

## Modelo de análisis económico para proyectos dendroenergéticos: Metodología y resultados preliminares.

Sonia Varón Quinche  

Universidad Autónoma De Colombia

Recibido: 15/04/2021    Revisado: 21/05/2021    Aceptado: 26/06/2021    Publicado: 28/07/2021

### Resumen

Este trabajo recopila los resultados preliminares en la implementación de cálculos matemáticos cuyo propósito es generar indicadores de viabilidad económica para proyectos de inversión y apoyar la toma de decisiones, a partir del uso de Excel, como parte del trabajo adelantado en el semillero de investigación Bio-industrias.

Dentro del estudio previo de los antecedentes del *estado del arte*, se ha determinado que los proyectos de inversión para la generación de energía bajo fuentes no convencionales FNCER en Colombia presentan matices de orden jurídico, contable y financiero que inciden en su viabilidad económica, cuya estructura se distingue de los proyectos convencionales, por consiguiente, se genera la necesidad de programar la herramienta propuesta bajo estas directrices, involucrando las tecnologías existentes y alineándolas con la normatividad jurídica y fiscal vigente.

El desarrollo plasma el montaje realizado en Excel de las operaciones matemáticas que parten de datos iniciales, suministrados por el usuario, estructurando la sintaxis necesaria para calcular los indicadores. Se concluye de manera preliminar que la metodología implementada es funcional para cualquier tipo de proyecto de inversión, dando la opción de parametrizar aquellas variables con incidencia en proyectos específicos como el desarrollado, permitiendo que esta herramienta pueda adecuarse a las necesidades específicas del usuario final.

**Palabras clave:** Viabilidad financiera, programación, sintaxis, FNCER, indicadores.

**Abstract**

This work compiles the preliminary results in the implementation of mathematical calculations whose purpose is to generate indicators of economic viability for investment projects and support decision-making, based on the use of Excel, as part of the work carried out in the Bio- industries.

Within the previous study of the antecedents of the state of the art, it has been determined that investment projects for the generation of energy under unconventional sources FNCER in Colombia present nuances of a legal, accounting and financial nature that affect their economic viability, whose structure differs from conventional projects, therefore, the need to program the proposed tool is generated under these guidelines, involving existing technologies and aligning them with current legal and fiscal regulations.

The development reflects the assembly carried out in Excel of the mathematical operations that start from initial data, supplied by the user, structuring the necessary syntax to calculate the indicators. It is preliminary concluded that the implemented methodology is functional for any type of investment project, giving the option of parameterizing those variables that affect specific projects such as the one developed, allowing this tool to be adapted to the specific needs of the end user.

**Keywords:** Financial viability, programming, syntax, FNCER, indicators.

## **Introducción**

### **Estado del arte**

La energía obtenida a partir de la madera se conoce como dendroenergía. Esta fuente de energía se usa de forma directa, así como en sus diferentes transformaciones, plenamente aprovechables (Patiño Diez & Smith Quintero, 2008). Dentro de los usos más conocidos, se enumeran las siguientes:

- En el uso doméstico, se usa la leña como fuente directa de calor, siendo esta la forma más antigua de obtención de energía calorífica;
- En el uso comercial e industrial, se usan los biocombustibles para el funcionamiento de maquinaria y vehículos
- Como fuente de energía eléctrica.

Dentro de las tecnologías existentes se encuentra el ciclo orgánico de Rankine que funciona a partir de turbinas de vapor, los gasificadores, las plantas de combustión, entre otras.

La dendroenergía ha venido ganando aceptación e iniciativas de estudio para su implementación. “La utilización de la biomasa, frente a los hidrocarburos, presenta ventajas comparativas que la hacen atractiva para su utilización en procesos de generación de energía, térmica, motriz o eléctrica, bien sea en sistemas centralizados, en sistemas de generación de energía distribuida o para zonas no interconectadas (ZNI)” (AENE Consultoría S.A - UPME, 2003, pág. 11)

Cabe resaltar que la dendroenergía se ha considerado una alternativa viable para la independencia a los combustibles fósiles. Patiño Diez & Smith Quintero (2008) afirman: “Aspectos como los anteriores, colocan la energía forestal en una perspectiva de desarrollo

optimista en muchos países, prometiendo impactos positivos tanto en el aspecto social como económico” (p. 20).

*Mercado:* Desde el año 1995, la industria del papel dejó de consumir madera de los bosques, para pasar a las plantaciones forestales, sin embargo, se estima que el mercado de la madera para la construcción y usos artesanales aún tiene un 80% de su obtención de materia prima de los bosques (Minambiente, 2015).

El mercado maderero se encuentra bastante concentrado en el país. El primer productor de madera, que ocupa más del 50% de la demanda nacional está en Cundinamarca (Bogotá, Soacha), seguida por la región Medellín-Valle de Aburrá, Bucaramanga-Girón, Cali- Yumbo y Barranquilla (Minambiente, 2015).

Este mercado presenta una alta informalidad en los procesos de producción. El Ministerio de Ambiente (2015) indica:

*“La informalidad se ocasiona fundamentalmente por la ausencia de estándares de calidad para la madera, en un gran volumen de comercio; una parte se abastece de forma ilegal, extraída de los bosques naturales y un alto porcentaje de la madera aserrada se dedica a usos de bajo valor agregado o donde la madera es desechada, por lo menos parcialmente, después de usarse” (p. 14).*

Esto explica que los residuos aprovechables se encuentren dispersos en los bosques.. Al respecto, AENE Consultoría S.A – UPME (2003), comenta:

*“En vista de que la industria del aserrio experimentó un descenso debido a las limitaciones ambientales establecidas para las grandes empresas, la industria maderera se ha fraccionado en un sin número de pequeñas explotaciones o empresas unipersonales e informales que explotan el bosque sin atender las restricciones legales y ambientales, siendo el intermediario el que*

*comercia con la madera y abastece la industria del mueble, construcción, fabrica de chapas, triplex, etc. Estas explotaciones individuales y el uso progresivo de motosierras para procesar madera escuadrada, directamente en el bosque hace que los residuos del bosque natural provenientes del desrame, decortezado, troce y corte queden diseminados directamente en el bosque, por tanto el potencial energético no se puede encontrar concentrado” (p. 100).*

*Generación de empleo:* El sector maderero es uno de los mas importantes por la diversificación de productos y de actividades a desempeñar, tales como la tala y producción de pulpa. La cadena productiva es generadora de oferta laboral de personal no calificado (Mesa Sierra, 2016)

Se estima que del total de la población económicamente activa el 20% se encuentra empleada en el sector agrícola, abarcando un total de 3.7 millones de personas. De este total, se estima que del 10% al 20% corresponde al sector forestal: estando un total de 74.000 personas con vinculación directa, y dada la proporción de plazas laborales de 1:3 entre empleos directos e indirectos, se estima que el país cuenta con un total de 296.000 trabajadores informales en el sector (Mesa Sierra, 2016). En zonas ZNI, la mano de obra requerida en buena parte es no calificada (AENE Consultoria S.A - UPME, 2003)<sup>1</sup>

Respecto al recurso disponible, la nación cuenta con recursos suficientes para generar energía de forma sostenible. Sin embargo, determinados conflictos subyacentes que guardan relación con la expansión de otras actividades económicas han ocasionado que las zonas protegidas se vean afectadas por conflictos asociados a la tenencia de la tierra (AENE Consultoria S.A - UPME, 2003). Esto genera un rezago en el aprovechamiento del mercado forestal.

Respecto a la *inversión*, al encontrarse la nación en una etapa temprana de implementación, motivo por el cual, y tal como se destacó en el estudio de Quintero Gonzalez & Quintero González (2015), los costos de inversión inicial en capital y mantenimiento son bastante elevados, respecto a otras tecnologías.

*Información estadística:* Los proyectos tienen limitantes en la información disponible. A pesar que las autoridades ambientales han hecho esfuerzos para obtener un sostén estadístico sólido, actualmente no se cuenta con una base de datos unificada de lo siguiente:

- Materias primas y procesos asociados
- Actores involucrados
- Costos y tratamiento específico a nivel cambiaria, contable, y jurídico.

Esto denota un problema de *segmentación*. Como ejemplo de esto se realizó el ejercicio de búsqueda de los incentivos tributarios en la implementación de dichos proyectos y que tienen incidencia en la utilidad, así como el procedimiento para computarlos bajo la norma fiscal (ley 1715 de 2014). La información se encontraba dispersa en varios decretos, tomando como ejemplo el incentivo de *depreciación acelerada*, en el cual solamente se indica el porcentaje anual máximo permitido. Esto implica una mayor gasto en recursos. Al respecto, en el documento “Uso y Legalidad de la madera ” publicado por Minambiente en 2015, se indica:

*“Los resultados coinciden en identificar características del sector, que se han mantenido en el tiempo, convirtiéndose en limitantes para el manejo sostenible del bosque natural. Por ejemplo, los estudios confirman que las especies utilizadas no han cambiado, salvo las que han entrado a reemplazar a las agotadas, se continua con el aprovechamiento selectivo y el exceso de intermediarios en la comercialización, hay deficiencias en la información confiable, falta de control, la insuficiencia en los sitios de acopio se mantiene, continúan la*

*falta de claridad y dificultades para el trámite de autorizaciones, y no existe o es escasa la capacitación en el sector.* (Minambiente, 2015, pág. 12)

En esta publicación se midió el *nivel de conocimiento en el orden nacional en cuanto a manejo sostenible de los bosques*, obteniendo las siguientes puntuaciones:

Aspecto	Nivel*
Conoce qué es manejo sostenible de bosques	2,9
Considera que el manejo sostenible de los bosques permite obtener maderas legales en el país	3,2
Sabe qué es el Pacto para el uso de la madera legal	2,2
Conoce las sanciones e implicaciones legales que tiene la compra y/o transporte de madera ilegal	2,9

\*Escala de valores de Likert: muy alto (5), alto (4), medio (3), bajo (2), nulo (1)

**Figura 1: Resultado encuestas de actores en el orden nacional. Recuperado de**

[https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza\\_forestal\\_2/12.](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12.)

[Uso y Legalidad de la Madera.pdf](#)

Este resultado indica que los encuestados tienen un limitado conocimiento sobre el tema, factor que puede incidir en el aprovechamiento eficiente del recurso.

Al respecto, Minambiente (2015) afirma que:

*“Estas dificultades son ya reconocidas por el subsector forestal, que ponen en evidencia la problemática del mercado de la madera en el orden nacional, la cual constituye un factor influyente en el desarrollo social dado que conlleva a los involucrados a la búsqueda de alternativas que repercutan en la dinámica del bosque y la sostenibilidad ambiental (p. 24).*

Año	Madera movilizada bosque natural *(m³)	Madera movilizada plantaciones **(m³)	Importación de madera sólida ***(m³)	Importación de tableros ***(m³)	Total oferta (m³)
2009	1.533.653,88	292.400,60	18.202,61	188.197,61	2.032.454,70
2010	1.379.542,31	1.089.500,53	35.787,24	254.283,34	2.759.113,42
2011	1.143.186,27	753.532,06	33.105,93	289.631,09	2.219.455,36
2012	763.096,64	826.860,05	52.903,65	317.742,25	1.960.602,59
2013	480.504,29	1.495.647,25	34.623,42	360.955,11	2.371.730,07

Año	Total oferta (m³)	Total consumo (m³)	Balace (m³)	Subregistro (m³)
2009	2.032.454,70	3.136.081,91	-1.103.627,22	
2010	2.759.113,42	3.325.496,16	-566.382,74	
2011	2.219.455,36	3.478.551,48	-1.259.096,13	
2012	1.960.602,59	3.603.018,47	-1.642.415,88	
2013	2.371.730,07	4.479.878,28	-2.108.148,21	-6.679.670,16

**Figura 2: Oferta de madera 2009-2013 y balance de oferta y demanda. Recuperado de**

[https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza\\_forestal\\_2/12\\_Uso\\_y\\_Legalidad\\_de\\_la\\_Madera.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12_Uso_y_Legalidad_de_la_Madera.pdf)

### **Planteamiento del problema**

Los proyectos de inversión para generación de energía bajo fuentes no convencionales en Colombia presentan componentes diferenciales de orden jurídico, fiscal y contable que precisan un tratamiento específico para su correcta formulación y análisis, respecto a los demás proyectos de inversión, como por ejemplo:

- Incentivos tributarios por inversión en FNCER;
- Estructura de costos (costo nivelado)
- Depreciación acelerada de activos

A la fecha, no se cuenta con una metodología estructurada que agrupe estos factores, los cuales inciden en la utilidad final y en el concepto de viabilidad económica del proyecto de inversión, por lo que se genera la necesidad de estructurar una herramienta que incorpore estas variables, con su respectivo proceso matemático, para generar indicadores financieros acordes con la realidad económica de estos proyectos de inversión que permitan la adecuada toma de decisiones.

## Desarrollo

### Modelo conceptual

La metodología implementada consiste en la generación de variables que parten de entradas suministradas por el cliente, cuyo resultado final es el cálculo de indicadores financieros.

Para definir la sintaxis se definieron las operaciones matemáticas necesarias para generar variables utilizadas en los distintos módulos bajo los cuales se generará el estado de resultados, ordenados así:

- INVERSION INICIAL
- 1. Mercado
- 2. Ingresos, ventas
- 3,1 Costo Nivelado
- 3.2 Costos y Gastos
- 4. Nómina
- 5. Financiación
- INDICADORES FINALES

Se expondrán los módulos con las operaciones como paso necesario para entender su estructura, dinámica y pasos lógicos a seguir al resultado final, como objetivo principal del presente trabajo.

## A. INVERSIÓN INICIAL

En el desarrollo del módulo se tomó como punto de referencia el costo de capital estimado de una planta de biomasa con la tecnología ORC, con capacidad de generación de 2 MW:

INVERSION INICIAL					
1.1 Planta de generación de energía ORC					
ENTRADAS					
Tecnología	TEC	ORC	Organic Rankine System		
Tasa rep del mercado	TRM	3873.80	COP 25 Septiembre		
Horas totales	HT	7,446	Horas / año		
Factor de conversión	FC	1,000	KW por MW		
Potencia instalada	PI	3	MW		
Vida útil del proyecto	T	10	años		

  

SECCION	Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
Typical investment costs in ORC plant (CAPEX)	INV-USD	Inversión planta USD	$(PI(2,1) * FC) * CCI(2,3)$	5,400,000	USD
	CAPEX	Inversión planta COP	$(PI(2,1) * FC) * CCI(2,3) * TRM$	20,918,520,000	COP
		Fondos propios		18,826,668,000	90%
		Financiacion		2,091,852,000	10%

*Figura 3: Módulo de inversión. Elaboración propia*

Se han definido las tecnologías disponibles a evaluar, así como el costo de inversión acorde con su capacidad de generación, con la variable “TEC” que es dicotómica, la cual trae al módulo los valores asociados de la tecnología escogida.

El usuario ingresa las entradas de TRM, horas totales de generación, factor de conversión, potencia y vida útil del proyecto.

Se expone la presente tabla de calculo con el costo de inversión en dólares y pesos, variables definidas como INV-USD y CAPEX, sobre las cuales el usuario escoge la potencia:

POTENCIA		Costo específico USD / KW	
1-5 MW		1,800	
5-20 MW		1,500	
>20 MW		1,200	

  

PI	CCI	INV-USD	CAPEX
<u>Potencia (MW)</u>	<u>Capital instalado (USD / KW)</u>	<u>Costo planta (USD)</u>	<u>Costo planta (COP)</u>
1	1,800	\$ 1,800,000	\$ 6,972,840,000
2	1,800	\$ 3,600,000	\$ 13,945,680,000
3	1,800	\$ 5,400,000	\$ 20,918,520,000
4	1,800	\$ 7,200,000	\$ 27,891,360,000
5	1,800	\$ 9,000,000	\$ 34,864,200,000
6	1,500	\$ 9,000,000	\$ 34,864,200,000
7	1,500	\$ 10,500,000	\$ 40,674,900,000
8	1,500	\$ 12,000,000	\$ 46,485,600,000
9	1,500	\$ 13,500,000	\$ 52,296,300,000
10	1,500	\$ 15,000,000	\$ 58,107,000,000
11	1,500	\$ 16,500,000	\$ 63,917,700,000
12	1,500	\$ 18,000,000	\$ 69,728,400,000
14	1,500	\$ 21,000,000	\$ 81,349,800,000
15	1,500	\$ 22,500,000	\$ 87,160,500,000
16	1,500	\$ 24,000,000	\$ 92,971,200,000
20	1,200	\$ 24,000,000	\$ 92,971,200,000
21	1,200	\$ 25,200,000	\$ 97,619,760,000
22	1,200	\$ 26,400,000	\$ 102,268,320,000
25	1,200	\$ 30,000,000	\$ 116,214,000,000

**Figura 4: Costos de capital CAPEX. Elaboración propia**

El cálculo matemático con el vector involucra las entradas iniciales. El costo de capital se calculó con base en el estudio realizado por ICF International, sobre los procesos WHP (waste heat to power) (ICF INTERNATIONAL, 2015):

**Table 5. Waste Heat to Power Costs**

Technology	Cost Characteristic	Electric Capacity for WHP Technology				
		50-500 kW	500-1,000 kW	1-5 MW	5-20 MW	>20 MW
Steam Rankine Cycle	Installed Capital Cost, \$/kW	\$3,000	\$2,500	\$1,800	\$1,500	\$1,200
	O&M Costs, \$/kWh	\$0.013	\$0.009	\$0.008	\$0.006	\$0.005
Organic Rankine Cycle	Installed Capital Cost, \$/kW	\$4,500	\$4,000	\$3,000	\$2,500	\$2,100
	O&M Costs, \$/kWh	\$0.020	\$0.015	\$0.013	\$0.012	\$0.010

Source: ICF analysis based on equipment manufacturer input.

Figura 5: Costos WHP. Fuente: ICF International, sección 3.3 de costos, página 20.

Esta información facilitó la proyección de los costos de capital, teniendo en cuenta la dificultad de encontrar los precios en dólares de las plantas de biomasa.

Esta tabla plasma el costo en USD / KW de operación y mantenimiento, calculada como un porcentaje sobre el costo de capital, ubicada en el módulo de “Costos”.

## 1. Mercado

MERCADO					
<u>ENTRADAS</u>					
Tecnología	TEC	ORC			
Potencia	PI	3	MW		
Factor de conversión	FC	1000	KW por MW		
Horas	HORA	24	Horas en el día		
Días	DIA	365	Días en el año		
Mantenimiento	MAN	15%	Margen del total de horas en mantenimiento		

  

<u>Variable</u>	<u>Descripcion Variable</u>	<u>Calculo matemático</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>Unidades</u>
HG	Horas generación	HORA * DIA	8,760	Horas / año
M	Mantenimiento	HG * MAN	1,314	Horas / año
HT	Horas totales	HG - M	7,446	Horas / año
EG	ENERGIA GENERADA	PI * HT	22,338,000	kWh / año
EG (mes)	Capacidad de generación mensual	CG * vector "Part Ventas"	1,720,026	kWh / mes

**Figura 6: Modulo Mercado. Elaboración propia.**

En este módulo se calcularon las horas totales de generación de energía, horas de mantenimiento, y la capacidad de generación en kWh al año. Las variables se encuentran ordenadas de tal manera que algunas entradas provienen del modulo de inversión inicial junto con las suministradas por el usuario.

Con una potencia instalada de 3 MW, la energia generada del proyecto es de 22.338.000 kWh al año. En el flujo de caja, se va a crear un vector denominado “Participación” el cual pondera un porcentaje por mes, para que el usuario visualice la generación energética acorde a su preferencia.

<b>Vector "Part. Ventas"</b>	
<b>Mes 1</b>	<b>7.70%</b>
Mes 2	7.70%
Mes 3	8.10%
Mes 4	8.20%
Mes 5	8.30%
Mes 6	8.40%
Mes 7	8.50%
Mes 8	8.50%
Mes 9	8.50%
Mes 10	8.60%
Mes 11	8.70%
Mes 12	8.80%
TOTAL	100.00%

\* : Al multiplicar por CG genera una matriz y se deben incorporar el numero de años del proyecto

*Figura 7: Vector "participacion ventas". Elaboración propia.*

Estas variables permitirán generar la proyección de ingresos.

## 2. Ingresos

INGRESOS, VENTAS			
ENTRADAS			
Tecnología	TEC	ORC	
Precio de venta	PV	450	COP / kWh
Energía generada	EG	22,338,000	kWh / año
% ventas al contado	PCON	80%	
% ventas al crédito	PCRE	20%	

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
VCON	Ventas contada	$(PV * EG) * PCON$	8,041,680,000	COP al año
VCRE	Ventas crédito	$(PV * EG) * PCRE$	2,010,420,000	COP al año
VT	Ventas totales	$\Sigma (VCON, VCRE)$	10,052,100,000	COP al año

Precio de venta de \$ 450 pesos por kWh

**Figura 8: Modulo ingresos, ventas. Elaboración propia.**

Este modulo calcula el ingreso en pesos colombianos a partir de la tecnología ORC , variable del módulo “A. INVERSIÓN INICIAL” y de EG, del módulo “mercado”, junto con las entradas suministradas por el usuario (precio de venta y % ventas).

Se procede a calcular el ingreso por tipo de cliente y las ventas totales, con un precio de venta estimado de \$ 450 COP / kWh.

### 3.1 Costo nivelado

#### COSTO NIVELADO

#### ENTRADAS

Vida útil del proyecto	T	10	años
Tasa de descuento	R	7%	%
Inversión planta COP	CAPEX	20,918,520,000	COP
Costo OYM	CE-OYM	1,464,296,400	COP
Energía generada	EG	22,338,000	kWh / año
Factor $(1+r)^t$	F	1.967	

Variable	Descripción Variable	Cálculo matemático	Ejemplo	Unidades
LCOE	Costo Nivelado (levelized costs)	$\frac{CAPEX + \frac{\sum (CE - OYM \times T)}{F}}{\frac{EG \times T}{F}}$	\$249.77	COP / kWh

Producir cada kWh sale a 250 pesos

**Figura 9: Módulo “costo nivelado”. Elaboración propia.**

Este módulo involucra variables definidas en A. INVERSIÓN INICIAL y en el módulo “mercado”, así como la tasa de descuento suministrada por el usuario. El costo de operación y mantenimiento corresponde al 7% sobre el CAPEX al año.

El costo nivelado calcula el valor en COP / kWh, utilizado para comparar en estas unidades el costo de generación de cada tecnología. El resultado obtenido arroja un costo de generación de \$ 250 pesos por kWh tomando como referencia los valores estimados.

### 3.2 Costos y gastos

COSTOS Y GASTOS				
ENTRADAS				
COSTOS DIRECTOS	Tecnología	TEC	ORC	Variable dicotómica. Si TEC = ORC; CE = USD / MWH al año
	Costo operación y mantenimiento	COM	7%	% del CAPEX
	Potencia instalada	PI	3	MW
	Insumos	INSUMO	500	m3 / mw al año
	Costo insumo	CINSUMO	15	USD
COSTOS INDIRECTOS	Tasa representativa de cambio	TRM	3,873.80	COP 25 Septiembre
	Acueducto, alcantarillado y aseo	AAA	3,000,000	COP al año
	Energía eléctrica	EE	3,000,000	COP al año
	Teléfono e internet	TI	3,000,000	COP al año
	Aseo, cafetería y papelería	ACP	3,000,000	COP al año
	Arrendamiento	ARR	3,000,000	COP al año
	Vigilancia privada y sistema de alarmas	VP	3,000,000	COP al año
GASTOS ADMINISTRATIVOS	Honorarios personal externo (contador, sgst)	HON	100,000	COP al año
	Recursos SGST (exámenes de ingreso, datación, etc. SGST)		100,000	COP al año
	Licencias y programas	LP	100,000	COP al año
	Otros	OTROS	100,000	COP al año

  

Variable	Descripción Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
CE-OYM	Costo específico OYM	CAPEX * COM	1,464,296,400	COP AL AÑO
MP	Materia prima	(CINSUMO * TRM) * INSUMO * PI	87,160,500	COP AL AÑO
CIP	Costos indirectos producción	$\sum$ (Costos indirectos) * vector "magnitud de costo indirecto" (2,1)	12,600,000	COP AL AÑO
CIA	Costos indirectos administrativos	$\sum$ (Costos indirectos) * vector "magnitud de costo indirecto" (2,2)	5,400,000	COP AL AÑO
OGA	Otros gastos administración	$\sum$ (HON, SGST, LP, OTROS)	400,000	COP AL AÑO

Figura 10: Módulo "costos y gastos". Elaboración propia.

Este módulo contiene los costos y gastos del proyecto, divididos por área. La estructura organizacional se compone de producción y administración, cuyo funcionamiento implica el gasto de recursos, definidos a partir de presupuestos anuales. La distinción de costo contra gasto se realiza para su ubicación en el estado de resultados:

Vector "magnitud de costo indirecto"	
Producción	70%
Administración	30%

  

ESTADO DE RESULTADOS	
CPTOTAL - Costo producción	$\sum$ CE-OYM, MP, CIP, NP
GATOTAL - Gasto administrativa	$\sum$ CIA, OGA, NA

Figura 11: Vectores CYG. Elaboración propia

A partir del presente vector, el usuario puede definir la magnitud de costo indirecto que corresponde a cada área.

### 4.Nomina



Figura 11: Modulo "nómina". Elaboración propia

Este modulo agrupa los salarios, deducciones realizadas, gastos de seguridad social y prestaciones sociales. El usuario selecciona el tipo de empleado y la cantidad para calcular los valores que dependiendo del área, se clasifican entre costo y gasto. Esto tambien se relaciona con la tarifa de ARL a pagar, puesto que para el personal de producción se debe pagar el 6.96% de su salario por desempeñar actividades de alto riesgo (V), a diferencia del personal administrativo que cotiza sobre el riesgo minimo (I).

## 5.1 Financiación

### GASTOS NO OPERACIONALES 5.1: Financiación

#### ENTRADAS

Monto	2.091.852.000
TEA (Tasa Efectiva Anual)	18,00%
Plazo años	10
Plazo meses	12

Variable	Descripción Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
TEM	Tasa efectiva mensual	$(1 + \text{Tasa Efectiva Anual})^{(1/12)} - 1$	1,389%	%
C	Cuota	$(\text{Monto} * (\text{TEM} * (1 + \text{TEM})^n) / ((1 + \text{TEM})^n) - 1$	34.281.997,15	COP MENSUAL
INT	Interes	Monto * TEM	29.052.540,80	COP MENSUAL
CAP	Capital	Cuota - interes	5.229.456,34	COP MENSUAL
FI	Financiación total	$\Sigma (\text{CAP}, \text{INT})$	411.383.966	COP AL AÑO
S	Saldo	Monto - capital	2.086.622.544	COP MENSUAL

Se repite la misma operación de calcular intereses y capital durante los 60 meses que dure el crédito.

Para el flujo de caja y ER se considera gasto no operacional

CAP TOTAL	$\Sigma (\text{matriz "financiación" casilla capital})$
INT TOTAL	$\Sigma (\text{matriz "financiación" intereses})$

**Figura 12: Módulo “financiación”. Elaboración propia**

En este módulo el usuario ingresa el monto a solicitar a la entidad financiera, la tasa efectiva anual y el plazo, para calcular la tasa efectiva mensual, cuota, intereses y el saldo.

La utilidad de este modulo aporta a que el usuario pueda ver el costo total de intereses por pagar a la entidad financiera, para escoger la mas adecuada a su estructura de costos, y optimizar el recurso económico.

Este rubro hace parte de los gastos no operacionales.

## 5.2 Depreciación

GASTOS NO OPERACIONALES  
5.2 Depreciación

### ENTRADAS

Tipo		MYE	
	VA	100.000.000	COP
	T	10	Años
	VR	15%	% valor de salvamento
	DA	20%	Según incentivo tributario de depreciar sobre el 20% anual, ley 1715 de 2014

Variable	Descripción Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
RES	Valor residual	$(VA * VR)$	15.000.000	COP
DEP	Depreciación	$(VA - RES) / T$	8.500.000	COP AL AÑO
DEPA	Depreciación Acelerada	$(VA - RES) * (FDA)$	17.000.000	COP AL AÑO

Figura 13: Modulo “depreciación”. Elaboración propia

Este modulo incorpora la depreciación de activos en linea recta, y la *depreciación acelerada*, en la que la inversion en maquinaria para proyectos FNCER puedan amortizarse a un valor máximo del 20% anual, como incentivo tributario de la ley 1715 de 2014.

El usuario determina si su activo tiene valor residual en caso que quiera venderlo, reconociendo su valor en el proceso contable. Con esto, se calcula el valor a depreciar sobre la vida util del activo.

## 6. Impuestos

### IMPUESTOS

#### ENTRADAS

Ventas totales	VT	10.052.100.000	COP
Vida útil del proyecto	T	10	Años
Inversion planta	CAPEX	20.918.520.000	COP
Tarifa ICA	TICA	11,04/1000	%

<u>Variable</u>	<u>Descripcion Variable</u>	<u>Calculo matemático</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>Unidades</u>
ICA	Impuesto de industria y comercio	$VT * 11,04/1000$	110.975.184	COP AL AÑO
INC INV	Incentivo tributario sobre la inversion deducible de renta	$(CAPEX * 50\%) / T$	1.045.926.000	COP AL AÑO

*Figura 14: Modulo “impuestos”. Elaboración propia*

Este modulo calcula los impuestos a pagar cuya base son las ventas totales. La generación de energía eléctrica está gravada con la tarifa ICA del 11.04/1000, para el calculo del ICA anual.

Asimismo, se calcula el incentivo tributario por la inversión en proyectos FNCER deducible del impuesto a la renta, correspondiente al 50% del CAPEX dividido durante la vida util del proyecto.

El impuesto a la renta no se calcula en este módulo puesto que la base es la **utilidad antes de impuestos**.

## Resultados

ESTADO DE RESULTADOS DEL PROYECTO													
Tasa de descuento		R	7%	Anualidad									
RUBRO	CONCEPTO	SIGNO	Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ventas	+	VT	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000
OPERATIVOS	Costos	-	CPTOTAL	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900
	Gastos	-	GATOTAL	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011
NO OPERATIVOS	Financiación	-	FI	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966
	ICA Anual	-	ICA	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184
	Depreciación	-	DEP	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000
	Inversión inicial	-	CAPEX	- 20.918.520.000									
	Impuestos (renta 33%)	-			2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171
	MENOS: INC INV	+		1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000
	<b>utilidad</b>			- 11.997.208.061	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769
	VPN			27.061.983.176,9									
	TIR			51%									
													Proyecto viable, pdte calcular impuestos
<b>Payback</b>				3,33	Inversión / utilidad año 1								
				39,93	Años para retomo de inversión								
					Meses para retomo inversión								
<b>Precio de venta</b>				377,45	LCOE * TIR								
					Precio de venta mínimo COP / kWh								

Figura 15: Estado de resultados. Elaboración propia

Las variables generadas en los módulos anteriores permitirán construir el estado de resultados del proyecto, y los indicadores financieros: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Payback, y precio de venta en el que se incorpora la TIR hallada. La columna “signos” muestra la estructura matemática, cuyo cálculo final es la **utilidad del ejercicio**. Con los valores calculados se estima que la inversión se recuperará en 3,3 años, con un precio de venta de 377 pesos por kWh, VPN positiva y TIR del 52%, siendo viable el proyecto en estas condiciones.

## Conclusiones

- El proceso anteriormente descrito plasma un orden sistemático en la generación de variables que le permite al usuario entender paso a paso la estructura del cada rubro del balance, así como del estado final de resultados y su lógica matemática.
- Este ejercicio se puede implementar para cualquier tipo de tecnología y trasladarse a lenguajes de programación de tal manera que el usuario solamente deba insertar las entradas solicitadas y genere los informes que requiera, toda vez que el usuario tenga conocimiento previo de los presupuestos que se van a ejecutar, así como de los datos de orden técnico que guardan relación con la producción de energía.
- El estado de resultados generado resulta versátil en el sentido que resume la información más relevante para la toma de decisiones, y la parametrización da la libertad de configurar y visualizar diferentes informes de series de tiempo a solicitud del usuario, tales como flujo de caja y efectivo, balance general, entre otros.
- La presente herramienta debe estar soportada del estudio técnico previo para su respectiva implementación.

## Referencias

- AENE Consultoria S.A - UPME. (2003). *Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia: Informe final*. Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de Unidad de Planeación Minera y Energética: <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1287>
- Food and Agriculture Organization for the United Nations FAO. (2014). *El planteamiento sobre bioenergía y seguridad alimentaria - BEFS de la FAO. Guía de implementación*. Recuperado el 30 de Mayo de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-i3672s.pdf>
- ICF INTERNATIONAL. (March de 2015). *Waste heat to power market assessment*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2020, de <https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub52953.pdf>
- Mesa Sierra, J. (2016). *Condiciones de trabajo en dos empresas del sector forestal, ubicadas en los departamentos de Cundinamarca y Amazonas. Enero-Julio 2016*. Recuperado el 1 de Junio de 2020, de Universidad Nacional de Colombia, : <http://bdigital.unal.edu.co/57412/1/35479767.2017.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Uso y legalidad de la madera en Colombia. Análisis parcial*. Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza\\_forestal\\_2/12.\\_Uso\\_y\\_Legalidad\\_de\\_la\\_Madera.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12._Uso_y_Legalidad_de_la_Madera.pdf)
- Ministerio Federal Alemán de Alimentación y Agricultura BMEL & Food and Agriculture Organization for the United Nations FAO. (Febrero de 2014). *Bioenergía y Seguridad Alimentaria, evaluación rápida BEFS RA. Componente madera combustible y residuos de madera. Sección 2: Presupuesto para plantaciones de madera como combustible*.