

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA PRODUCCIÓN AVÍCOLA ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR

FEASIBILITY STUDY FOR THE DESIGN OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR POULTRY PRODUCTION SUPPLIED WITH SOLAR ENERGY



Edgar A. Bojacá-Garavito¹, Francisco J. Hilarión-Novoa², Diana M. Bojacá-Bojacá³

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad Programa de Ingeniería de Sistemas. Gachetá, Colombia.

Recibido: 22/02/2018 • Aprobado: 03/03/2018

RESUMEN

Los avicultores de la región del Guavio se han dedicado por décadas a la crianza y engorde de pollos, dicho proceso se ha visto fallido por la ausencia de flujo constante de energía eléctrica, necesaria en la generación de temperatura e iluminación, y, para esto se han generado procesos alternos como la generación de calor a través de fogatas, lo que trae como consecuencia contaminación por humo y deforestación entre otros. Por lo anterior, se ha realizado un estudio de factibilidad como fase inicial de este proceso de investigación, generando un proceso interdisciplinar entre electrónica, telecomunicaciones, redes y según lo requiera el estudio incluir estudiantes zootecnistas, lo anterior para establecer la viabilidad del diseño de un prototipo que permitirá garantizar el proceso de crianza y engorde las 24 horas, mitigando el riesgo de pérdida por ausencia de control de variables. Se analiza las variables de temperatura, humedad, incidencia solar y ventilación como factores determinantes en el proceso de producción avícola en el municipio de Gachetá.

Palabras clave: energía, humedad, iluminación, incidencia solar, kilovatio, pollo, proceso avícola, termómetro, temperatura.

ABSTRACT

The poultry farmers of the Guavio region, have been dedicated for decades to the raising and fattening of chickens. This process has failed due to the lack of constant flow of electrical energy, necessary in the generation of temperature and lighting; for this they have been generated alternate processes, such as the generation of heat through bonfires, which brings as a consequence smoke pollution and deforestation, among others. Therefore, a feasibility study has been conducted as an initial phase of this research process, generating an interdisciplinary process between

¹ edgar.bojaca@unad.edu.co, orcid.org/0000-0002-4604-8849

² francisco.hilarion@unad.edu.co, orcid.org/0000-0002-5068-4135

³ dmbojacab@unadvirtual.edu.co, orcid.org/0000-0002-6413-5997

electronics, telecommunications, networks and as required by the study to include zootechnical students. The above, to establish the feasibility of designing a prototype that will allow to guarantee the process of breeding and fattening the 24 hours, mitigating the risk of loss due to absence of control of variables. The variables of temperature, humidity, solar incidence and ventilation are analyzed as determining factors in the poultry production process, in the municipality of Gachetá.

Key words: *chicken, energy, humidity, kilowatt, lighting, poultry process, solar incidence, temperature, thermometer.*



INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Unad, pensando el posconflicto colombiano ha decidido generar una propuesta innovadora llamada CAM-POUNAD, siendo esta “una estrategia de movilidad formativa y productiva para la población rural colombiana, mediante el uso adecuado de las Tecnologías de la Información y Comunicación, con impacto en la vida social, productiva y económica del campesino y su familia”; lo anterior significa que este es un escenario ideal donde, como grupo investigador, podemos proponer un diseño que mezcle conocimientos de los campos de la ingeniería de sistemas, la electrónica y la zootecnia, donde la energía solar sea un elemento fundamental que permita mejorar los procesos avícolas que desarrollan los campesinos de la región del Guavio dedicados a esta práctica.

En el municipio de Gachetá, los campesinos dedicados a la producción avícola evidencian pérdidas en su producción, ocasionadas por un servicio deficiente de energía eléctrica y cambios agresivos de temperatura, motivos por los cuales muchas personas han dejado de lado este negocio y se han dedicado a otras labores menos rentables, desperdiciando espacios físicos antes destinados para la práctica de crianza y engorde de pollos. Teniendo en consideración lo anterior, se inicia un proceso de análisis de factibilidad para el diseño de un sistema automatizado, que permita estabilizar la temperatura ambiente, y, cuyo fin sea mitigar pérdidas y motivar a otras personas a generar un mercado productivo que disminuya la pobreza de las familias rurales de la región del Guavio.

Por este motivo se propone realizar, en primer lugar, un estudio de factibilidad para la creación de un sistema basado en energía solar, que integre conocimientos en ingeniería electrónica, ingeniería de sistemas y zootecnia, para mejorar la calidad en la producción avícola y así potenciar un mercado rural que está en decadencia por la falta de estabilidad en el fluido eléctrico.

2. ECONOMÍA DEL MUNICIPIO DE GACHETÁ

El municipio de Gachetá cuenta con 14 veredas, dentro de las cuales se destacan por su producción en agricultura Moquentiva y Zaque, las que se caracterizan por tener mayores niveles de producción.

En cuanto al sistema de producción pecuaria se presenta la ganadería, la porcicultura, la avicultura y la piscicultura, de las cuales la ganadería está presente en el 100% de las veredas municipales, entre las que se destacan, por mayores índices de producción, las veredas de Tasajeras, Muchindote y Hatogrande, cuyos habitantes ofrecen su ganado en los municipios de Gachalá, Ubalá, y Gama.

En la vereda de Zaque, se encuentra producción de trucha, gracias a la adecuación de estanques cerca de ríos que proveen de agua al proceso; esta producción está destinada al consumo local y a la exportación de trucha a otras regiones del país, principalmente a la ciudad de Bogotá.

La avicultura es común en todas las explotaciones del campo con planteles de hasta 30 animales que se alimentan con subproductos de la finca. La carne y los huevos enriquecen la dieta alimenticia de los campesinos. (La guía de Cundinamarca, 2017)

3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL MUNICIPIO DE GACHETÁ

Dando inicio al proceso de verificación de variables que inciden en el proceso, el grupo investigador realiza consultas en diferentes fuentes de información de internet y el libro *Gachetá 400 años: la grandeza de un pueblo, su estructura, su vida y sus protagonistas* (Guzmán Urrego, 1993) de lo que se seleccionó la siguiente información:

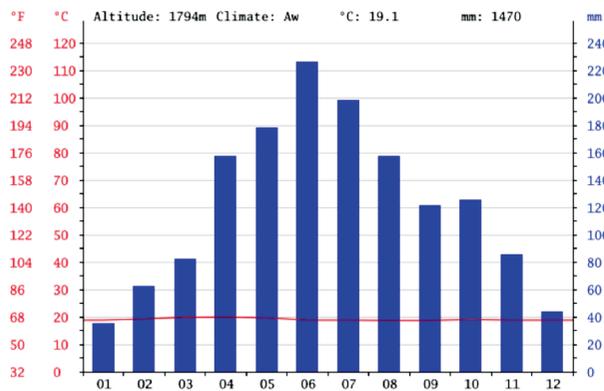


Fig. 1. Climograma Gachetá

Fuente: Climate-Data.org (s.f.) Obtenido en: <https://es.climate-data.org/location/49882/>

Para el caso particular del municipio de Gachetá, se presentan los climas frío húmedo, frío muy húmedo y seco, con fuerte presencia de verano intenso los meses de enero y febrero, por lo anterior el clima no constituye un elemento problemático para el proceso agrícola, siendo Gachetá el municipio que presenta los menores índices de humedad en la región del Guavio.

Por lo general, se presentan tiempos seco en los meses de diciembre, enero y parte de febrero y un pequeño

descenso en los meses de agosto y septiembre, en ninguno de los casos se presenta sequía extrema contando con vertientes hídricas durante todo el año.

La temporada de lluvias tiene sus inicios en el mes de abril y de forma general va hasta agosto retomando actividad los meses de octubre y noviembre.

En cuando a la insolación solar, los mayores registros se presentan en el mes de enero con 189 horas, mientras que el mes con menor índice de insolación se presenta en junio con 82 horas.

Las temperaturas oscilan entre los 18 °C y 19.5 °C a lo largo de las orillas del río Gachetá y en cercanías al casco urbano, en cuanto a las máximas temperaturas encontradas estas varían entre 21°C y 24,3°C en la parte alta del municipio sobre los 2.400 m.s.n.m. y 24,6°C y 27,9°C en la parte baja en alturas que oscilan entre 1.800 y 2.000 m.s.n.m.

Este clima se encuentra considerado como AW según la clasificación climática de Köppen-Geiger. Para el caso del municipio de Gachetá la temperatura promedio es de 19.1 °C y en promedio presenta unas precipitaciones de 1.470 mm.

Enero es considerado como el mes más seco con 35 mm de precipitaciones, mientras que junio es el mes que presenta un promedio de 226 mm.

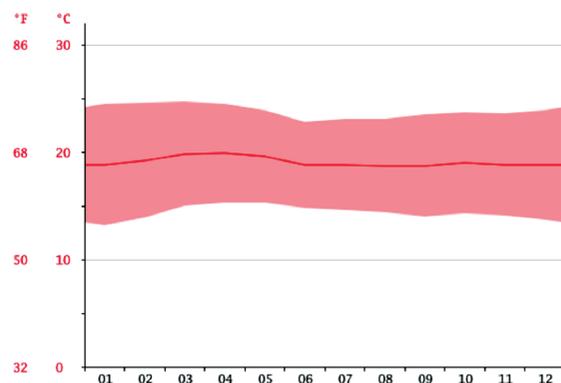


Fig. 2. Diagrama de temperatura Gachetá

Fuente: Climate-Data.org (s.f.) Obtenido en: <https://es.climate-data.org/location/49882/>

Abril es el mes más cálido presentando una temperatura promedio de 19.9 °C, mientras que agosto presenta los índices más bajos de temperatura con un promedio de 18.7 °C.

TABLA 1.
 Datos históricos del tiempo Gachetá

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	18.8	19.2	19.8	19.9	19.6	18.8	18.8	18.7	18.7	19.8	18.8	18.8
Temperatura min. (°C)	13.2	13.9	15.3	15.3	15.8	14.8	14.4	14.4	14.3	14.3	14.1	13.7
Temperatura máx. (°C)	24.5	24.6	24.7	24.5	23.9	22.8	23.2	23.1	23.2	23.7	23.6	23.9
Temperatura media (°F)	65.8	66.6	67.6	67.8	67.3	65.8	65.8	65.7	65.7	66.7	65.8	65.8
Temperatura min. (°F)	55.8	57.0	59.0	59.5	59.5	58.6	58.3	57.9	57.2	57.7	57.4	56.7
Temperatura máx. (°F)	76.1	76.3	76.5	76.1	75.0	73.0	73.3	73.6	74.3	74.7	74.5	75.0
Precipitación (mm)	35	62	82	157	178	226	198	157	121	125	85	44

Fuente: Climate-Data.org (s.f.) Obtenido en: <https://es.climate-data.org/location/49882/>

La precipitación varía 191 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. La variación en las temperaturas durante todo el año es 1.2 °C.

4. ELABORACIÓN DE TERMÓMETRO EN ARDUINO COMO ACTIVIDAD DEL SEMILLERO SEARPRO

Dentro de los procesos de vinculación del semillero, se ha integrado al desarrollo del proyecto de investigación al semillero SEARPRO, liderado por los ingenieros Francisco Hilarión y Edgar Bojacá, así como también se cuenta con la participación de 4 estudiantes.

Desde el semillero se ha propuesto el desarrollo de un higrómetro que permitirá realizar la medición de temperatura y humedad, datos que serán transmitidos vía bluetooth a un teléfono celular donde se guardarán los registros de temperatura.

El proceso consiste en elaborar el instrumento de medición en arduino y compararlo con un instrumento industrial certificado, y establecer la exactitud del termómetro elaborado desde el semillero para la medición de variables del proyecto en lo relacionado con temperatura y humedad.

4.1 Planos del circuito

Para el desarrollo del instrumento de medición, se requirió de una tarjeta arduino sobre la cual se realiza la programación, un módulo bluetooth para establecer comunicación con el dispositivo móvil y un sensor DTH11 encargado de realizar el proceso de captura de las variables a medir.

El plano implementado para el termohigrómetro que ha sido desarrollado por el semillero SEARPRO Unad es:

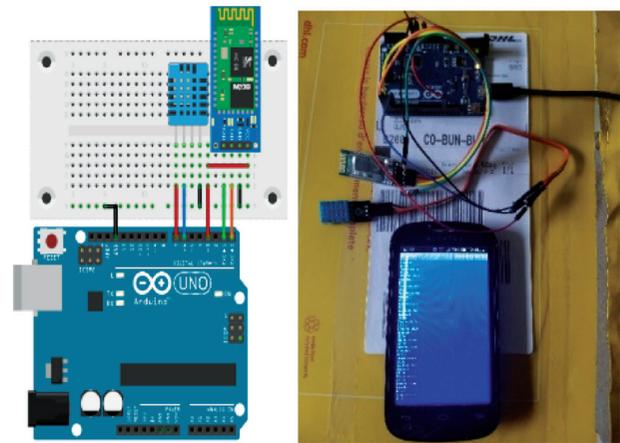


Fig. 3. Diagrama termohigrómetro.

Fuente: autores

4.2 Sensor DTH11

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica). Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que

se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos. En comparación con el DHT22, este sensor es menos preciso, menos exacto y funciona en un rango más pequeño de temperatura / humedad, pero su empaque es más pequeño y menos caro. (Electronilab, 2017).

4.3 Características

- Alimentación: $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C
- Resolución temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH
- Precisión de medición de humedad: 4% RH
- Resolución humedad: 1% RH
- Tiempo de censado: 1 seg.

5. COMPARAR MEDICIONES HECHAS CON EL TERMÓMETRO DISEÑADO DESDE EL SEMILLERO CON UN TERMÓMETRO REAL

Tras el desarrollo del termómetro con arduino, por parte de los integrantes del semillero de investigación, se realiza la visita a un galpón real de propiedad del señor Gonzalo Jiménez, en la vereda de Cusaquin, municipio de Gachetá.

En el galpón se encontraron un total de 600 aves destinadas a la producción de huevo y 200 destinadas al engorde para venta de carne.

El proceso de medición se realizó con los 2 instrumentos, es decir con un instrumento de medición industrial y con el instrumento elaborado desde el semillero, los resultados fueron:



Fig. 4. Mediciones hechas en galpón

Fuente: los autores

A continuación, se cita un resumen de las mediciones hechas por el equipo investigador resumidos en un día, el proceso de monitoreo se realizó sobre una semana durante los siete días de esta.

TABLA 2.

Resumen de análisis de temperatura máximo y mínimo

Día	Máx/min	Humedad
8. Nov.	24°14'	68%
9. Nov.	24°14'	72%
10. Nov.	24°15'	71%
11. Nov.	24°15'	70%
12. Nov.	25°15'	65%

Fuente: los autores

En el análisis anterior y comparación realizada, se encuentra que en promedio se encuentra una diferencia entre las mediciones del instrumento industrial y el desarrollado por el semillero entre un 1.8% y un 2% para las mediciones de temperatura.

Para el caso de las mediciones hechas con respecto a la humedad se establece una diferencia promedio entre el 1.5% y el 1.8%

6. VENTILACIÓN Y CALIDAD DEL AIRE

El proceso de renovación del aire para el caso puntual de los galpones persigue los siguientes objetivos:

- Mitigación del vapor de agua concentrado en el galpón.
- Prevenir el exceso de gases tóxicos (amoníaco, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno) y de dióxido de carbono
- Mitigar los malos olores
- Eliminación del polvo disperso en el ambiente.

Este proceso permite renovar el ambiente interior y mejora los niveles de oxígeno, a pesar de que no es común que se presenten problemas por ausencia de este.

El principio es sencillo, el aire fresco ingresa al galpón, se mezcla con el existente en el interior, se mezcla con humedad, calor, polvo y elementos en suspensión y sale al exterior generando un proceso de renovación como se muestra a continuación:



Fig. 5. Ciclo de ventilación en el Galpón

Fuente: http://ocw.upm.es/produccion-animal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_3/3-3-condiciones-ambientales-ventilacion/view (Estrada, 2007)

7. INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL POR EL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dentro del transcurso de alimentación de procesos en la producción avícola en la gran mayoría de los casos se utiliza la energía de la red pública; Codensa es el proveedor de energía en la región del Guavio luego de comprar las acciones de la empresa de energía de Cundinamarca.

Para el caso particular del municipio de Gachetá el impacto ambiental que se genera por el uso de energía eléctrica es:

7.1 Contaminación visual

Las redes eléctricas destinadas a la alimentación del fluido eléctrico en las veredas del municipio de Gachetá, constituyen un gran factor de contaminación visual ya que se encuentran instalaciones de alta tensión, con torres que atraviesan el municipio y sus veredas de extremo a extremo.

Por otro parte, la presencia de postes de luz en las veredas con redes independientes para cada uno de los hogares de las familias campesinas, alteran el paisaje y afectan el habitat de los pájaros.

7.2 Tala de árboles

El grupo investigador a determinado que las redes eléctricas constituyen una amenaza para el normal desarrollo de los árboles que hacen presencia en las veredas del municipio de Gachetá, ya que en muchas ocasiones se ha hecho necesaria la tala de estos, para dar paso a líneas de alta, media y baja tensión, lo que es necesario para garantizar el servicio eléctrico en los hogares de las familias campesinas quienes usan esta energía para el proceso de producción avícola.

7.3 Destrucción del habitat de aves

Al generarse procesos de tala de árboles para dar paso a las redes de energía eléctrica, se lleva a cabo un proceso de destrucción de las condiciones de calidad de vida de las aves que hacen presencia en el municipio

de Gachetá, lo que genera una tendencia a la erradicación de especies nativas propias de la región del Guavio y sus alrededores.

7.4 Alteración de caudal de ríos

Por otra parte, la alteración del caudal de los ríos es un factor altamente perjudicial para el ecosistema donde se produce energía eléctrica con hidroeléctricas, esto sumado a los cambios bruscos que se generan en humedad y temperatura en especial en los municipios cercanos al embalse principal, que para el caso de la región del Guavio el principal afectado es el municipio de Gachalá.

7.5 Erosión de suelos

El fenómeno se presenta cuesta abajo del embalse, donde el caudal del río se disminuye por el proceso de represamiento de agua para la generación de energía.

Así mismo, al bajar los niveles del embalse en época de verano se presenta el fenómeno por el ressecamiento de terrenos que estaban cubiertos por agua en época de invierno.

8. RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA

Colombia cuenta con una excelente posición geográfica, viéndolo desde el campo de la radiación de energía solar, ya que gracias a esto cuenta con uno de los niveles de radiación solar más altos en el mundo, también cuenta con gran variedad de climas por sus diferentes pisos térmicos.

La UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) que pertenece al Ministerio de Minas y energía de Colombia y el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) crearon en el 2005 un Atlas de radiación en Colombia que recopila la información básica de referencia para el aprovechamiento de la energía solar como una opción para el uso sostenible de los recursos energéticos de Colombia, estableciendo el valor promedio diario de radiación por regiones. (UPME/IDEAM, 2005)

Verificando en el *Atlas solar*, las regiones colombianas con mayor disponibilidad solar se clasifican de la siguiente manera:



Fig. 6. Regiones con mayor disponibilidad de energía solar

Fuente: <http://www.laguiaisolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>

En Colombia 1 de cada 5 personas carece del servicio eléctrico por las dificultades de acceso a las viviendas, de igual forma, muchos procesos que podrían automatizarse en el sector de la agricultura, se restringen porque el costo que conlleva llevar los puntos de energía eléctrica a esas zonas son muy altos, lo que no permitirá obtener las ganancias estimadas en los procesos adelantados en el campo.

Lo anterior muestra una necesidad de buscar otro tipo de energías para abastecer los diferentes procesos rurales, bien sea la necesidad de energía en la vivienda o la automatización de procesos agropecuarios, lo anterior es una gran oportunidad para implementar energía limpia con el uso de paneles solares para la generación de electricidad.

8.1. Ley 1751 de 2014, el inicio de una revolución energética

La ley 1715 de mayo de 2014 que fue aprobada en Colombia, busca promover el uso de energías renovables en el país. Un gran paso a una revolución energética que es de interés social, un asunto de utilidad pública, que permitirá el acceso a zonas rurales que

están aisladas del sistema interconectado nacional, sustituyendo poco a poco la generación de diesel por energías “amigables con el medio ambiente”.

A través de esta ley se apoyará la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía, a través de incentivos tributarios, arancelarios o contables. Ofreciendo también la posibilidad de vender el excedente de energía no consumida a la red eléctrica con los términos que ofrezca la Comisión de Regulación de Energía y Gas (Creg), lo que se convierte en un ahorro y un ingreso económico

significativo para los autogeneradores de energía renovable de pequeña y gran escala”. (Congreso de la República, 2014).

8.2. Índice de radiación solar en el municipio de Gachetá

Tras verificar en el *Atlas de radiación solar* del IDEAM, se establecen una serie de características que nos permiten determinar la viabilidad del uso de paneles solares para la generación de energía eléctrica en el municipio de Gachetá.

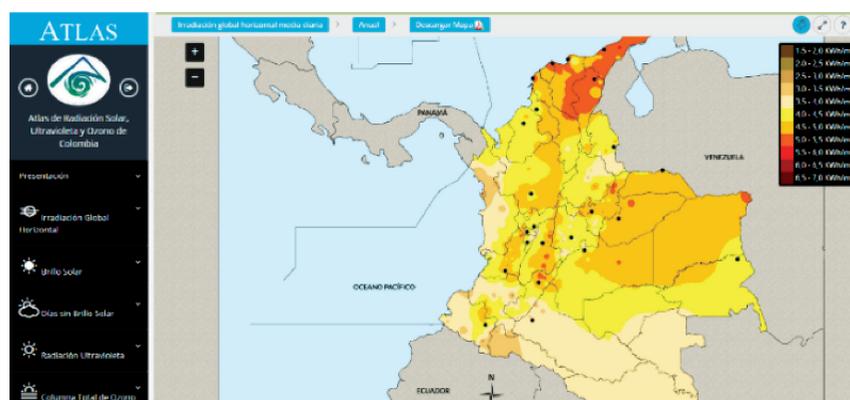


Fig. 7. Atlas solar en Colombia

Fuente: Ideam (2017), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Para el caso de Colombia los índices de radiación solar oscilan entre 2 kw/m^2 hasta 7 kw/m^2 como lo muestra la Figura 7.

8.3. Región central del país

Según el mapa del IDEAM, en la región central del país, en especial en Cundinamarca, los índices de radiación solar oscilan entre 3.5 kw/m^2 y 5 kw/m^2 , para el caso puntual de la región del Guavio en especial el municipio de Gacheta, los índices de radiación solar oscilan entre los 3.0 kw/m^2 y 5 kw/m^2 .

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a realizar el proceso de medición de los índices de radiación solar en el municipio de Gachetá. En primer lugar tomaremos como referencia al municipio, ubicándolo en Cundinamarca, en la región del Guavio, como se muestra en la figura 8.



Fig. 8. Municipios de la región del Guavio [1]

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_del_Guavio
La Guía Cundinamarca (2018)

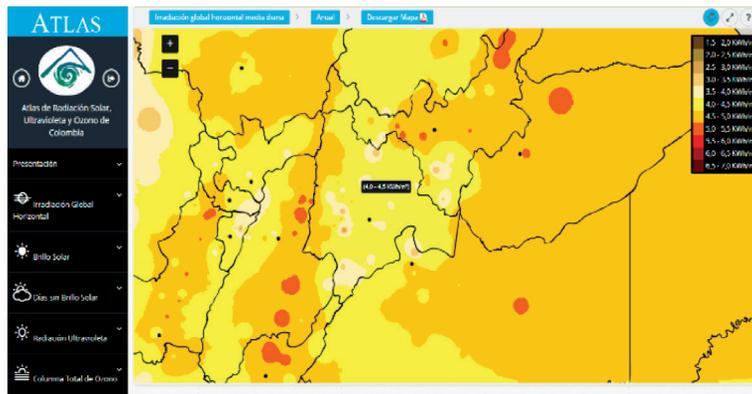


Fig. 9. Mediciones

Fuente: Ideam (2017), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

El proceso de medición realizada mes a mes nos arroja los siguientes datos:

TABLA 3.
Radiación solar mes a mes en Gachetá

Mes	Medida mínima en kw/m ²	Medida máxima en kw/m ²
Enero	4,5	5
Febrero	4,5	5
Marzo	4	4,5
Abril	3,5	4
Mayo	3,5	4
Junio	3,5	4
Julio	3,5	4
Agosto	3,5	4
Septiembre	4	4,5
Octubre	4	4,5
Noviembre	4	4,5
Diciembre	4	4,5

Fuente: autores

Como se evidencia en las tablas y gráficas relacionadas anteriormente, los meses de mayor radiación solar, en el municipio de Gacheta, son los meses de enero y febrero, con medidas desde 4,5 a 5 kw/m², por

lo que se observa en los meses de abril hasta agosto que la incidencia se mantiene con valores que oscilan entre los 3,5 y 4 kw/m², mientras que en los meses de septiembre a diciembre los valores oscilan entre los 4 y 4,5 kw/m², lo anterior significa que en el municipio de Gachetá se generan en promedio 4,12 kw/m².

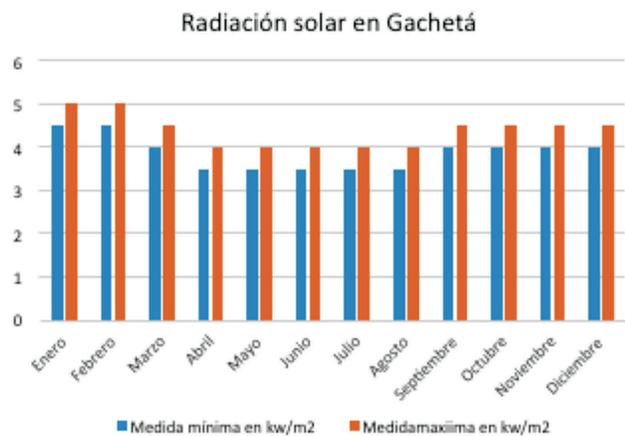


Fig. 10. Gráfico incidencia solar

Fuente: Climate-Data.org (s.f.) Obtenido en: <https://es.climate-data.org/location/49882/>

8.4. Informe de impacto ambiental por el uso de energía solar

Tras realizar el proceso de verificación y consultas, el grupo investigador determinó que:

1. El uso de energía solar no afecta directamente al suelo, su posible contaminación se relacionaría con

la extensión en m² que se pueden requerir para su instalación a gran escala.

2. El uso de energía solar, no requiere del uso de agua para su proceso de generación de energía, se requiere de poca cantidad de agua para la fabricación de los paneles fotovoltaicos.
3. El uso de energía solar no requiere del uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, por ende, su emisión de gases efecto invernadero es nulo.
4. Desafortunadamente para el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos se utilizan diferentes cantidades de sustancias peligrosas, en especial para realizar el proceso de purificación de las superficies semiconductoras de los paneles fotovoltaicos, las sustancias utilizadas en estos procesos incluyen ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, fluoruro de hidrógeno, 1,1,1-tricloroetano y acetona que usadas a gran escala representan un potencial peligro de contaminación ambiental.

Durante el proceso de fabricación los trabajadores involucrados en el proceso se exponen a enfermedades por inhalación de polvo de silicio.

Una vez los paneles terminan su ida útil se presenta un factor contaminante si no se da un manejo adecuado para su destrucción o reparación.

8.5. Análisis de costo de equipos para la generación de energía solar

El grupo investigador ha realizado una estimación del costo de los equipos que se requieren para la automatización del proceso avícola con energía solar, se han comparado los costos de los equipos ofrecidos por las empresas:

- Hybrytec SAS
- Solar century
- Suncolombia

Luego de hacer diferentes análisis de los productos ofrecidos en el mercado se establecieron los siguientes equipos según sus valores:

TABLA 4
Costos de equipos en el mercado

Cantidad	Descripción	Costo
2	Panel solar 250w	\$1.000.000
3	Batería 150ah	\$1.800.000
1	Controlador de carga 30 A	\$200.000
1	Instalación	\$ 500.000
8	Motoreductores	\$400.000
4	Electrovalvulas	\$200.000
1	Sistema de control	\$ 300.000
Subtotal		\$ 4.400.000
Varios (20%)		\$ 500.000
Total		\$ 4.900.000

Fuente: autores

8.6. Determinar el costo de Kw/H en el municipio de Gachetá

Una vez realizadas las visitas a los galpones, se procede a consultar a Codensa sobre el valor de kw/h, según respuesta de Codensa y como se evidencia en los recibos de electricidad emitidos a los campesinos del municipio de Gachetá, el costo promedio de kw/h es de \$460.

La necesidad de mantener los niveles de iluminación obliga a los avicultores a realizar instalaciones eléctricas que en su mayoría se realiza con un bombillo de 100w.

Verifiquemos el proceso para manejo de pollo de engorde en clima templado:

8.7. Densidad poblacional

Densidad poblacional para manejo de pollos de engorde en clima templado.

TABLA 5
Costos de equipos en el mercado

Edad (días)	Pollo engorde X m ²
1	30
4	25
10	20
16	15
21 - fin	10

Fuente: autores

TABLA 6
Iluminación

Edad (días)	Intensidad (lux)	Fotoperiodo (horas)
0 a 7	20	23 luz, 1 oscuridad
7 a 21	20 a 10	23 luz, 1 oscuridad
21 - fin	10	23 luz, 1 oscuridad

Fuente: autores

Dentro de este proceso investigativo se determinó que los bombillos *no* se utilizan para mantener la temperatura, esta era una creencia errónea, el proceso de iluminación se hace necesario para garantizar que el pollo pueda conseguir su alimento en horas de la noche y según lo recomendado se establece que solo debe contar con una hora de oscuridad, esto permitirá que el proceso productivo de carne se de en mejores condiciones y con el menor tiempo.

8.8. Consumo eléctrico

Ecuación de cálculo de cantidad de bombillos.

- A= área en (m²)
- L= lúmenes (lux)
- P= potencia (watts)
- K= constante = 5; para bombillo de 100 watt

$$\# \text{ Bombillos} = \frac{(A * L)}{(P * k)}$$

Verificamos el consumo de un bombillo en kw/h y el costo del mismo para el municipio de Gachetá:

- 100 watsios = 0,1kW El consumo se mide en kW/h
- Costo promedio de KW/h en Gachetá: \$460
- Costo promedio para 1.000 pollos: \$95.220

Pensando en reducir costos, se ha verificado la instalación con bombillos led, cuyo costo es mucho menor, manteniendo los niveles de LUX, es decir mantener la misma intensidad lumínica al mismo nivel de frecuencia de un bombillo tradicional de 100 Watts.

Por lo anterior, podemos concluir que, si reemplazamos el proceso de iluminación por un sistema solar y anulamos la aplicación de energía de la red pública en 2,8 años, se recupera la inversión, y, teniendo en cuenta que la vida útil del sistema de energía solar es de 20 años, tendríamos 17,2 años de energía libre para utilizar en el proyecto, lo que se refleja en mejores ingresos, y como valor agregado no se expone el sistema de producción avícola a cortes de energía no programados.

8.9. Requerimientos del sistema energético solar

Tras el análisis anteriormente expuesto, se estima que las características del sistema solar a implementar son:

- Demanda energética para suplir las necesidades del sistema automatizado del galpón en un día es de: 1.200 W.
- La incidencia solar para el municipio de Gachetá 3.5kw/m².
- Factor para compensar las pérdidas 1.2
- Potencia total del arreglo de paneles.

$$\frac{FP \times DE}{IS} = \frac{1.2 \times 1200}{3.5} = 411Wp$$

- Por lo anterior se requiere un arreglo de paneles para desarrollar una potencia de 411Wp.

9 . DECLARACIÓN DE FACTIBILIDAD

Tras verificar el análisis de cada una de las variables podemos determinar:

Temperatura y humedad: las temperaturas oscilan entre los 18 °C y 19,5 °C, en cuanto a las máximas temperaturas encontradas estas varían entre 21°C y 24,3°C en la parte alta del municipio, sobre los 2400 m.s.n.m., y 24,6°C y 27,9°C en la parte baja en alturas que oscilan entre 1.800 y 2.000 m.s.n.m.; el grupo investigador realizó el proceso de medición en el galpón, cumpliendo con los parámetros establecidos, Según el material investigado, la temperatura mínima de crianza para los pollos debe ser de mínimo 19°C y una máxima de 27°C para la temperatura del galpón, lo anterior significa que según las condiciones climatológicas del municipio de Gachetá, se cumple con los requisitos para hacer factible el proyecto; la nivelación de temperatura se realiza automatizando cierre o apertura de cortinas en horarios programados y dependiendo de agentes externos de temperatura.

Incidencia solar: Respecto a la incidencia solar, se determina un rango mínimo de 3,5 kw/m² y un rango máximo de 4,5 kw/m², lo anterior permite generar un nivel mínimo de 411Wp para desarrollar 1.200W, como se ha mostrado anteriormente, es energía suficiente para proveer el sistema automatizado, por lo cual la incidencia solar cumple con lo requerido.

Costos: para una producción constante de una microempresa Gachetuna, que se dedique durante 20 años, y teniendo en cuenta que este es el tiempo de vida estimada útil del sistema de energía solar a la producción de pollo de engorde, los costos serían:

Costo del sistema solar automatizado: como se indicó anteriormente el costo del sistema automatizado es de 4.900.000 para una producción constante de 1.000 pollos.

Frente a esto, costo de un empleado medio tiempo, considerando que se paga el valor de \$400.000 por concepto de salario mensual, durante 20 años sin los incrementos de ley: \$96.000.000, lo anterior teniendo en cuenta que sus funciones son reemplazadas por el sistema automatizado, en lo relacionado con control de temperatura (apertura y cierre de cortina), suministro de agua, alimento y ajustes en la iluminación.

Por lo anterior el costo total del sistema automatizado a 20 años es de \$100.900.000

Proceso a automatizar: de acuerdo al estudio de factibilidad llevado a cabo, se pretende automatizar el control de temperatura por medio de apertura y cierre de cortinas, el cual también permitirá generar procesos de ventilación y evacuación de gases, suministro de agua a través de electroválvulas, suministro de alimento según horarios y según las condiciones físicas del animal, monitoreo de temperatura y humedad con el fin de generar alertas tempranas sobre cambio drástico de variables que afecten el proceso de producción avícola, finalmente el proceso de iluminación acorde con tablas de edad y desarrollo del animal.

Costo del sistema sin automatizar: empleado contratado tiempo completo, considerando que se paga el valor de \$800.000 por concepto de salario mensual durante 20 años, sin los incrementos de ley: \$192.000.000.

El costo de la energía eléctrica con uso de 4 bombillos de 100W durante un día es de \$4.232, por lo que en el mes la inversión es de \$126.960, en el año \$1.523.520, es decir que durante 20 años la inversión en energía sin incremento es de \$30.470.400.

Por lo anterior el costo total del sistema sin automatizar a 20 años es de \$222.470.000.

10. CONCLUSIONES

- Las condiciones de humedad y temperatura son las ideales para la producción de pollo de engorde en el municipio de Gachetá, por lo cual no se hace necesario implementar sistemas artificiales de calefacción, tan solo se debe realizar un proceso de control de temperatura a través del uso de cortinas.
- La incidencia solar registrada en el municipio de Gachetá es la adecuada para la generación de energía requerida para la automatización del proceso avícola con energía solar.

- El uso de energía solar garantiza en mayor porcentaje el servicio eléctrico requerido para el proceso, y mitiga la pérdida de producto por ausencia de iluminación, como ocurre por las fallencias del servicio de la red pública presentadas recurrentemente en el municipio de Gachetá.
- Los ahorros de funciones destinadas al galpón reflejan un mayor índice de utilidad ya que el sistema limita las funciones del empleado avicultor.

Por lo anteriormente mencionado, se declara factible el proceso de automatización del proceso avícola con energía solar en el municipio de Gachetá.

REFERENCIAS

- Albèitar Informativo Veterinario. (2018). El efecto de la luz en los pollos de engorde. Recuperado en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11772/articulos-aves/el-efecto-de-la-luz-en-los-pollos-de-engorde.html>
- Climate-Data.org. (2018). *Clima Gachetá: temperatura, climograma y tabla climática para Gachetá - Climate-Data.org*. Recuperado en: <https://es.climate-data.org/location/49882/>
- Congreso de la República. (2014). Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Recuperado en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- Electronilab. (2018). *Sensor de temperatura y humedad DHT11 - Electronilab*. Recuperado en: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/>
- Estrada, M. & Márquez, S. (2005). Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 18(3), 246-257. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/html/2950/295022964006/>
- Estrada-Pareja, M., Márquez-Girón, S. & Restrepo, L. (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 20(3), 288-303. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/html/2950/295023025007>
- Guzmán Urrego, M. D. (1993). *Gachetá 400 años: la grandeza de un pueblo, su estructura, su vida y sus protagonistas*. Bogotá: Edicundi.
- La Guía Cundinamarca. (2018). *Municipio de Gachetá*. Recuperado en: <http://www.laguiacondinamarca.com/municipio/gacheta-25297>
- Manya, D. (2013). Respuesta a la exposición de dos tipos de color de luz y su intensidad lumínica sobre el desempeño productivo del pollo de engorde. Nanegal - Pichincha. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de médico veterinario y zootecnista. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2339>
- Tolentino, C., Icochea, E. Reyna, P. & Valdivia, R. (2018). Influencia de la temperatura y humedad ambiental del verano e invierno sobre parámetros productivos de pollos de carne criados en la ciudad de lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 19(1), 9-14. Recuperado en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/1169/976>
- UPME/IDEAM (2005). Atlas de radiación solar de Colombia. UPME/IDEAM. Recuperado en: <https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/Atlas%20de%20radiaci%C3%B3n%20solar%20Colombia.pdf>

