

# Diseño y simulación de un respaldo trifásico para el transportador aéreo de la línea de colgado en una plana de aves de corral

## Three-phase backup design and simulation for air conveyor of the hanging line in a poultry plant.

Walter Naranjo Lourido <sup>1</sup>

**Resumen:** este documento evidencia el proceso de diseño y simulación de un respaldo trifásico para el transportador aéreo de la zona de colgado en la planta AVIMA S.A, con el fin de eliminar el problema de sobreescaldado que se presenta en el producto cada vez que hay cortes de energía. El diseño y simulación consta de un Rectificador AC/DC, un pack de baterías calculado para suplir la potencia necesaria y mover los motores del transportador aéreo, y finalmente un inversor trifásico.

**Palabras clave:** ave de corral, canal, planta de beneficio, transportador aéreo, escaldado, transferencia automática, sobreescaldado, respaldo trifásico.

Punto de inflexión es una revista de acceso abierto revisada por pares. © 2018 El autor (es). Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



Como citar este artículo / To reference this article:

Naranjo, W. (2025). Diseño Y Simulación De Un Respaldo Trifásico Para El Transportador Aéreo De La Línea De Colgado En Una Plana De Aves De Corral. *Punto de inflexión (innovación)*, 1(1), pp. 43–52. DOI: <https://doi.org/10.22579/30286425.1049>

<sup>1</sup> wnanranjo@unillanos.edu.co, Universidad de los Llanos, Doctor en Ingeniería

**Abstract:** This document displays a three-phase backup design and simulation process for the overhead conveyor in the hanging area at the AVIMA SA plant to eliminate the over-scalding problem when power outages energy occurs. The design and simulation consist of an AC / DC Rectifier, a battery pack calculated to supply the necessary power to move the overhead conveyor's motors, and a three-phase inverter.

**Keywords:** poultr, carcass, beneficiation plant, overhead conveyor, blanching, automatic transfer, over blanching, three-phase backup.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los orígenes del sector de avícola colombiano se remontan aproximadamente a 1940, cuando se empezaron a industrializar las granjas de cría de pollos para el comercio. El incremento en la cantidad de pollos criados exigió plantas de beneficio más tecnificadas y con la capacidad de procesar rápidamente las aves salientes de los galpones. Todas las grandes empresas avícolas en Colombia invirtieron una gran cantidad de dinero en la automatización de sus procesos [1].

Avima S.A es fundada en el 2002, inicialmente como una planta de incubación y para el año 2017 se inaugura una segunda sede llamada La Manigua, dedicada al beneficio de las aves de corral. Esta planta es una de las más modernas del país, debido a que cuenta con un proceso de beneficio automatizado. La planta tiene tres líneas transportadoras, también llamadas transportadores aéreos, las cuales se encargan de llevar al pollo a cada etapa del proceso. Estas son:

1. Transportador aéreo de colgado
2. Transportador aéreo de eviscerado
3. Transportador aéreo de selección

**Figura 1. Transportador aéreo área de colgado**



Fuente: autor

El transportador aéreo del área de colgado transfiere el producto por diferentes subetapas antes de entregar el ave al transportador aéreo del área de evisceración. Las subetapas del área de colgado son:

1. Colgado
2. Aturdimiento
3. Matanza
4. Desangre
5. Escaldado
6. Pelado

En la etapa de escaldado, el pollo es sumergido en agua caliente para aflojar la inserción de las plumas en los folículos, puesto que su desplumado no es posible realizarlo en seco [2]. Además de la temperatura del agua, también es necesario controlar el tiempo de inmersión del ave en las escaldadoras, por ende, a mayor tiempo de permanencia bajo el agua caliente, más se debilita el folículo.

**Figura 2. Transportador aéreo área de colgado en las escaldadoras de cuerpos**



Fuente: autor

El sobreescaldado genera una cocción de diversa intensidad en el canal. Cuando el cambio de coloración del músculo se da una profundidad mayor a 4 mm, el producto tiene que ser desechado completamente [3]. Este sobreescaldado se produce por temperaturas muy altas o por un tiempo de exposición prolongado del producto [4]. Lo anterior ocasiona daños económicos graves en la planta de beneficio, y se presenta cada vez que se hay cortes del fluido eléctrico.

La planta Avima S.A cuenta con un generador de 1250, sin embargo, no ha sido posible implementar una transferencia automática debido a las frecuentes caídas de tensiones del circuito eléctrico donde se encuentra la planta, durante las horas de proceso.

Figura 3. Generador Cummins 1250 kva.



Fuente: autor

La gran mayoría de los equipos eléctricos de la planta de beneficio están configurados para trabajar con una tensión de 440 Vrms. No obstante, dentro de la planta es muy frecuente que la tensión de la red pública esté por debajo de los 400 Vrms.

Como consecuencia, la transferencia automática tenía problemas entrando y saliendo constantemente, lo cual afecta negativamente el proceso. Por este motivo, la transferencia quedó con una implementación manual y solamente se realiza cuando haya ausencia de la red eléctrica. Al equipo

de mantenimiento le toma alrededor de 1 o 2 minutos realizar la transferencia en condiciones ideales para evitar pérdida de aves por sobrecocción dentro de la escaldadora.

Figura 4. Tensión de red pública en proceso de beneficio



Fuente: autor

Cualquier inconveniente que se presente e impide que la transferencia se realice "normalmente" hace que el transportador aéreo se detenga sumergiendo a los pollos dentro del agua caliente durante un tiempo excesivo. Lo anterior ocasiona el sobreescaldado, posterior decomiso y descarte del producto. Todas estas pérdidas son asumidas por la planta de beneficio puesto que se cataloga como "Daño por planta".

El respaldo trifásico tiene como objetivo lograr que el transportador aéreo del área de colgado no se detenga en caso de un corte de energía. Con esto se evitaría que el producto presente en la línea quede sumergido en agua caliente. El transportador aéreo consta de cuatro motoredutores de 1,1kw y 1440 rpm, cada equipo cuenta con un variador de velocidad Danfoss.

Figura 5. Transportador aéreo colgado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Motoreductor transportador aéreo colgado



Fuente: Elaboración propia

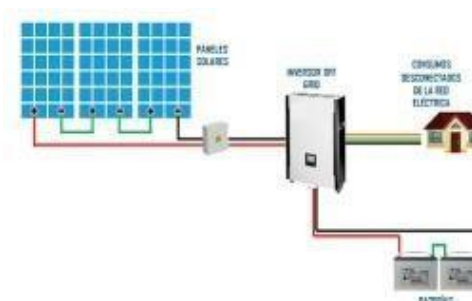
## 2. METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO

El respaldo trifásico por diseñar puede ser visto como una fuente de alimentación ininterrumpida. Un sistema de alimentación ininterrumpida es un dispositivo que tiene la finalidad de alimentar una carga en caso de fallo de alimentación a la misma en un tiempo determinado, además, puede tener elementos que filtran y mejoran la onda de tensión que aportan a la carga [5].

Para el diseño se tiene que definir el tipo de sistema y su forma de actuar frente a un corte de energía. Básicamente existen tres tipos de sistemas en cuanto a respaldos energéticos, estos se describen a continuación.

*Off-Grid* o Isla: son aquellos que están completamente desconectados de la red eléctrica; estos sistemas son independientes y son utilizados regularmente en lugares lejanos y aislados donde no hay acceso a la red pública.

Figura 7. Sistema Off-grid

Fuente: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-off-grid/>

Este sistema se compone de paneles solares, controladores, inversores y baterías con la capacidad suficiente para cubrir un tiempo calculado de consumos. Provee independencia energética, energía limpia y de largo plazo. Sin embargo, presenta un costo más elevado, debido a la integración de las baterías. Generalmente tiene un dimensionado mayor para cubrir los días sin generación [6].

*On-Grid*, *Grid-Tied* o conectado a la red: este tipo de sistemas se encuentran conectados directamente a la red eléctrica, es decir, suplen durante las horas de luz del día el consumo de energía; este no almacena energía. El sistema se compone principalmente de: paneles solares, inversor *On-grid* y un medidor bidireccional; se utiliza principalmente para instalaciones que están destinadas a inyectar energía a la red. Presenta las siguientes limitaciones [7]:

1. Requiere acceso a la red eléctrica
2. No permite conexión de baterías
3. No puede entregar energía a la red durante un corte

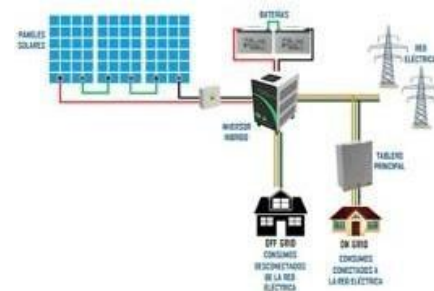
Figura 8. Sistema On-grid



Fuente: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>

Sistema Híbrido: combina las dos tecnologías anteriormente mencionadas e incorpora baterías para funcionar como Off-grid, pero aprovechando la red eléctrica, en el caso de que los paneles o las baterías no suplan la energía suficiente.

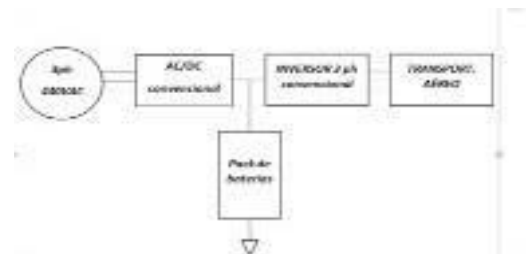
Figura 9. Sistema Híbrido



Fuente: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-hibrido/>

Para el caso del respaldo trifásico diseñado se establece un sistema híbrido sin presencia de paneles solares. El esquema básico del sistema es el siguiente:

Figura 10. Esquema respaldo trifásico. Fuente: autor



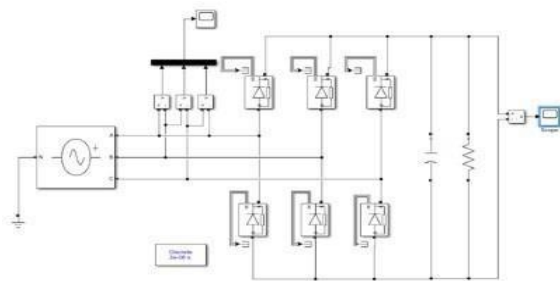
El sistema se compone de la red eléctrica trifásica 440 VAC, un rectificador AC/DC convencional, un pack de baterías, un inversor trifásico convencional y finalmente la conexión a todos los componentes del transportador aéreo, en este caso, cuatro variadores de velocidad.



### 3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL RESPALDO TRIFÁSICO

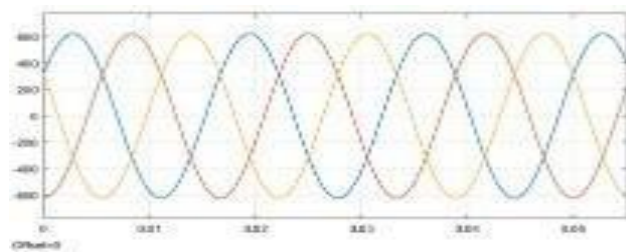
**Rectificador Trifásico AC/DC** es la primera etapa del respaldo trifásico; se utilizó un convertidor convencional o rectificador no controlado de onda completa, el esquema consta de tres ramas con dos componentes en serie.

Figura 11. Rectificador trifásico simulink



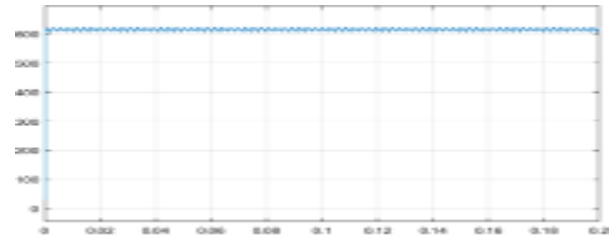
Fuente: autor

Figura 12. Entrada trifásica 440 Vac simulink



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Salida del rectificador simulink



Fuente: Elaboración propia

**Pack de baterías:** las baterías escogidas para realizar el diseño del respaldo trifásico son las lithium-ion Battery Modelo LIR18650 2600mAh. Como primer paso se realiza el cálculo del voltaje y la corriente necesarias en el pack de baterías para dar respaldo al transportador aéreo.

Figura 14. Batería recargable 18650 3.7V-2600mAh

5.1 Capacity (25±5°C)	Nominal Capacity: 2600mAh (0.52A Discharge, 2.75V) Typical Capacity: 2550mAh (0.52A Discharge, 2.75V) Minimum Capacity: 2500mAh (0.52A Discharge, 2.75V)
5.2 Nominal Voltage	3.7V
5.3 Internal Impedance	≤ 70mΩ
5.4 Discharge Cut-off Voltage	3.0V
5.5 Max Charge Voltage	4.20±0.05V
5.6 Standard Charge Current	0.52A
5.7 Rapid Charge Current	1.3A
5.8 Standard Discharge Current	0.52A
5.9 Rapid Discharge Current	1.3A
5.10 Max Pulse Discharge Current	2.6A
5.11 Weight	46.5±1g
5.12 Max. Dimension	Diameter(Ø): 18.4mm Height (H): 65.2mm
5.13 Operating Temperature	Charge: 0 ~ 45°C Discharge: -20 ~ 60°C
5.14 Storage Temperature	During 1 month: -5 ~ 35°C During 6 months: 0 ~ 35°C

Fuente: <https://ferretronica.com/products/bateria-recargable-18650-3-7v-2600-mah>

Aproximamos a 623 Vp, como cada batería en full carga tiene un voltaje de 4,2 V, se deberá construir un pack de baterías de 150 unidades. De esta manera se sabe que debemos organizar 150 baterías en serie y así alcanzar el voltaje necesario para el inversor.

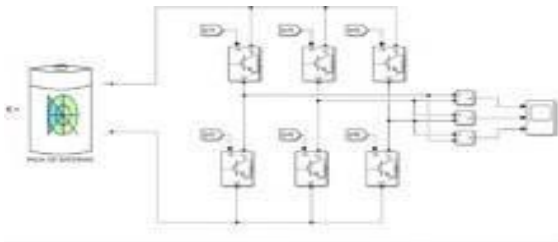
Posteriormente, para calcular la corriente sabemos que el transportador aéreo cuenta con cuatro motores cada uno con una corriente nominal de 2,5A; los motores arrancan todos

al mismo tiempo y llegan a tener una corriente cada uno de 10A, lo que al final son 70 A por los cuatro variadores. Para alcanzar la corriente requerida en el respaldo se deben armar paquetes de 27 baterías en paralelo y a su vez conectar 150 de estos en serie para alcanzar el voltaje. En la siguiente tabla se presentan los datos de la batería de litio proporcionados por el fabricante.

## 4. Resultados de la simulación

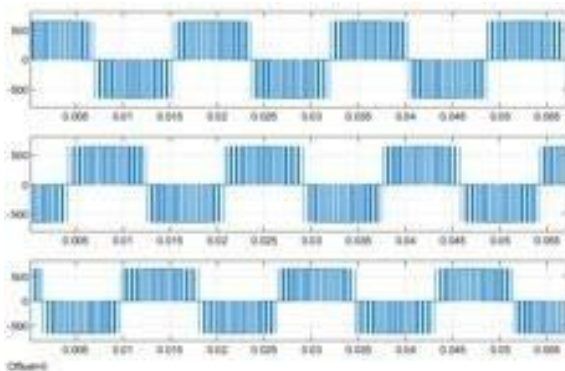
En los resultados de la simulación del sistema de respaldo trifásico es posible verificar también el comportamiento del inversor, el cual se muestra en la Figura 12.

Figura 15. Batería recargable 18650 3.7V-2600mAh



Fuente: Elaboración propia

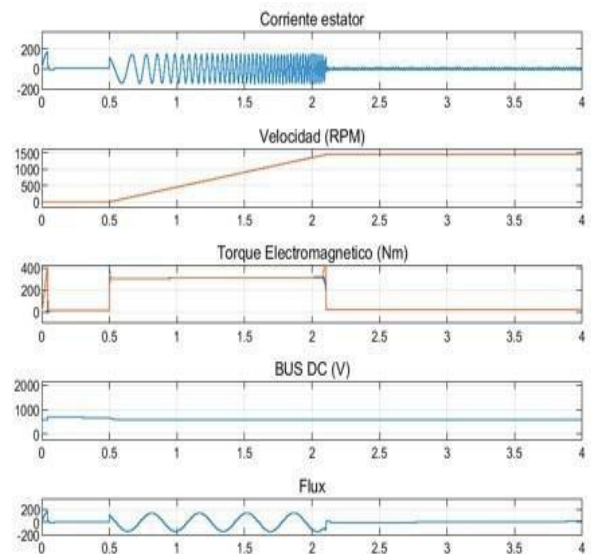
Figura 16. Voltajes fase-fase de salida utilizando SPWM y hard-switching



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se puede determinar que los variadores de frecuencia (VFD) funcionan con el sistema de respaldo trifásico. La figura muestra la corriente de estator, las RPM del motor, así como el par (Torque) y las corrientes de control en el espacio dq.

Figura 17. Resultados de parámetros del VFD frente a simulación de sistema de respaldo trifásico.



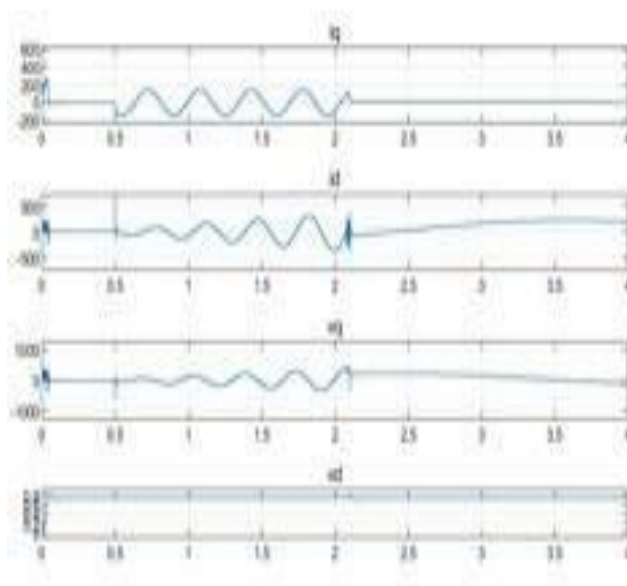
Fuente: Elaboración propia



## 5. CONCLUSIONES

A partir de baterías de litio es posible generar un paquete capaz de suplir el voltaje y la corriente necesaria para alimentar cuatro variadores, que controlan motores 1,1 kW cada uno, sin que se vea afectado su correcto funcionamiento.

Las caídas de tensión en la red eléctrica de zonas rurales como en la que está ubicada Avima S.A no permite utilizar una transferencia automática, aún cuando la planta cuenta con todos los equipos necesarios para esta implementación. Por tal motivo, el respaldo trifásico se presenta como una solución técnica viable ante el problema de escaldado de aves, cuando se presentan cortes de energía.



## REFERENCIAS

- [1] A. Rivera J. Malaver K. Peña N. Malaver (2011) *Perdurabilidad empresarial: el caso del sector avícola en Colombia*.
- [2] Carlos Villareal, Mauricio Sánchez (2017), *Diseño de una máquina escaldadora para el procesamiento de pollos en la industria artesanal*.
- [3] Subsecretaría de Salud Pública división de políticas públicas saludables y promoción depto. alimentos y nutrición (2010), *Norma general Técnica sobre inspección veterinaria de aves de corral y sus carnes*.
- [4] Meyn-Specialist in Poultry Processing Solutions (2017) *Manual de usuario y mantenimiento escaldadora Jetstream*
- [5] Albarrán Nuñez, Sergio (2016) *Diseño de un sistema de alimentación ininterrumpida de un centro de procesamiento de Datos (CPD)*.
- [6] Suria Energy, Tipos de instalaciones solares: on-grid, off grid e híbridos [Online]. Available: <https://www.suriaenergy.com/tipos-de-instalaciones-solares-ongrid-offgrid-e-hibridos>.
- [7] Wega lighting, ¿Cómo funcionan los sistemas ON GRID? [Online]. Available: <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>