


Evaluación técnica y financiera de un proyecto de transición a FERNC¹ en una granja avícola de pequeñas dimensiones

Technical and financial evaluation of a transition project to NCRES in a poultry farm of small dimensions

Alejandro Paz Parra  <https://www.javerianacali.edu.co/profile/alejandro-paz>
Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, (Colombia)
apaz@javerianacali.edu.co

Eder Pineda Arévalo
Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, (Colombia)
Epineda88@javerianacali.edu.co

Juan Camilo Rojas Franco
Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, (Colombia)
juan.rojas@javerianacali.edu.co

Jorge Álvarez  <https://www.javerianacali.edu.co/perfil-profesor/jorge-enrique-alvarez>
Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, (Colombia)
joalvare@javerianacali.edu.co

Resumen

En el presente artículo se hace un análisis técnico y financiero de las condiciones mediante las cuales se puede sustituir la energía eléctrica proveniente de la red con energía eléctrica generada en sitio a través de paneles solares fotovoltaicos en dos escenarios posibles de implementación: un sistema de generación con almacenamiento de energía usando baterías y un sistema con inyección de energía a la red de acuerdo con la resolución 030 de 2018 de la CREG que regula la ley 1715 de 2014. Se obtiene como resultado que dadas las dimensiones del proyecto solo se alcanza viabilidad financiera en el escenario que permite la inyección de excedentes a la red en los términos contemplados en la resolución 030-2018 de la CREG.

Palabras claves: FERNC, Energía solar FV, Transición energética, Evaluación financiera.

Abstract

This paper shows the technical and financial analysis of the conditions that allow replacing the energy from the electrical power grid for energy obtained from photovoltaic solar panels (PV) in two possible implementation scenarios: a battery-based energy storage system and an energy injection system according to Resolution 030 of 2018 regulated by the law 1715 of 2014. It is obtained that given the dimensions of the project, the financial viability is only achieved in the scenario that allows the injection of electric energy to the network in the terms defined by resolution 030-2018 of the CREG.

Key Words: Non-conventional Renewable Energy Sources, Photovoltaic solar energy, Energetic transition, financial evaluation.

¹ FERNC: Fuentes de energía renovables no convencionales.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción avícola en Colombia cuenta con aplicación de excelentes tecnologías, incluyendo desarrollos avanzados en la genética de los animales, generando en estos, altas sensibilidades a los cambios de entorno con mayor exigencia de los sistemas de control ambiental de los galpones [1].

Existe un rango de temperaturas en el cual las aves no tienen necesidad de poner en marcha ningún mecanismo para ajustar su temperatura a la del medio; este rango es muy estrecho en los pollos de 0-4 semanas de edad (32 a 35°C) y mucho más amplio (29 a 36°C) en el pollo de 4-6 semanas de edad [2]. No obstante que en las zonas de Colombia donde se produce pollo de engorde se tienen las temperaturas adecuadas según las recomendaciones de North y Bell [3], no se cumple en general con el requisito de tener variaciones menores a 10°C en 24 horas, ya que estas zonas se tienen usualmente variaciones superiores a los 15°C por día [3].

A pesar de que las aves domésticas, en este caso pollos de engorde, son homeotermos (de sangre caliente) y tienen la capacidad de conservar la temperatura de sus órganos de forma bastante uniforme, este mecanismo resulta poco eficiente si la temperatura del galpón no está dentro de rangos establecidos, lo cual hace que las aves no puedan adaptarse a las temperaturas externas, y en consecuencia no les permite mantener el equilibrio térmico [4].

El método usado tradicionalmente en las pequeñas granjas productoras para mantener la temperatura controlada en los galpones, consiste en la instalación de bombillos incandescentes para calefacción, lo cual resulta costoso debido al consumo de energía eléctrica proveniente de la red los cuales son afectados sensiblemente por los incrementos periódicos en el valor del kW-h.

II. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA

La granja estudiada se encuentra ubicada en el municipio de Calima el Darién (Valle del Cauca) como se observa en la imagen satelital mostrada en la figura 1.



Fig. 1 Ubicación de la granja estudiada. Fuente: Imagen satelital tomada de Google Maps [5]

Este municipio tiene una superficie de 1.154 Km² siendo el tercero en extensión del Valle del Cauca, después de Buenaventura y Dagua. Cuenta con 76,6% en territorios húmedos, fríos, cubiertos de vegetación espesa y variaciones de temperatura promedio de 17°C a 30°C en un

día. Para mantener la temperatura adecuada dentro de los galpones donde se disponen los pollos, se hace uso de bombillos incandescentes que cumplen dos funciones; iluminar en las noches para que las aves encuentren alimento en horas de poca visibilidad y como mecanismo externo de calefacción [6].

En la granja se crían pollos desde los 15 días de nacidos hasta los 50-55 días cuando alcanzan el peso necesario para la venta. Como se muestra en el diagrama de proceso representado en la figura 2, se tienen constantes viajes de abastecimiento entre el municipio de Buga – Valle del Cauca y el sitio de ubicación de la granja con el fin de transportar pollos, medicamentos y alimento hasta la granja. En la Figura 2 se muestra el consumo de energéticos primarios en cada etapa del proceso de crianza de las aves que se realiza en la granja.

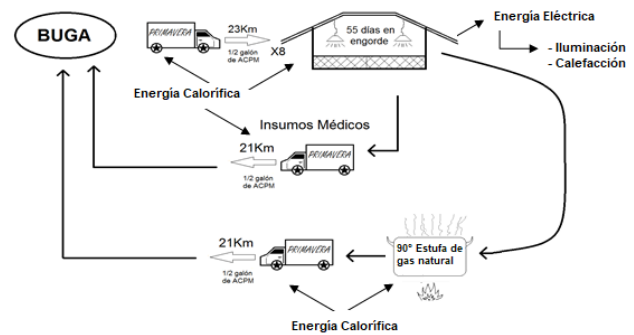


Fig. 2 Diagrama de proceso de engorde de pollos. Fuente: Elaboración propia

Por cada galpón se tienen 4 lotes (subdivisiones) donde se distribuyen los pollos por edades y donde en cada uno de estos se tiene un bombillo incandescente de 100W como se muestra en la figura 3, para lograr la iluminación y calefacción necesaria según lo recomendado por Avigen [7]. Este sistema de iluminación/calefacción se usa en periodos de 11.5 horas diarias en horario de 18:00 de un día hasta las 5:30 del día siguiente.

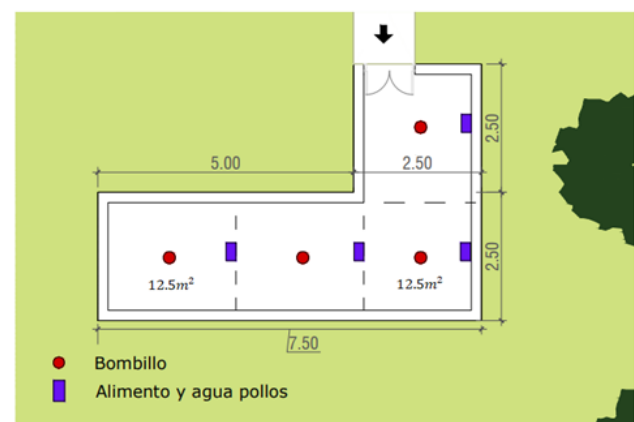


Fig. 3 Dimensiones y divisiones de cada galpón. Fuente: Elaboración propia

La capacidad máxima de toda la granja es de 480 pollos distribuidos en 6 galpones como se ilustra en la figura 4,

donde se observan también, las subdivisiones mencionadas en cada uno de ellos.

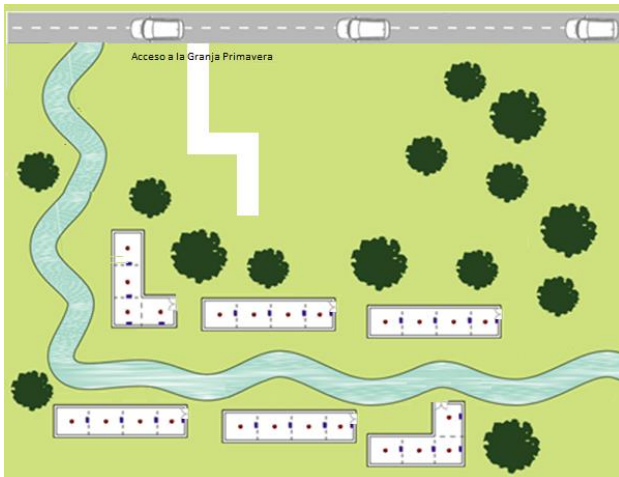


Fig. 4 Distribución de galpones en la granja. Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA APLICADA

Para evaluar el uso de la energía se realiza un balance general energético comenzando desde los energéticos primarios hasta el uso final, se establece el costo de cada uno de ellos para poder establecer su impacto en los costos de producción, siguiendo la metodología indicada en el artículo “Diez pasos para el ahorro sostenible de energía en una pequeña y mediana empresa” [8].

A. Evaluación del consumo de energía en la granja bajo estudio

En la granja estudiada se tiene consumo de energía de dos tipos, energía eléctrica y energía calorífica que se consumen en diferentes puntos del proceso de engorde de las aves como se evidencia en el diagrama de procesos mostrado en la figura 2.

La energía eléctrica consumida se encuentra principalmente en el proceso de iluminación y calefacción con los bombillos incandescentes. El consumo de estos dispositivos se calcula teniendo en cuenta la cantidad de bombillos, la potencia nominal y la cantidad de horas de uso diario, teniendo así, que el consumo total de energía eléctrica en el proceso es de 3.17 kWh/pollo de acuerdo a la ecuación 1.

$$TE = \frac{PNB \cdot NB \cdot HD \cdot DP}{NTP \cdot 1000} \quad (1)$$

Donde:

TE: energía total

PNB: potencia nominal del bombillo

NB: número de bombillos

HD: horas de uso diario

DP: días de uso en el proceso

NTP: número total de pollos en la granja

El factor 1000 en el denominador corresponde a la conversión de vatios a kilovatios.

Para el caso bajo análisis se tiene:

PNB: 100W

NB: 24

HD: 11.5h

DP: 55d

NTP: 480

La energía calorífica consumida en el proceso es de 0.44 kWh/pollo en el proceso según se desprende de la ecuación 2:

$$TE = \frac{CC \cdot EC \cdot NV \cdot 0.2925}{NTP} \quad (2)$$

Donde:

TE: energía total

CC: consumo de combustible

EC: energía del combustible

NV: número de viajes

NTP: número total de pollos en la granja

El factor 0.2925 en el numerador corresponde a la conversión de kBTU a kilovatios.

Para el caso bajo análisis se tiene:

CC: 1gal

EC: 138kBTU/gal

NV: 4

NTP: 480

Para la energía consumida por concepto de transporte y, en la ecuación 3 en el proceso de preparación. Este consumo está asociado al transporte entre el municipio de Buga y Darién y al proceso de preparación de los pollos, donde se requiere agua caliente para hacer más fácil la extracción de plumas de las aves.

El cálculo de la cantidad de energía requerida en el proceso de preparación se realiza teniendo en cuenta que la cantidad de pollos que consumen esta energía en el proceso corresponde a la cantidad de pollos de un lote (20) porque solo se preparan esta cantidad de pollos en cada ciclo del proceso.

$$TE = \frac{CG \cdot EG \cdot NV \cdot 1.16}{NTP \cdot 1000} \quad (3)$$

Donde:

TE: energía total

CGN: cantidad de gas natural

EGN: energía del gas natural

NTP: número total de pollos en el proceso de preparación

El factor 1.16 en el numerador corresponde a la conversión de kilocalorías a vatios y el factor 1000 en el denominador corresponde a la conversión de vatios a kilovatios.

Para el caso bajo análisis se tiene:

CGN: 0.19m³

EGN: 9450kcal/m³

NTP: 20

En la tabla 1 se muestra el consumo específico detallado de cada uno de los sistemas que consumen energía, tanto eléctrica como calorífica.

Consolidado de Consumo de Energía	
	Energía (kWh/pollo)
Energía Eléctrica	
Eléctrica Iluminación	0,32
Eléctrica Calefacción	2,85
Energía Calorífica	
Transporte	0,34
Proceso de Preparación	0,10
Total	3,61

Tabla 1 Total de consumo de cada uno de los tipos de energía en la granja. Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de torta mostrado en la figura 5, se evidencia que la mayor parte de la energía eléctrica consumida en el proceso está en el sistema para la calefacción de los pollos con 2.85 kWh/pollo correspondiente lo cual representa un 86% del total de la energía consumida en el proceso de crianza.

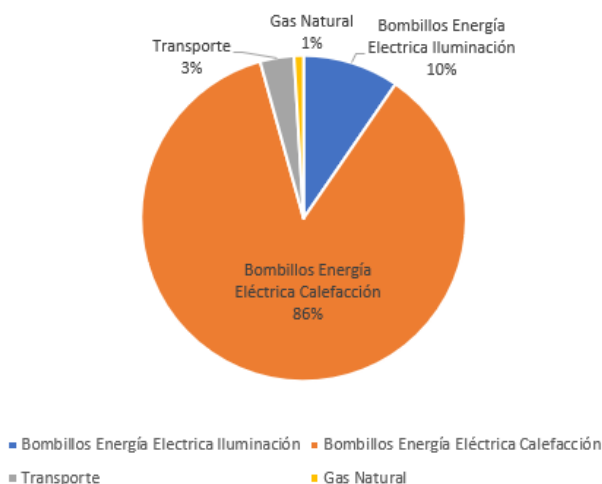


Fig. 5 Distribución porcentual de consumo de energía. Fuente: Elaboración propia

Para hacer la migración de la fuente de energía se propone hacer uso de fuentes de energía renovable no convencionales, valiéndose de los recursos energéticos disponibles en el lugar de la granja estudiada.

De los recursos disponibles en la granja, el más destacado es el recurso solar según los datos de radiación solar proporcionados por la UPME [9] que alcanza un promedio diario de radiación solar horizontal de 4.14 kWh/m²/d según la información obtenida del software RETScreen usado en la herramienta *Surface Meteorology and Solar Energy* [10]. El peor escenario de radiación en esta ubicación es 3.82 kWh/m²/d correspondiente al mes de diciembre y con el cual se hacen todos los cálculos para tener en cuenta el peor escenario posible.

B. Propuesta de alternativas para la transición a FERNC

En la figura 6 se muestra el sistema analizado como escenario 1, que hace uso de paneles solares fotovoltaicos capaces de generar la energía necesaria para la calefacción e iluminación usando bombillos incandescentes. Este sistema usa baterías para almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos durante el día y usarla durante la noche donde el recurso solar es inexistente.

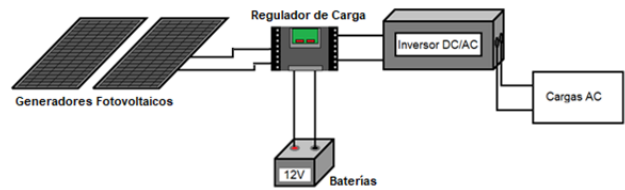


Fig. 6 Diagrama de sistema de generación de energía para el escenario 1. Fuente: Elaboración propia

Como escenario 2, se propone hacer uso de un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos en el que no se usan baterías para el almacenamiento de energía, sino que, valiéndose del escenario que ofrece la resolución 030 de 2018 de la CREG, se hace inyección a la red de dicha energía generada en el día para ser usada en las noches extrayéndola nuevamente de la red eléctrica.

En la figura 7 se muestra el diagrama del sistema propuesto para el escenario 2 mencionado.

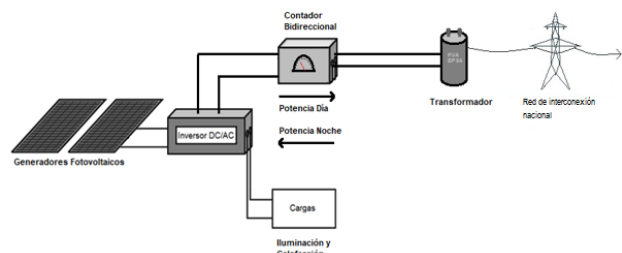


Fig. 7 Diagrama de sistema de generación de energía para el escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Para ambos escenarios se hacen los cálculos teniendo en cuenta el uso de paneles solares policristalinos de referencia YGE 60 Cell series de la marca Yingli Solar [11] que, como se muestra en la figura 8, tiene potencia nominal de 250W.

Panel type	Multicrystalline silicon solar cells with high transmission and textured glass	
Module Efficiency	up to 16%	
Power output	240w - 245w - 250w - 255w - 260w	
Dimensions (L / W / H)	1640 / 990mm / 35mm	
Weight	14.7kg	
Max system voltage	1000V DC	
Max series fuse rating	15A	
Limiting reverse current	15A	
Operating temperature range	-40°C to 85°C	
Certificates	IEC 61215, IEC 61730, MCS, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000.	
Warranty on Performance	25 years	ITEM CODE WE-004 DESCRIPTION Yingli YGE 60 Cell Series

Fig. 8 Hoja de datos del generador fotovoltaico propuesto. Fuente: Yingli Solar [11]

Para regular la cantidad de energía que entra y sale de las baterías, se hace uso de un regulador de carga que en este caso se hará uso de un STECA SOLARIX PRS con eficiencia nominal del 95% [12].

Para hacer la conversión de energía de DC a AC, se hace uso del inversor de corriente ABB TRIO de 8.5 kW y con eficiencia nominal de 95% [13].

Para ambos escenarios, se realizan los mismos cálculos respecto a las cargas a alimentar en el sistema de iluminación/calefacción, teniendo en cuenta la cantidad de dispositivos (cargas) asociados a dicho sistema, la cantidad de horas de uso, la potencia nominal de los paneles propuestos y la cantidad de horas solares pico en el lugar del emplazamiento correspondiente a los datos de radiación solar determinados con el software RETScreen [10] y así, calcular la cantidad de paneles solares necesarios para suplir la demanda requerida por dichas cargas.

Haciendo uso de la ecuación 4, se calcula la cantidad de energía que requieren las cargas a alimentar.

$$TE = \frac{HD \cdot PD \cdot ND}{1000} \quad (4)$$

Donde:

TE: energía total

HD: horas de uso diario

PD: potencia del dispositivo

ND: número total de dispositivos

Para el caso bajo análisis se tiene:

HD: 11.5h

PD: 100W

ND: 24

El factor 1000 en el denominador corresponde a la conversión de vatios a kilovatios.

Horas de Uso Diario	Potencia	Cantidad de Dispositivos	Total Potencia Instalada	Total Energía Consumida por Día
11,5h	100W	24	2400W	27,6kWh/día

Tabla 2 Consumo de energía eléctrica total en la granja

Según la tabla 2, correspondiente a los valores usados y obtenidos con la ecuación 4, la cantidad de energía que se debe generar es de 27.6 kWh/día. Usando las ecuaciones 5 y 6, se muestra el cálculo para la corrección de demanda energética teniendo en cuenta la eficiencia mencionada.

$$E_{entrada} = \frac{E_{salida}}{\eta_{Combinada}} \quad (5)$$

Donde:

$E_{entrada}$: energía de entrada

E_{salida} : energía de salida

$\eta_{Combinada}$: eficiencia combinada

La eficiencia combinada del sistema se calcula mediante la ecuación 6

$$\eta_{Combinada} = \eta_{Regulador} \times \eta_{Inversor} \quad (6)$$

Donde:

$\eta_{Combinada}$: eficiencia combinada

$\eta_{regulador}$: eficiencia del regulador

$\eta_{inversor}$: eficiencia del inversor

Como resultado de aplicación de las ecuaciones en el caso de estudio se tiene:

$$\eta_{Combinada} = 0,95 \times 0,95 = 0,9025$$

$$E_{entrada} = \frac{27,60kWh/día}{0,9025} = 30,58kWh/día$$

La energía total que se debe generar para suplir la demanda requerida por las cargas asociadas es de 30.58kWh/día, por lo tanto, se calcula la cantidad de paneles solares necesarios para generar dicha energía mediante la ecuación 7.

$$TE = PNP * HSP * NP \quad (7)$$

Donde:

TE: total energía

PNP: potencia nominal del panel

NP: número de paneles

HSP: horas solares pico según el lugar de emplazamiento.

Para el caso bajo análisis se tiene:

TE: 30.58kWh/día

PNP: 250W

HSP: 3.82h

Con lo que se obtiene un total de 32 paneles solares FV.

Ambas alternativas usan la misma cantidad de paneles solares, pero se diferencian en las inversiones necesarias y en las posibilidades de obtener retorno financiero.

C. Análisis comparativo de alternativas

Como condiciones generales para hacer la evaluación financiera correspondiente a cada escenario propuesto, se tiene en cuenta que al hacer la implementación de las propuestas analizadas los flujos positivos del proyecto se encuentran representados en los ahorros energéticos de acuerdo con el costo del kWh determinado para el sitio de ubicación de la granja. Se propone el estudio haciendo uso de recursos propios para el montaje y la adquisición de equipos y como horizonte de evaluación del proyecto un plazo de 10 años.

Se tomo como inflación anual, la registrada por la corporación financiera colombiana (Corficolombiana) [14], que se determinó en 3,9% para el año 2017. Como tasa de interés se tomó la tasa DTF E.A. de 5.50% correspondiente al año 2017.

En la tabla 3 se muestran los dispositivos necesarios para la implementación del escenario 1, el cual incluye baterías para el almacenamiento de energía como se mencionó anteriormente. Se muestra también en esta tabla, los precios unitarios, la cantidad de cada dispositivo, el valor parcial, la mano de obra y el valor total del proyecto.

Sustitución de fuente de energía con baterías			
Item	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
YGE 60 Cell 40mm/250W	32,00	\$ 848.510,00	\$ 27.152.320,00
Baterías AGM 300A/h	7,00	\$ 2.356.200,00	\$ 16.493.400,00
Controlador 12/24 v - 50A. Steca Solarix	7,00	\$ 942.480,00	\$ 6.597.360,00
Inversor ABB TRIO-B 5KW-TL-OUTD	1,00	\$ 7.395.600,00	\$ 7.395.600,00
Soportes construida en aluminio EN AW-6005A-T6 y tornillería de acero inoxidable AISI 304 (A2-70) para 6 módulos	1,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Conectores MC4 (Hembra, Macho o uniones)	1,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Cable solar por metro	1,00	\$ 3.540,00	\$ 3.540,00
Gabinete 80x50x20	1,00	\$ 120.340,00	\$ 120.340,00
Circuito de protección 20A	1,00	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00
Subtotal			\$ 57.852.560,00
Mano de obra	1,00	\$ 4.000.000,00	\$ 4.000.000,00
TOTAL			\$ 61.852.560,00

Tabla 3 Lista de dispositivos, servicios y costo de cada uno de ellos, para el escenario 1

Para el escenario 2, se tiene ausencia de sistemas para el almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías. Por esta razón, y como se muestra en la tabla 4, no se tiene en cuenta el valor de estos dispositivos, pero se incluye un contador bidireccional con el que se puede calcular el balance de energía consumida y entregada a la red.

Sustitución de fuente de energía sin baterías			
Item	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
YGE 60 Cell 40mm/250W	32,00	\$ 848.510,00	\$ 27.152.320,00
Inversor ABB TRIO-B 5KW-TL-OUTD	1,00	\$ 7.395.600,00	\$ 7.395.600,00
Contador bidireccional Circutor CIRWATT B 410D trifásico	1,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
Soportes construida en aluminio EN AW-6005A-T6 y tornillería de acero inoxidable AISI 304 (A2-70) para 6 módulos	1,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Conectores MC4 (Hembra, Macho o uniones)	1,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Cable solar por metro	1,00	\$ 3.540,00	\$ 3.540,00
Gabinete 80x50x20	1,00	\$ 120.340,00	\$ 120.340,00
Circuito de protección 20A	1,00	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00
Subtotal			\$ 36.561.800,00
Mano de obra	1,00	\$ 4.000.000,00	\$ 4.000.000,00
TOTAL			\$ 40.561.800,00

Tabla 4 Lista de dispositivos, servicios y costo de cada uno de ellos, para el escenario 2

La depreciación de los activos como baterías, paneles solares, inversor, entre otros, se hizo teniendo en cuenta el método de depreciación lineal,

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Los flujos correspondientes al escenario 1 mostrados en la figura 9, muestran el comportamiento de los ingresos y egresos de esta propuesta, donde se tiene reinversión por concepto de baterías nuevas dado que estas tienen vida útil de 5 años.

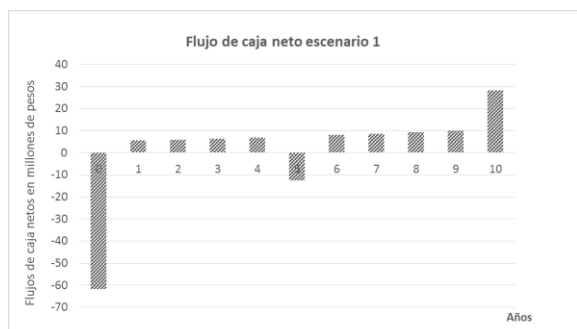


Fig. 9 Flujos anuales del proyecto para el escenario 1. Fuente: elaboración propia

Como se observa en la figura 10, los flujos de caja del escenario 2 no tienen periodos de reinversión en equipos, esto se debe a que todos los dispositivos asociados a este escenario planteado, tiene vida útil mayor al plazo de duración total del proyecto.



Fig. 10 Flujos anuales del proyecto para el escenario 2. Fuente: elaboración propia

Se muestra en la tabla 5 la aplicación de los criterios de evaluación financieros para ambos escenarios, en los que se incluye el sistema de almacenamiento de energía con baterías para el escenario 1, obteniendo que el periodo de recuperación es menor al periodo de duración del proyecto, pero tiene tasa interna de retorno (TIR) que no alcanza a ser por lo menos igual a la mínima establecida, la DTF colombiana y el valor presente neto (VPN) negativo, lo que representa pérdidas en el proyecto como se planteó. También se muestra el resultado del análisis realizado para el escenario 2 en el que no se tiene en cuenta sistema de almacenamiento de energía, sino que se propone la inyección de energía eléctrica a la red. Con las consideraciones hechas, se tiene que se recuperaría la inversión en 6,5 años, lo cual corresponde a un tiempo mucho menor a la duración total del proyecto. También se obtiene una tasa interna de retorno (TIR) mayor a la tasa DTF tomada y se obtiene como valor presente neto un valor positivo.

	Criterios evaluación escenario 1	Criterios evaluación escenario 2
Tasa de descuento	5,50%	5,50%
Valor Presente Neto (VPN)	-9.199.775	14.986.260
Tasa Interna de Retorno (TIR)	3%	11%
Periodo de Recuperación Inversió	9,48	6,50

Tabla 5 Criterios de evaluación para los escenarios propuestos

V. CONCLUSIONES

Gracias al presente estudio de investigación, se logró demostrar la viabilidad financiera y técnica de la propuesta para la transición a fuentes de energía renovable no convencionales en una granja avícola de pequeñas dimensiones con el escenario 2, donde se plantea hacer uso de los beneficios otorgados por la ley 1715 de 2014 y la resolución 030 de 2018, haciendo inyecciones de energía eléctrica a la red.

El uso de sistemas de almacenamiento de energía, el cual representa el 26.66% de la inversión total del proyecto hace inviable desde el punto de vista financiero la realización del proyecto, ya que los indicadores financieros marca una tasa interna de retorno inferior al costo del dinero en el tiempo representado a través de la DTF.

Con la implementación del escenario 2 propuesto, se consigue tener la recuperación de la inversión del proyecto en 6.5 años, un plazo mucho menor al plazo de duración total del proyecto y logrando tener un valor presente neto positivo.

REFERENCIAS

- [1] Bolles S, Real Escuela de Avicultura, “Recursos Prácticos a Aplicar en las Granjas de Broilers Contra el Calor”, [Recurso en línea] Disponible en: http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/23_06_16_recursos.pdf
- [2] Bedoya EJ, Núñez EM, Méndez L. Los municipios avícolas. Programa de estudios económicos de FENAVI FONAVI. Revista Avicultores. 2001; 72(3): 8-12.
- [3] Anderson KE, Carter T. Hot weather management of poultry. North Carolina State University. 1998. Disponible en: www.ces.ncsu.edu/depst/puolsci/techinfo/4Pst30.htm
- [4] North MO, Bell DD. Manual de producción avícola. El manual moderno, S.A. Mexico, D.F. 1998.
- [5] Imágenes Google Maps, Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/Dari%C3%A9n,+Valle+del+Cauca,+Colombia>
- [6] Alcaldía de Calima el Darién – Valle del Cauca “Luchemos por el Darién que queremos”, Consultado 05-2015 Colombia, Disponible en: http://www.calimaeldarien-valle.gov.co/informacion_general.shtml
- [7] K. Schwean-Lardner y H. Classen, «Avigen,» 2010. [En línea]. Available: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/LightingforBroilers2010-ES.pdf. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [8] J. C. Campos Avella, «Diez pasos para el ahorro sostenible de energía en una pequeña y mediana empresa pyme,» *Mundo eléctrico*, n° 98, pp. 37-49, 2015.
- [9] U. d. P. M. Energética, «Mapas de radiación solar global sobre una superficie plana,» UPME, Colombia, 2017.
- [10] A. S. D. Center, «Surface meteorology and Solar Energy,» 26 Marzo 2008. [En línea]. Available: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>. [Último acceso: 21 Mayo 2018]
- [11] Y. Solar, «Yingli Solar América Latina,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.yinglisolar.com/al/products/multicrystalline/vge-60-cell-series/>. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [12] S. Elektronik, «Steca,» 2016. [En línea]. Available: https://www.steca.com/index.php?Solar_charge_controllers_for_solar_home_systems. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [13] ABB, «ABB south-america,» 2017. [En línea]. Available: <http://new.abb.com/power-converters-inverters/es/solar>. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [14] Corficolombiana, proyecciones económicas, [En línea]. Available: <https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/analisis-mercados/investigaciones-economicas/proyecciones-economicas>.

Author 1 received in 1996 the M.Sc. degree in Electric Engineering, Universidad del Valle, Cali, Colombia. In the 2004: Master of Electric Power Generation, Universidad del Valle, Cali, Colombia and 2015 Electrical and Electronics Engineering PhD. He is currently a professor at the Electronics and Computer Science department at the Pontificia Universidad Javeriana Cali. <https://www.javerianacali.edu.co/profile/alejandra-paz>

Author 2 Eder Pineda Arévalo: Student of Electronic Engineering 10th semester of the Pontificia Universidad Javeriana Cali

Author 3 Juan Camilo Rojas Franco: Student of Electronic Engineering 10th semester of the Pontificia Universidad Javeriana Cali

Author 4 Received in 1994 the Bachelor of Science, Industrial Engineering, Universidad del Valle, Cali, Colombia. In 1999 Specialist, International Cooperation and Project Management, Universidad Externado de Colombia and 2009 Magister, Business Administration, Pontificia Universidad Javeriana. He is currently a professor at the Industrial and Civil engineering department at the Pontificia Universidad Javeriana Cali. <https://www.javerianacali.edu.co/perfil-profesor/jorge-enrique-alvarez>