMPEYA	618 Av. Perito Moreno, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	3,2
NÚÑEZ	1571 Avenida Crisólogo Larralde, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	30,8
PALERMO	3032 John Fitzgerald Kennedy, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	18,7
PARQUE AVELLANEDA	1401 Av. Lacarra, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	27,7
PARQUE CHACABUCO	1217 Avelino Díaz, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	5,6
PARQUE CHAS	5015 Avenida de los Incas, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	15,1
PARQUE PATRICIOS	2718 Avenida Caseros, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	5,6
PATERNAL	3001 Calle Añasco, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	11,6
PUERTO MADERO	1238 Avenida Julieta Lanteri, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	10,9

RECOLETA	2201 Avenida Gral. de las Heras, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	22,8
RETIRO	152 Av. Del Libertador, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	14,8
SAAVEDRA	3853 Avenida Ruiz Huidobro, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	35,9
SAN CRISTÓBAL	1197 Avenida Jujuy, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	7,1
SAN NICOLAS	972 Avenida Corrientes, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	13,5
SAN TELMO	320 Av. San Juan, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	17,1
VELEZ SARFIELD	515 Av. Carrasco, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	11,5
VERSALLES	6415 Avenida Lascano, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	33,6
VILLA CRESPO	5408 Av. Corrientes, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	10,7
VILLA DEL PARQUE	2923 Avenida Baigorria, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	35,6
VILLA DEVOTO	4211 Avenida Nueva York, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	21,4
VILLA GRAL. MITRE	1602 Avenida Boyaca, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	10,5
VILLA LUGANO	3719 Avenida Larrazabal, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	29,6
VILLA LURO	5401 Bacaray, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	13,5
VILLA ORTUZAR	1719 Charlone, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	29,0
VILLA PUEYRREDON	5006 Condarco, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	23,6
VILLA REAL	2404 Victor Hugo, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	18,7
VILLA RIACHUELO	5691 Calle Cañada de Gómez, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	7,5
VILLA SANTA RITA	3109 Avenida General César Díaz, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	34,1
VILLA SOLDATI	3183 Mariano Acosta, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	29,5
VILLA URQUIZA	2819 Díaz Colodrero, Buenos Aires, Argentina	3582, Av. Carlos Pellegrini, Buenos Aires, Argentina	26,4

16. Anexo 4. Cálculo de las distancias desde los barrios al parque Newton.

Tabla 24. Distancias entre los centros de los barrios y el parque Newton

Barrio	Dirección Estimada del Centro del Barrio	Dirección Parque Newton	Distancia (km)
AGRONOMÍA	2527 Av. Francisco Beiró, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	9,3
ALMAGRO	3916 Avenida Díaz Vélez, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	16,9
BALVANERA	2415 Avenida Rivadavia, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	18,5
BARRACAS	2406 Avenida California, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	30,1
BELGRANO	1742 Avenida Juramento, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	16,3
BOCA	870 Avenida Almirante Brown, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	29,7
BOEDO	3702 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	23,1
CABALLITO	704 Neuquén, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	14,9
CHACARITA	4028 Avenida Jorge Newberry, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	20,0
COGHLAN	2897 Avenida Roque Pérez, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	14,3
COLEGIALES	906 Avenida Zapiola, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	14,2
CONSTITUCIÓN	1300 Avenida Pavón, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	27,1
FLORES	2644 Avenida Eva Perón, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	3,4
FLORESTA	502 Calle Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	12,5
LINIERS	509 Avenida Murguiondo, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	13,5
MATADEROS	1998 Avenida Oliden, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	17,2
MONTE CASTRO	4982 Avenida Álvarez Jonte, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	10,6
MONTSERRAT	919 Moreno, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	27,1
NUEVA POMPEYA	618 Av. Perito Moreno, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	23,1
NÚÑEZ	1571 Avenida Crisólogo Larralde, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	15,4
PALERMO	3032 John Fitzgerald Kennedy, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	21,2
PARQUE AVELLANEDA	1401 Av. Lacarra, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	19,1
PARQUE CHACABUCO	1217 Avelino Díaz, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	21,8
PARQUE CHAS	5015 Avenida de los Incas, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	11,3
PARQUE PATRICIOS	2718 Avenida Caseros, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	25,9
PATERNAL	3001 Calle Añasco, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	12,2

PUERTO MADERO	1238 Avenida Julieta Lanteri, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	27,3
RECOLETA	2201 Avenida Gral. de las Heras, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	24,4
RETIRO	152 Av. Del Libertador, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	25,2
SAAVEDRA	3853 Avenida Ruiz Huidobro, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	10,7
SAN CRISTÓBAL	1197 Avenida Jujuy, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	24,9
SAN NICOLAS	972 Avenida Corrientes, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	25,4
SAN TELMO	320 Av. San Juan, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	28,0
VELEZ SARSFIELD	515 Av. Carrasco, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	13,1
VERSALLES	6415 Avenida Lascano, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	11,7
VILLA CRESPO	5408 Av. Corrientes, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	14,5
VILLA DEL PARQUE	2923 Avenida Baigorria, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	10,7
VILLA DEVOTO	4211 Avenida Nueva York, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	8,2
VILLA GRAL. MITRE	1602 Avenida Boyaca, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	12,2
VILLA LUGANO	3719 Avenida Larrazabal, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	20,9
VILLA LURO	5401 Bacaray, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	26,1
VILLA ORTUZAR	1719 Charlone, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	12,4
VILLA PUEYRREDON	5006 Condarco, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	8,5
VILLA REAL	2404 Victor Hugo, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	10,0
VILLA RIACHUELO	5691 Calle Cañada de Gómez, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	21,5
VILLA SANTA RITA	3109 Avenida General César Díaz, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	12,2
VILLA SOLDATI	3183 Mariano Acosta, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	20,9
VILLA URQUIZA	2819 Díaz Colodrero, Buenos Aires, Argentina	4672 Calle General Roca, Villa Ballester, Bs.As., Arg.	10,2

17. Anexo 5. Costos de transporte. Parque Lanús

Tabla 25. Costos de transporte desde los barrios hacia el parque Lanús

Barrio	Distancia Central (km)	recorrido medio (i+v) (km/viaje)	Consumo (L/viaje)	t de poda [t]	Volumen de poda [m3]	Viajes/año	Km recorridos	Consumo anual (L/año)	CR	CT	CC	C Total (€)
AGRONOMÍA	24,38	48,76	17,07	442	1766	44	2145,53	750,93	2929,45	3196,16	726,48	6852,09
ALMAGRO	23,40	46,80	16,38	4180	16720	418	19564,07	6847,43	26712,29	30363,52	6624,39	63700,21
BALVANERA	9,11	18,21	6,37	4409	17638	441	8031,49	2811,02	10966,00	32034,24	2719,46	45719,70
BARRACAS	21,10	42,19	14,77	2839	11357	284	11981,96	4193,69	16359,87	20629,76	4057,09	41046,72
BELGRANO	23,44	46,89	16,41	4026	16102	403	18895,06	6613,27	25798,84	29273,92	6397,87	61470,63
BOCA	10,80	21,60	7,56	1432	5728	143	3088,80	1081,08	4217,37	10387,52	1045,87	15650,76
BOEDO	5,50	11,00	3,85	1501	6006	150	1650,00	577,50	2252,87	10896,00	558,69	13707,56
CABALLITO	8,00	16,00	5,60	5589	22354	559	8944,00	3130,40	12211,91	40605,76	3028,44	55846,11
CHACARITA	12,20	24,40	8,54	881	3525	88	2147,20	751,52	2931,73	6392,32	727,04	10051,10
COGLAN	29,81	59,62	20,87	590	2362	59	3517,70	1231,19	4802,98	4285,76	1191,09	10279,83
COLEGIALES	13,22	26,43	9,25	1668	6672	167	4413,81	1544,83	6026,51	12130,88	1494,52	19651,90
CONSTITUCIÓN	7,70	15,40	5,39	1400	5600	140	2156,00	754,60	2943,75	10169,60	730,02	13843,37
FLORES	6,95	13,89	4,86	5215	20861	522	7250,58	2537,70	9899,76	37918,08	2455,05	50272,89
FLORESTA	11,00	22,00	7,70	1193	4770	119	2618,00	916,30	3574,55	8644,16	886,45	13105,17
LINIERS	32,40	64,80	22,68	1401	5603	140	9072,00	3175,20	12386,68	10169,60	3071,78	25628,06
MATADEROS	31,34	62,67	21,93	4011	16044	401	25130,67	8795,73	34312,79	29128,64	8509,24	71950,67
MONTE CASTRO	19,94	39,87	13,95	2045	8181	205	8173,35	2860,67	11159,69	14891,20	2767,50	28818,38
MONTSERRAT	10,20	20,40	7,14	1267	5067	127	2590,80	906,78	3537,41	9225,28	877,24	13639,94
NUEVA POMPEYA	3,20	6,40	2,24	1067	4269	107	684,80	239,68	935,01	7772,48	231,87	8939,36
NÚÑEZ	30,80	61,60	21,56	1355	5421	136	8377,60	2932,16	11438,57	9879,04	2836,66	24154,26
PALERMO	18,69	37,38	13,08	1649	6595	165	6167,37	2158,58	8420,77	11985,60	2088,27	22494,64
PARQUE AVELLANEDA	27,71	55,41	19,39	7172	28689	717	39730,40	13905,64	54246,90	52082,88	13452,71	119782,50
PARQUE CHACABUCO	5,60	11,20	3,92	1689	6758	169	1892,80	662,48	2584,38	12276,16	640,90	15501,44
PARQUE CHAS	15,10	30,20	10,57	1786	7145	179	5405,80	1892,03	7380,94	13002,56	1830,40	22213,91
PARQUE PATRICIOS	5,60	11,20	3,92	555	2220	56	627,20	219,52	856,36	4067,84	212,37	5136,57
PATERNAL	11,60	23,20	8,12	1301	5203	130	3016,00	1055,60	4117,97	9443,20	1021,22	14582,39
PUERTO MADERO	10,90	21,80	7,63	626	2503	63	1373,40	480,69	1875,21	4576,32	465,03	6916,56
RECOLETA	22,79	45,58	15,95	213	854	21	957,18	335,01	1306,91	1525,44	324,10	3156,45

Máster en EERR y Mercado Energético 2017/2018
Aprovechamiento de la poda urbana para generación de energía eléctrica en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina

RETIRO	14,80	29,60	10,36	5013	20051	501	14829,60	5190,36	20247,97	36392,64	5021,30	61661,91
SAAVEDRA	35,88	71,77	25,12	2076	8305	208	14927,33	5224,56	20381,40	15109,12	5054,39	40544,91
SAN CRISTÓBAL	7,12	14,24	4,98	1596	6385	160	2277,76	797,22	3110,00	11622,40	771,25	15503,65
SAN NICOLAS	13,48	26,96	9,43	1543	6172	154	4151,22	1452,93	5667,98	11186,56	1405,60	18260,14
SAN TELMO	17,15	34,29	12,00	929	3716	93	3189,34	1116,27	4354,65	6755,52	1079,91	12190,08
VELEZ SANSFIELD	11,50	23,00	8,05	649	2597	65	1495,00	523,25	2041,24	4721,60	506,21	7269,04
VERSALLES	33,57	67,13	23,50	1058	4231	106	7115,78	2490,52	9715,71	7699,84	2409,40	19824,95
VILLA CRESPO	10,70	21,40	7,49	1113	4454	111	2375,40	831,39	3243,31	8063,04	804,31	12110,66
VILLA DEL PARQUE	35,58	71,16	24,91	439	1755	44	3130,95	1095,83	4274,92	3196,16	1060,14	8531,22
VILLA DEVOTO	21,40	42,80	14,98	2601	10405	260	11128,00	3894,80	15193,89	18886,40	3767,94	37848,23
VILLA GRAL. MITRE	10,50	21,00	7,35	1754	7017	175	3675,00	1286,25	5017,75	12712,00	1244,36	18974,11
VILLA LUGANO	29,60	59,20	20,72	2111	8445	211	12491,20	4371,92	17055,17	15327,04	4229,52	36611,73
VILLA LURO	13,53	27,06	9,47	1102	4407	110	2976,38	1041,73	4063,87	7990,40	1007,80	13062,08
VILLA ORTUZAR	28,99	57,97	20,29	1032	4126	103	5971,12	2089,89	8152,81	7481,92	2021,82	17656,55
VILLA PUEYRREDON	23,58	47,17	16,51	690	2760	69	3254,45	1139,06	4443,55	5012,16	1101,96	10557,67
VILLA REAL	18,73	37,47	13,11	1259	5034	126	4720,97	1652,34	6445,89	9152,64	1598,52	17197,05
VILLA RIACHUELO	7,47	14,93	5,23	426	1704	43	641,99	224,70	876,56	3123,52	217,38	4217,45
VILLA SANTA RITA	34,11	68,22	23,88	447	1788	45	3069,72	1074,40	4191,32	3268,80	1039,41	8499,53
VILLA SOLDATI	29,52	59,04	20,66	1485	5939	148	8738,22	3058,38	11930,94	10750,72	2958,76	25640,42
VILLA URQUIZA	26,40	52,80	18,48	2906	11625	291	15364,80	5377,68	20978,71	21138,24	5202,52	47319,48
					366931,36	9173	335127,80	117294,73	457575,12		113474,27	1237594,04

18. Anexo 6. Costos de transporte. Parque Newton.

Tabla 26. Costos de transporte desde los barrios hacia el parque Newton

Barrio	Distancia Central (km)	recorrido medio (i+v) (km/viaje)	Consumo (L/viaje)	t de poda [t]	Volumen de poda [m3]	Viajes /año	Km recorridos	Consumo anual (L/año)	CR	CT	CC	C Total (€)
AGRONOMÍA	9,3	18,60	6,51	442	1766	44	818,40	286,44	1117,42	3196,16	277,11	4590,69
ALMAGRO	16,9	33,80	11,83	4180	16720	418	14128,40	4944,94	19290,56	30363,52	4783,88	54437,96
BALVANERA	18,5	37,00	12,95	4409	17638	441	16317,00	5710,95	22278,82	32034,24	5524,94	59838,00
BARRACAS	30,1	60,20	21,07	2839	11357	284	17096,80	5983,88	23343,54	20629,76	5788,98	49762,28
BELGRANO	16,3	32,60	11,41	4026	16102	403	13137,80	4598,23	17938,02	29273,92	4448,46	51660,40
BOCA	29,7	59,40	20,79	1432	5728	143	8494,20	2972,97	11597,77	10387,52	2876,14	24861,42
BOEDO	23,1	47,20	16,52	1501	6006	150	7080,00	2478,00	9666,86	10896,00	2397,29	22960,14
CABALLITO	14,9	29,80	10,43	5589	22354	559	16658,20	5830,37	22744,69	40605,76	5640,47	68990,92
CHACARITA	20,0	40,00	14,00	881	3525	88	3520,00	1232,00	4806,12	6392,32	1191,87	12390,31
COGHLAN	14,3	28,60	10,01	590	2362	59	1687,40	590,59	2303,93	4285,76	571,35	7161,05
COLEGIALES	14,2	28,40	9,94	1668	6672	167	4742,80	1659,98	6475,70	12130,88	1605,91	20212,49
CONSTITUCIÓN	27,1	54,20	18,97	1400	5600	140	7588,00	2655,80	10360,47	10169,60	2569,30	23099,36
FLORES	3,4	6,80	2,38	5215	20861	522	3549,60	1242,36	4846,54	37918,08	1201,89	43966,51
FLORESTA	12,5	25,00	8,75	1193	4770	119	2975,00	1041,25	4061,99	8644,16	1007,34	13713,49
LINIERS	13,5	27,00	9,45	1401	5603	140	3780,00	1323,00	5161,12	10169,60	1279,91	16610,63
MATADEROS	17,2	34,40	12,04	4011	16044	401	13794,40	4828,04	18834,53	29128,64	4670,78	52633,95
MONTE CASTRO	10,6	21,20	7,42	2045	8181	205	4346,00	1521,10	5933,92	14891,20	1471,56	22296,68
MONTSERRAT	27,1	54,20	18,97	1267	5067	127	6883,40	2409,19	9398,42	9225,28	2330,72	20954,42
NUEVA POMPEYA	23,1	46,20	16,17	1067	4269	107	4943,40	1730,19	6749,59	7772,48	1673,84	16195,91
NÚÑEZ	15,4	30,80	10,78	1355	5421	136	4188,80	1466,08	5719,28	9879,04	1418,33	17016,65
PALERMO	21,2	42,40	14,84	1649	6595	165	6996,00	2448,60	9552,16	11985,60	2368,85	23906,61
PARQUE AVELLANEDA	19,1	38,20	13,37	7172	28689	717	27389,40	9586,29	37396,80	52082,88	9274,05	98753,73
PARQUE CHACABUCO	21,8	43,60	15,26	1689	6758	169	7368,40	2578,94	10060,63	12276,16	2494,94	24831,73
PARQUE CHAS	11,3	22,60	7,91	1786	7145	179	4045,40	1415,89	5523,49	13002,56	1369,77	19895,82

PARQUE PATRICIOS	25,9	51,80	18,13	555	2220	56	2900,80	1015,28	3960,68	4067,84	982,21	9010,73
PATERNAL	12,2	24,40	8,54	1301	5203	130	3172,00	1110,20	4330,97	9443,20	1074,04	14848,21
PUERTO MADERO	27,3	54,60	19,11	626	2503	63	3439,80	1203,93	4696,62	4576,32	1164,72	10437,65
RECOLETA	24,4	48,80	17,08	213	854	21	1024,80	358,68	1399,24	1525,44	347,00	3271,67
RETIRO	25,2	50,40	17,64	5013	20051	501	25250,40	8837,64	34476,26	36392,64	8549,79	79418,69
SAAVEDRA	10,7	21,40	7,49	2076	8305	208	4451,20	1557,92	6077,56	15109,12	1507,18	22693,85
SAN CRISTÓBAL	24,9	49,80	17,43	1596	6385	160	7968,00	2788,80	10879,31	11622,40	2697,96	25199,67
SAN NICOLAS	25,4	50,80	17,78	1543	6172	154	7823,20	2738,12	10681,60	11186,56	2648,94	24517,10
SAN TELMO	28,0	56,00	19,60	929	3716	93	5208,00	1822,80	7110,87	6755,52	1763,43	15629,82
VELEZ SANSFIELD	13,1	26,20	9,17	649	2597	65	1703,00	596,05	2325,23	4721,60	576,64	7623,47
VERSALLES	11,7	23,40	8,19	1058	4231	106	2480,40	868,14	3386,68	7699,84	839,86	11926,38
VILLA CRESPO	14,5	29,00	10,15	1113	4454	111	3219,00	1126,65	4395,14	8063,04	1089,95	13548,14
VILLA DEL PARQUE	10,7	21,40	7,49	439	1755	44	941,60	329,56	1285,64	3196,16	318,83	4800,62
VILLA DEVOTO	8,2	16,40	5,74	2601	10405	260	4264,00	1492,40	5821,96	18886,40	1443,79	26152,15
VILLA GRAL. MITRE	12,2	24,40	8,54	1754	7017	175	4270,00	1494,50	5830,15	12712,00	1445,82	19987,97
VILLA LUGANO	20,9	41,80	14,63	2111	8445	211	8819,80	3086,93	12042,33	15327,04	2986,38	30355,76
VILLA LURO	26,1	52,20	18,27	1102	4407	110	5742,00	2009,70	7839,98	7990,40	1944,24	17774,62
VILLA ORTUZAR	12,4	24,80	8,68	1032	4126	103	2554,40	894,04	3487,71	7481,92	864,92	11834,55
VILLA PUEYRREDON	8,5	17,00	5,95	690	2760	69	1173,00	410,55	1601,58	5012,16	397,18	7010,92
VILLA REAL	10,0	20,00	7,00	1259	5034	126	2520,00	882,00	3440,75	9152,64	853,27	13446,66
VILLA RIACHUELO	21,5	43,00	15,05	426	1704	43	1849,00	647,15	2524,58	3123,52	626,07	6274,17
VILLA SANTA RITA	12,2	24,40	8,54	447	1788	45	1098,00	384,30	1499,18	3268,80	371,78	5139,76
VILLA SOLDATI	20,9	41,80	14,63	1485	5939	148	6186,40	2165,24	8446,76	10750,72	2094,72	21292,19
VILLA URQUIZA	10,2	20,40	7,14	2906	11625	291	5936,40	2077,74	8105,41	21138,24	2010,07	31253,72
					366931,36	9173		110433,40				1204189,648

19. Anexo 7. Costos de transporte. CEAMSE-Flores

Tabla 27. Costos de transporte desde los barrios hacia CEAMSE-Flores

Barrio	Distancia Central (km)	recorrido medio (i+v) (km/viaje)	Consumo (L/viaje)	t de poda [t]	Volumen de poda [m3]	Viajes/año	Km recorridos	Consumo anual (L/año)	CR	CT	CC	C Total (€)
AGRONOMÍA	9,1	18,20	6,37	442	1766	44	800,80	280,28	1093,39	3196,16	271,15	4560,70
ALMAGRO	6,6	13,20	4,62	4180	16720	418	5517,60	1931,16	7533,59	30363,52	1868,26	39765,37
BALVANERA	8,2	16,40	5,74	4409	17638	441	7232,40	2531,34	9874,94	32034,24	2448,89	44358,07
BARRACAS	7,3	14,61	5,11	2839	11357	284	4150,38	1452,63	5666,82	20629,76	1405,32	27701,90
BELGRANO	13,5	27,00	9,45	4026	16102	403	10881,00	3808,35	14856,65	29273,92	3684,31	47814,87
BOCA	9,5	19,00	6,65	1432	5728	143	2717,00	950,95	3709,72	10387,52	919,98	15017,22
BOEDO	4,5	9,00	3,15	1501	6006	150	1350,00	472,50	1843,26	10896,00	457,11	13196,37
CABALLITO	5,2	10,40	3,64	5589	22354	559	5813,60	2034,76	7937,74	40605,76	1968,48	50511,99
CHACARITA	9,6	19,22	6,73	881	3525	88	1691,18	591,91	2309,10	6392,32	572,63	9274,06
COGHLAN	13,9	27,80	9,73	590	2362	59	1640,20	574,07	2239,49	4285,76	555,37	7080,62
COLEGIALES	10,7	21,40	7,49	1668	6672	167	3573,80	1250,83	4879,58	12130,88	1210,09	18220,55
CONSTITUCIÓN	11,2	22,49	7,87	1400	5600	140	3148,60	1102,01	4299,02	10169,60	1066,12	15534,74
FLORES	1,8	3,60	1,26	5215	20861	522	1879,20	657,72	2565,81	37918,08	636,30	41120,19
FLORESTA	4,7	9,40	3,29	1193	4770	119	1118,60	391,51	1527,31	8644,16	378,76	10550,23
LINIERS	6,9	13,80	4,83	1401	5603	140	1932,00	676,20	2637,90	10169,60	654,18	13461,68
MATADEROS	5,9	11,80	4,13	4011	16044	401	4731,80	1656,13	6460,68	29128,64	1602,19	37191,51
MONTE CASTRO	7,7	15,40	5,39	2045	8181	205	3157,00	1104,95	4310,49	14891,20	1068,96	20270,65
MONTSERRAT	3,3	6,68	2,34	1267	5067	127	848,61	297,01	1158,68	9225,28	287,34	10671,30
NUEVA POMPEYA	4,1	8,20	2,87	1067	4269	107	877,40	307,09	1197,98	7772,48	297,09	9267,55
NÚÑEZ	22,9	45,80	16,03	1355	5421	136	6228,80	2180,08	8504,65	9879,04	2109,07	20492,76
PALERMO	12,8	25,60	8,96	1649	6595	165	4224,00	1478,40	5767,34	11985,60	1430,25	19183,19
PARQUE AVELLANEDA	2,3	4,69	1,64	7172	28689	717	3362,73	1176,96	4591,39	52082,88	1138,62	57812,89
PARQUE CHACABUCO	2,4	4,80	1,68	1689	6758	169	811,20	283,92	1107,59	12276,16	274,67	13658,42
PARQUE CHAS	17,8	35,60	12,46	1786	7145	179	6373,12	2230,59	8701,69	13002,56	2157,94	23862,19
PARQUE PATRICIOS	6,3	12,60	4,41	555	2220	56	705,60	246,96	963,41	4067,84	238,92	5270,16

Máster en EERR y Mercado Energético 2017/2018
Aprovechamiento de la poda urbana para generación de energía eléctrica en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina

PATERNAL	7,6	15,22	5,33	1301	5203	130	1978,86	692,60	2701,89	9443,20	670,04	12815,13
PUERTO MADERO	11,0	22,00	7,70	626	2503	63	1386,00	485,10	1892,41	4576,32	469,30	6938,03
RECOLETA	13,5	27,05	9,47	213	854	21	567,97	198,79	775,49	1525,44	192,31	2493,24
RETIRO	16,0	31,99	11,20	5013	20051	501	16026,99	5609,45	21882,85	36392,64	5426,74	63702,23
SAAVEDRA	19,9	39,80	13,93	2076	8305	208	8278,40	2897,44	11303,12	15109,12	2803,07	29215,31
SAN CRISTÓBAL	6,4	12,80	4,48	1596	6385	160	2048,00	716,80	2796,29	11622,40	693,45	15112,14
SAN NICOLAS	10,7	21,40	7,49	1543	6172	154	3295,60	1153,46	4499,73	11186,56	1115,89	16802,18
SAN TELMO	9,6	19,20	6,72	929	3716	93	1785,60	624,96	2438,01	6755,52	604,60	9798,14
VELEZ SANSFIELD	5,6	11,20	3,92	649	2597	65	728,00	254,80	993,99	4721,60	246,50	5962,09
VERSALLES	8,3	16,52	5,78	1058	4231	106	1750,91	612,82	2390,65	7699,84	592,86	10683,34
VILLA CRESPO	8,4	16,90	5,91	1113	4454	111	1875,68	656,49	2561,00	8063,04	635,10	11259,15
VILLA DEL PARQUE	6,6	13,17	4,61	439	1755	44	579,39	202,79	791,09	3196,16	196,18	4183,43
VILLA DEVOTO	13,4	26,86	9,40	2601	10405	260	6983,60	2444,26	9535,23	18886,40	2364,65	30786,28
VILLA GRAL. MITRE	5,8	11,60	4,06	1754	7017	175	2030,00	710,50	2771,71	12712,00	687,36	16171,07
VILLA LUGANO	4,2	8,44	2,95	2111	8445	211	1780,84	623,29	2431,51	15327,04	602,99	18361,55
VILLA LURO	13,2	26,32	9,21	1102	4407	110	2895,42	1013,40	3953,33	7990,40	980,39	12924,12
VILLA ORTUZAR	10,2	20,40	7,14	1032	4126	103	2101,20	735,42	2868,93	7481,92	711,47	11062,31
VILLA PUEYRREDON	15,6	31,24	10,94	690	2760	69	2155,84	754,54	2943,52	5012,16	729,97	8685,65
VILLA REAL	10,8	21,55	7,54	1259	5034	126	2714,80	950,18	3706,71	9152,64	919,23	13778,58
VILLA RIACHUELO	6,7	13,40	4,69	426	1704	43	576,20	201,67	786,73	3123,52	195,10	4105,35
VILLA SANTA RITA	5,1	10,20	3,57	447	1788	45	459,00	160,65	626,71	3268,80	155,42	4050,92
VILLA SOLDATI	2,3	4,56	1,60	1485	5939	148	674,88	236,21	921,46	10750,72	228,51	11900,70
VILLA URQUIZA	18,4	36,84	12,89	2906	11625	291	10720,44	3752,15	14637,42	21138,24	3629,94	39405,60
				91732,84	366931,36	9173		55356,08				936045,7111

20. Anexo 8. Investigación sobre precios de terrenos

Parque Lanús:

Item	Oferta	Web	Precio (ARS)	Tipo	Area	Precio/m2		% cubierto
						\$	Euro	
1	Parque Industrial 100	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8202616--Ficha?utm_source=Mitula&utm_medium=XMLFeeds&utm_campaign=MitulaAds	318.160.000,00	Venta	39.000,00	8.157,95	175,33	100%
2	Terreno parque industrial Lanus	https://ar.tixuz.com/inmuebles/venta/terreno/terrenos-y-lotes-en-venta-en-parque-industrial-de-lanus-00/11652456?utm_source=casas.mitula.com.ar&utm_medium=referral	3.181.600,00	Alquiler	40.000,00	79,54	1,71	10%
3	Depósitos y galpones Parque industrial Lanus	https://ar.tixuz.com/inmuebles/venta/bolega/dep%C3%B3sitos-y-galpones-en-venta-en-parque-industrial-de-lanus-00/11622965?utm_source=casas.mitula.com.ar&utm_medium=referral	167.034.000,00	Venta	21.000,00	7.954,00	170,94	17%
4	Terreno en venta en Lanús Oeste	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/7818819--Ficha?utm_source=Mitula&utm_medium=XMLFeeds&utm_campaign=MitulaAds	1.511.260,00	Venta	200,00	7.556,30	162,40	0%
5	Terrenos y Lotes en Venta en Warnes Al 3000	https://ar.tixuz.com/inmuebles/venta/terreno/terrenos-y-lotes-en-venta-en-warnes-al-3000-11945394?utm_source=casas.mitula.com.ar&utm_medium=referral	4.374.700,00	Venta	468,00	9.347,65	200,90	100%
6	Nave industrial Lanús	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8446413--Ficha?utm_source=Mitula&utm_medium=XMLFeeds&utm_campaign=MitulaAds	210.000,00	Alquiler	8.000,00	26,25	0,56	66%
7	Galpon en alquiler	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8446089--Ficha?utm_source=Mitula&utm_medium=XMLFeeds&utm_campaign=MitulaAds	220.000,00	Alquiler	4.400,00	50,00	1,07	100%

Promedio compra 8.253,97 €/m2
 Promedio alquiler anual 623,16 €/m2

Parque Newton:

Item	Oferta	Web	Precio (ARS)	Tipo	Area	Precio/m2		% cubierto
						\$	Euro	
1	Combet 5000, VILLA BALLESTER	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8410189--Terreno-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin	10.737.900,00	Venta	900,00	11.931,00	256,42	0%
2	Esmeralda al 5700 e/Prof. Simon e Ituzaingo	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8992044--Terreno-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin	5.090.560,00	Venta	300,00	16.968,53	364,68	0%
3	Alvear 1300	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/9552663--Terreno-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin	12.328.700,00	Venta	500,00	24.657,40	529,92	0%
4	Colegio Militar 4100	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/9307508--Terreno-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin	8.351.700,00	Venta	497,78	16.777,89	360,58	0%
5	San Martín 5.000	https://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/8711509--Terreno-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin	198.850.000,00	Venta	4.500,00	44.188,89	949,69	144%

Promedio compra
Promedio alquiler anual

22.904,74
N/D

€/m2

21. Anexo 9. Datasheet TurboDen

Turboden standard units

ORC UNIT		TD 3 CHP	TD 7 CHP	TD 8 HRS	TD 10 CHP (h)	TD 12 HRS (h)	TD 14 CHP	TD 22 CHP
Operation mode		CHP	CHP	POWER ONLY	CHP	POWER ONLY	CHP	CHP
Gross power output (a)	MW	0.35	0.70	0.80	1.10	1.20	1.35	2.20
Auxiliary power consumption (b)	MW	0.02	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.10
Net power output (c)	MW	0.33	0.66	0.77	1.05	1.16	1.30	2.10
Gross efficiency	%	16.5%	20%	24%	21%	25%	21%	19.5%
Net efficiency	%	15.3%	19%	23%	20.1%	24%	20.1%	18.6
Thermal oil inlet / outlet temperature (d)	°C	310 / 250	310 / 250	310 / 205	313 / 253	305 / 206	310 / 250	310 / 245
Thermal power input	MW	2.15	3.50	3.33	5.25	4.82	6.45	11.30
Cooling water inlet / outlet temperature (e)	°C	60 / 80	60 / 80	25 / 35	60 / 80	25 / 35	60 / 80	60 / 90
Thermal power to cooling water	MW	1.75	2.78	2.53	4.13	3.61	5.05	9.02
Ambient air temperature (f)	°C	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Estimated yearly biomass consumption (g)	ton/year	8,094	13,176	12,549	19,765	18,146	24,282	45,541

ORC UNIT		TD 24 HRS	TD 35 HR	TD 50 CHP	TD 50 HRS	TD 100 CHP	TD 100 HRS	TD 180 HRS
Operation mode		POWER ONLY	POWER ONLY	CHP	POWER ONLY	CHP	POWER ONLY	POWER ONLY
Gross power output (a)	MW	2.41	3.50	5.00	5.00	10.00	10.00	18.00
Auxiliary power consumption (b)	MW	0.05	0.30	0.33	0.38	0.67	0.73	1.30
Net power output (c)	MW	2.36	3.20	4.67	4.62	9.33	9.27	16.70
Gross efficiency	%	25%	24.5%	21.3%	27.7%	21.4%	28%	28%
Net efficiency	%	24.4%	22.5%	20%	25.6%	20.1%	26%	26%
Thermal oil inlet / outlet temperature (d)	°C	310 / 212	310 / 115	315 / 230	315 / 180	315 / 230	315 / 180	315 / 180
Thermal power input	MW	9.64	14.30	23.47	18.05	46.73	35.71	64.29
Cooling water inlet / outlet temperature (e)	°C	25 / 35	N/A	60 / 80	N/A	60 / 80	N/A	N/A
Thermal power to cooling water	MW	7.23	N/A	18.23	N/A	36.26	N/A	N/A
Ambient air temperature (f)	°C	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Estimated yearly biomass consumption (g)	ton/year	36,277	N/A	88,358	67,955	175,925	134,454	242,017

22. Anexo 10. Modelo financiero “Caso Base”

Datos macroeconómicos:

Inflación anual esperada	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Índice corrector por inflación	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40	1,43	1,46	1,49
Valor esperado de la tarifa eléctrica	103,48	105,55	107,66	109,81	112,01	114,25	116,54	118,87	121,24	123,67	126,14	128,66	131,24	133,86	136,54	139,27	142,06	144,90	147,79	150,75	153,77
Valor esperado de la tarifa térmica	50,00	51,00	52,02	53,06	54,12	55,20	56,31	57,43	58,58	59,75	60,95	62,17	63,41	64,68	65,97	67,29	68,64	70,01	71,41	72,84	74,30

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingresos																					
Generación eléctrica (MWh)	-	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600
Generación térmica (MWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venta energía eléctrica	-	5.235	5.340	5.447	5.556	5.667	5.780	5.896	6.014	6.134	6.257	6.382	6.509	6.640	6.772	6.908	7.046	7.187	7.331	7.477	7.627
Venta energía térmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de ingresos	-	5.235	5.340	5.447	5.556	5.667	5.780	5.896	6.014	6.134	6.257	6.382	6.509	6.640	6.772	6.908	7.046	7.187	7.331	7.477	7.627
Costes O&M (incluido transporte)	-	1.383	1.411	1.439	1.468	1.497	1.527	1.558	1.589	1.621	1.653	1.686	1.720	1.754	1.789	1.825	1.862	1.899	1.937	1.975	2.015
		27,89	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
EBITDA	-	3.852	3.929	4.008	4.088	4.170	4.253	4.338	4.425	4.513	4.604	4.696	4.790	4.885	4.983	5.083	5.184	5.288	5.394	5.502	5.612
Amortización	-	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861
Resultado Antes Impuestos	-	1.991	2.068	2.147	2.227	2.309	2.392	2.477	2.564	2.653	2.743	2.835	2.929	3.025	3.122	3.184	3.288	3.394	3.502	3.612	3.727
Impuesto sociedades	-	697	724	751	780	808	837	867	897	928	960	992	1.025	1.059	1.093	1.127	1.161	1.195	1.229	1.263	1.297

Resultado neto	-	1.294	1.344	1.396	1.448	1.501	1.555	1.610	1.667	1.724	1.783	1.843	1.904	1.966	2.030	3.304	3.370	3.437	3.506	3.576	3.648	
Capex	-	26.050																				
Flujo de caja																						
Capex	-	26.050																				
Resultado neto	-	1.294	1.344	1.396	1.448	1.501	1.555	1.610	1.667	1.724	1.783	1.843	1.904	1.966	2.030	3.304	3.370	3.437	3.506	3.576	3.648	
Amortización	-	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	-	-	-	-	-	-	
FC sin financiación	-	26.050	3.155	3.205	3.256	3.308	3.362	3.416	3.471	3.527	3.585	3.644	3.703	3.764	3.827	3.890	3.304	3.370	3.437	3.506	3.576	3.648
TIR proyecto	11,7%																					Caso base

23. Anexo 11 - Modelo con financiación (BID)

Datos macroeconómicos:

Inflación anual esperada	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Índice corrector por inflación	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,37	1,40	1,43	1,46	1,49
Valor esperado de la tarifa eléctrica	103,48	105,55	107,66	109,81	112,01	114,25	116,53	118,87	121,24	123,67	126,14	128,66	131,24	133,86	136,54	139,27	142,05	144,90	147,79	150,75	153,76
Valor esperado de la tarifa térmica	11,05	11,27	11,50	11,73	11,96	12,20	12,44	12,69	12,95	13,21	13,47	13,74	14,01	14,29	14,58	14,87	15,17	15,47	15,78	16,10	16,42

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingresos																					
Generación eléctrica (MWh)	-	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600	49.600
Generación térmica (MWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venta energía eléctrica	-	5.235	5.340	5.447	5.556	5.667	5.780	5.896	6.014	6.134	6.257	6.382	6.509	6.640	6.772	6.908	7.046	7.187	7.331	7.477	7.627
Venta energía térmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de ingresos	-	5.235	5.340	5.447	5.556	5.667	5.780	5.896	6.014	6.134	6.257	6.382	6.509	6.640	6.772	6.908	7.046	7.187	7.331	7.477	7.627
Costes O&M (incluido transporte)	-	1.383	- 1.411	- 1.439	- 1.468	- 1.497	- 1.527	- 1.558	- 1.589	- 1.621	- 1.653	- 1.686	- 1.720	- 1.754	- 1.789	- 1.825	- 1.862	- 1.899	- 1.937	- 1.975	- 2.015
	-	27,89	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
EBITDA	-	3.852	3.929	4.008	4.088	4.170	4.253	4.338	4.425	4.513	4.604	4.696	4.790	4.885	4.983	5.083	5.184	5.288	5.394	5.502	5.612
Amortización	-	1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861	- 1.861
EBIT	-	1.991	2.068	2.147	2.227	2.309	2.392	2.477	2.564	2.653	2.743	2.835	2.929	3.025	3.122	5.083	5.184	5.288	5.394	5.502	5.612
Intereses	- 251	- 501	- 501	- 501	- 501	- 501	- 489	- 451	- 401	- 351	- 301	- 251	- 201	- 150	- 100	- 50	- 13	-	-	-	-

Máster en EERR y Mercado Energético 2017/2018
Aprovechamiento de la poda urbana para generación de energía eléctrica en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Resultado Antes Impuestos	- 251	1.490	1.567	1.646	1.726	1.807	1.903	2.026	2.163	2.302	2.442	2.584	2.728	2.874	3.022	5.033	5.172	5.288	5.394	5.502	5.612
Impuesto sociedades	-	521	548	576	604	633	666	709	757	806	855	904	955	1.006	1.058	1.761	1.810	1.851	1.888	1.926	1.964
Resultado neto	- 251	968	1.018	1.070	1.122	1.175	1.237	1.317	1.406	1.496	1.587	1.680	1.773	1.868	1.964	3.271	3.362	3.437	3.506	3.576	3.648

Capex	- 26.050
-------	----------

Flujo de caja equity

Capex	- 26.050																				
Resultado neto	- 251	968	1.018	1.070	1.122	1.175	1.237	1.317	1.406	1.496	1.587	1.680	1.773	1.868	1.964	3.271	3.362	3.437	3.506	3.576	3.648
Amortización	-	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861	-	-	-	-	-	-
Disposición deuda	18.235																				
Amortización de la deuda	-	-	-	-	-	-	- 912	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 1.824	- 912	-	-	-
FC sin financiación	- 8.066	2.829	2.879	2.930	2.982	3.036	2.186	1.354	1.443	1.533	1.624	1.717	1.811	1.905	2.002	1.448	2.450	3.437	3.506	3.576	3.648

TIR equity	32,5%	Caso base																			
Financiación del proyecto																					
Capital propio	7.815	Coste	2,75%																		
A financiar	18.235																				
Plazo de carencia	5,5	años																			
	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Deuda inicial	0	18.235	18.235	18.235	18.235	18.235	18.235	17.323	15.500	13.676	11.853	10.029	8.206	6.382	4.559	2.735	912	0	0	0	0
Deuda contraída	18.235																				

Máster en EERR y Mercado Energético 2017/2018
Aprovechamiento de la poda urbana para generación de energía eléctrica en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Amortización							912	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	1.824	912				
Intereses	251	501	501	501	501	501	489	451	401	351	301	251	201	150	100	50	13	0	0	0	0
Deuda final	18.235	18.235	18.235	18.235	18.235	18.235	17.323	15.500	13.676	11.853	10.029	8.206	6.382	4.559	2.735	912	0	0	0	0	0