

Máquinas de corriente continua

Autor: Andrés Murillo P.

Jorge Aucay

aaucay@est.ups.edu.ec

amurillo@est.ups.edu.ec

Resumen— En el presente documento se desarrollara una breve explicación acerca de los diferentes parámetros que involucran a las máquinas de corriente continua tanto los motores como los generadores como son su principio de generación, funcionamiento del colector de delgas, y todas aquellas variables que debemos tomar en cuenta al momento de elegir una máquina de corriente continua, además de las posibles soluciones y los aspectos que esto implica ante una posible necesidad de la máquina.

Palabras Clave—Generador, motor, corriente continua.

I. INTRODUCCIÓN

La corriente continua presenta grandes ventajas, entre las cuales está su capacidad para ser almacenada de una forma relativamente sencilla. Esto, junto a una serie de características peculiares de los motores de corriente continua, y de aplicaciones de procesos electrolíticos, tracción eléctrica, entre otros, hacen que existen diversas instalaciones que trabajan basándose en la corriente continua.

Los generadores de corriente continua son las mismas máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica. No existe diferencia real entre un generador y un motor, a excepción del sentido de flujo de potencia. Los generadores se clasifican de acuerdo con la forma en que se provee el flujo de campo, y éstos son de excitación independiente, derivación, serie, excitación compuesta acumulativa y compuesta diferencial, y además difieren de sus características terminales (voltaje, corriente) y por lo tanto en el tipo de utilización.

Las máquinas de corriente continua son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente continua, y motores que convierten energía eléctrica de corriente continua en energía mecánica.

La mayoría las máquinas de corriente continua son semejantes a las máquinas de corriente alterna ya que en su interior tienen corrientes y voltajes de corriente alterna. Las máquinas de corriente continua tienen corriente continua sólo en su circuito exterior debido a la existencia de un mecanismo que convierte los voltajes internos de corriente alterna en voltajes corriente continua en los terminales.

Este mecanismo se llama colector, y por ello las máquinas de corriente continua se conocen también como máquinas con colector

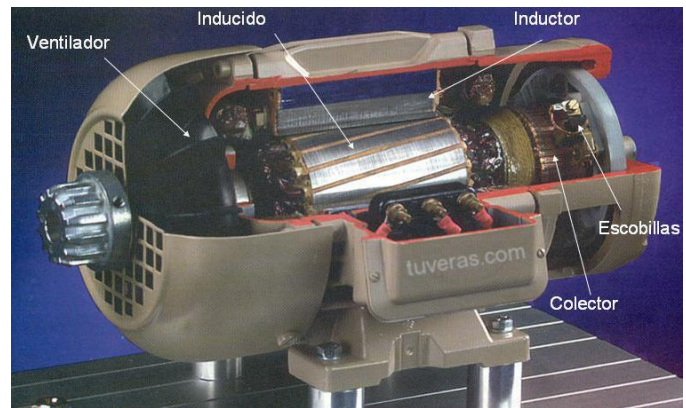


Figura 1.- Máquina de corriente continua

II. PRINCIPIO DE GENERACIÓN

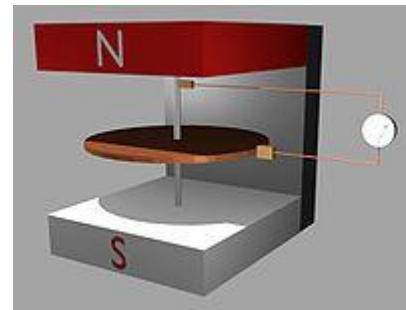


Figura 2.- Disco de Faraday

Una dinamo o dínamo es un generador eléctrico destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente continua.

Está basado en la ley de Faraday, esta ley nos dice que la variación de un conductor que corta perpendicularmente un campo magnético se induce una fuerza electromotriz (FEM) en los extremos del conductor.

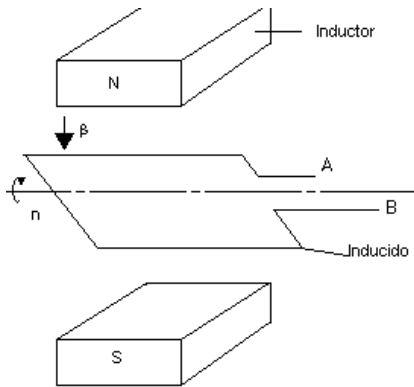


Figura 3. Principio de generación

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura.

Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos.

Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado.

Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos.

- Punto Cero: El movimiento de los dos conductores no corta el campo magnético es decir el flujo es paralelo al movimiento de los conductores por lo que la inducción es totalmente nula dándose una fuerza electromotriz igual a 0 ($FEM=0V$).

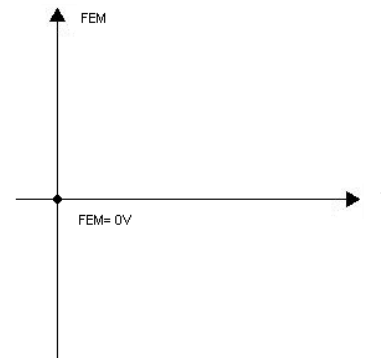
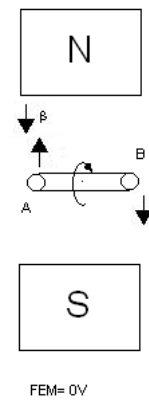


Figura 4. Primer instante

- Punto Uno: Es el momento en el que el conductor a corta en su totalidad al campo magnético, dándose una inducción máxima por lo que la fuerza electromotriz generada es la más alta Entrando por el conductor A y sale por el conductor B.

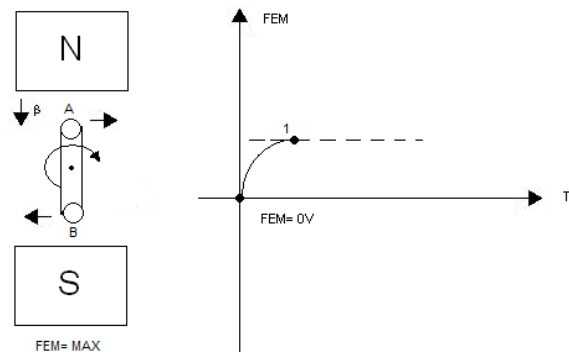


Figura 5. Segundo instante

- Punto Dos: Se retorna nuevamente al punto en el que los conductores no cortan el flujo magnético por lo que la FEM es nula, por lo tanto el voltaje en bornes es igual a 0V.

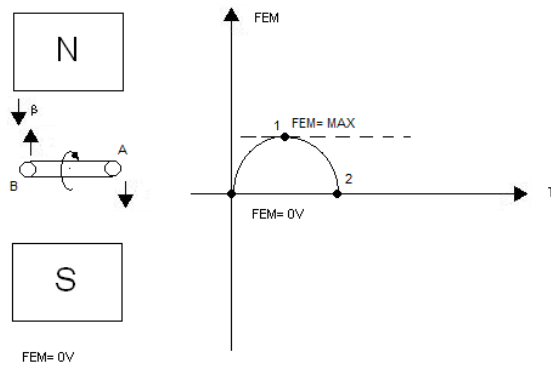


Figura 6. Tercer instante

- Punto Tres: Se induce una fuerza electromotriz que sale ahora por el conductor A, pero de igual manera es una FEM máxima inducida.

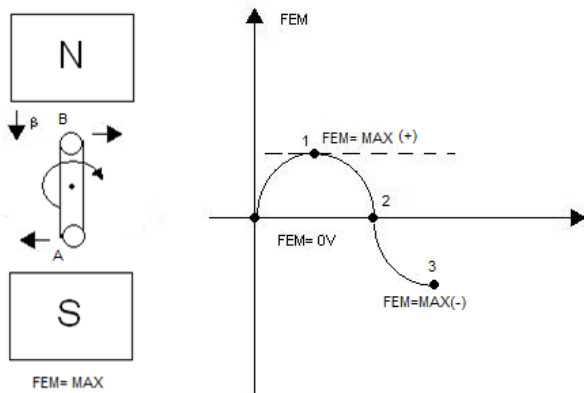


Figura 7. Cuarto instante

- Punto Cuatro: Se vuelve a la posición inicial 0, en donde la inducción es nula debido a lo mencionado en el punto cero, cumpliéndose el primer ciclo, es decir se cumplieron los 360° eléctricos de un ciclo.

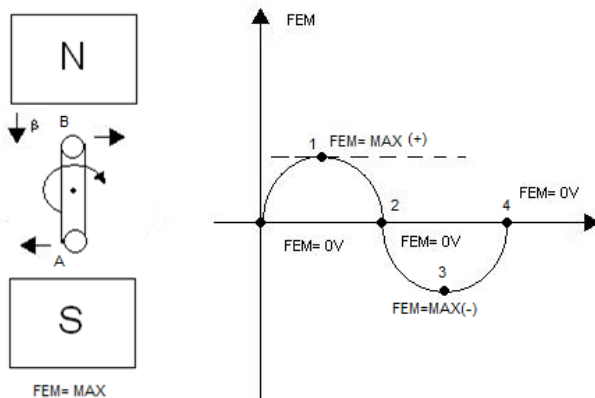


Figura 8. Ultimo instante

III. FUNCIONAMIENTO DEL COLECTOR DE DELGAS

A. Colector y escobillas

1) Colector

El colector consta de delgas de cobre electrolítico, aisladas entre sí por separadores de micanita. Forma un cuerpo anular estratificado en todo el perímetro, que va aislado respecto a las piezas soporte. Para evitar vibraciones posteriores por solicitaciones térmicas o mecánicas y para conferirle mayor estabilidad mecánica, se trabaja con micanita especial con un reducido contenido en conglomerante del 3 % para las láminas aislantes y del 5 % para el aislamiento del cuerpo.

De acuerdo con la aplicación, se diferencian cinco tipos básicos de construcción de colectores:

- **El cuerpo anular del colector de cola de milano,** tras un prensado radial cuidadoso, se le tornea en forma de cola de milano por ambos extremos y se le sujeta con un anillo aislante de la forma correspondiente. En colectores largos de alta velocidad periférica, a veces es necesario emplear un colector de cola de milano doble debido a la muy alta sollicitación.
- **El colector suspendido o de membrana,** se utiliza en máquinas de muy altas revoluciones, por ejemplo, en turbogeneradores o máquinas de vaivén. El cuerpo anular, que es sostenido radialmente con anillos de contracción, va fijado en el lado del devanado a un anillo soporte prensado al eje, mientras que el otro lado es guiado por un disco elástico (membrana) apoyado sobre el eje. Este permite una dilatación axial del colector, y reduce con ello la sollicitación por efectos mecánicos y térmicos. Este tipo de construcción es efectivamente cara, pero satisface cualquier exigencia especial en relación con la resistencia.
- **El colector cónico** surgió con motivo de la exigencia de un diámetro grande del eje y un diámetro pequeño del colector para velocidad periférica máxima. El cuerpo anular tiene en ambos extremos un taladro cónico. Se le soporta en sentido radial mediante anillos de contracción, en el lado del devanado se apoya en el eje cónico y se retiene con un anillo cónico.
- **El colector de material prensado** posee un cuerpo soporte de conglomerado de resina sintética, en el que se funde el cuerpo formado por las delgas. Los suplementos previstos en el canto interior de las delgas de cobre aseguran la unión con el material prensado. Un casquillo de acero incrustado ofrece una transmisión directa de todo el colector con el eje. El colector de material prensado se utiliza fundamentalmente en pequeñas máquinas hasta un diámetro de colector de 200 mm.

2) Carbones y portacarbonos

Estas piezas se seleccionan de diseños disponibles para limitar la densidad de corriente de carbones entre 60 y 70 A/in² a plena carga, para obtener la distancia de guarda individual

necesaria, y para obtener un calentamiento aceptable del conmutador.

- **Escobilla de carbón (o simplemente carbones):** Estas piezas se deslizan sobre las barras del conmutador y llevan la corriente de carga de las bobinas del rotor al circuito externo. Los porta carbones sujetan los carbones contra la superficie del conmutador mediante resortes, para mantener una presión razonablemente constante y que se deslicen de modo uniforme.

IV. REACCIÓN DEL INDUCIDO

Cuando la dinamo está en carga el flujo del inductor se distorsiona debido al flujo magnético creado por la corriente del inducido, el cual es perpendicular al flujo magnético principal creado por los polos inductores

Φ_p

Aunque aparentemente el flujo principal Φ_p no varía, pues se reduce en los cuernos de entrada pero aumenta en los cuernos de salida, e realidad el flujo principal disminuye pues la distorsión de del mismo aumenta su recorrido, es decir su reluctancia magnética, se crea saturación de los cuernos polares y además aumentan las fugas magnéticas, coadyugando todo ello en la disminución de Φ_p y disminuyendo por tanto la fem en carga E_c respecto a la fem en vacío E_v . Este fenómeno se conoce con el nombre de reacción magnética en el inducido.

$$\varepsilon = E_v - E_c = KN(\Phi_v - \Phi_c)$$

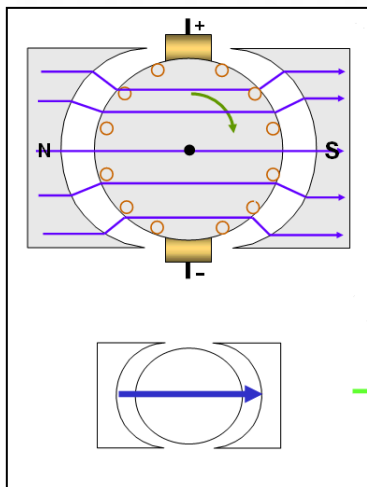


Figura 9.- Campo magnético del inductor

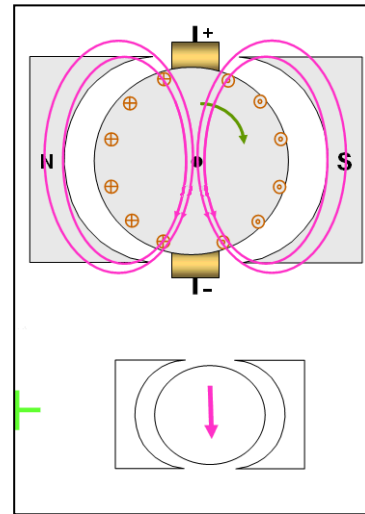


Figura 10.- Campo magnético del inducido

En las figuras 17 y 18 se representa los dos campos magnéticos presentes en una maquina en dc, si sumamos los dos campos encontramos nuestro campo resultante que podremos apreciar en la figura 19.

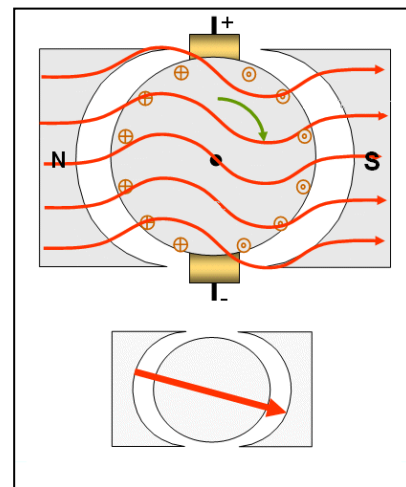


Figura 11.- Campo magnético resultante

Como observamos en la figura 19 la corriente en el inducido provoca un cambio de magnitud y dirección del campo lo que conlleva a la consecuencia de que la línea neutra (línea que une los conductores que no producen fem) en carga, adelanta respecto del sentido de giro un ángulo α , tomada como referencia la línea neutra en vacío:

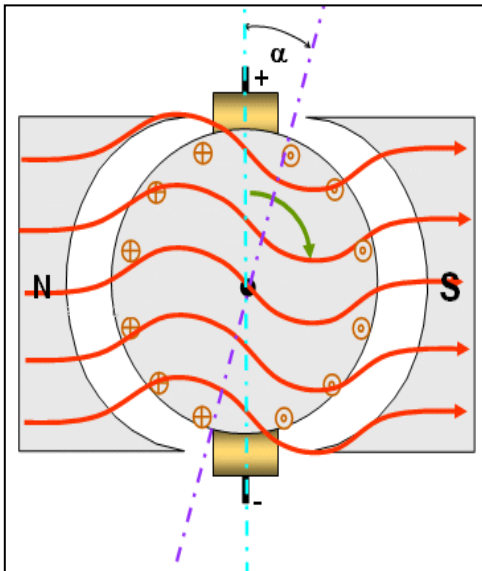


Figura 12.- Desviación de la línea neutra

A. Inconvenientes de la reacción del inducido.

- Disminuye la fem en carga E_c .
- Disminuye indirectamente el rendimiento (pues se ha de aumentar la corriente de excitación para compensar el efecto anterior, disminuye el rendimiento).
- Crea peligro de chispas en el colector
- Aumenta las dificultades para realizar una buena conmutación.
- Deformación del campo magnético en la máquina, lo que da origen al desplazamiento de la línea teórica.
- Aumento considerable de las pérdidas en el hierro al existir una mayor densidad de flujo.
- Disminución del flujo útil originando una menor fem inducida.

V. CONMUTACIÓN

El proceso de conmutación no es tan simple ya que se debe realizar un exhaustivo diseño para lograr la menor pérdida posible.

El problema de la conmutación es originado cuando fruto del desplazamiento del rotor, las escobillas quedan pisando diferentes delgas, por lo que se puede dar el caso de que la escobilla pise una delga al inicio al final o pise dos delgas a la vez.

Esto produce picos en la conmutación provocando:

- Pérdidas de potencia.
- Generación de voltajes $L \frac{di}{dt}$.
- Reduce el funcionamiento de la máquina.

1) Posibles soluciones:

Devanados de compensación: Para eliminar el debilitamiento del flujo, se desarrolló una técnica diferente que incluye la disposición de devanados de compensación en ranuras labradas en las caras de los polos paralelos a los conductores del rotor para cancelar el efecto de distorsión de la reacción del inducido. Estos devanados están conectados en serie con los devanados del rotor, de modo que cuando cambia la carga en el rotor, cambia también la corriente en los devanados de compensación. Como se muestra en la figura:

La figura muestra un desarrollo más cuidadoso del efecto de los devanados de compensación en una máquina de. Nótese que la fuerza magnetomotriz debida a los devanados de compensación es igual y opuesta a la fuerza magnetomotriz debida al rotor cada punto situado bajo las caras polares. La fuerza magnetomotriz neta resultante es causada por los polos, de modo que el flujo en la máquina no se modifica, independientemente de la carga.

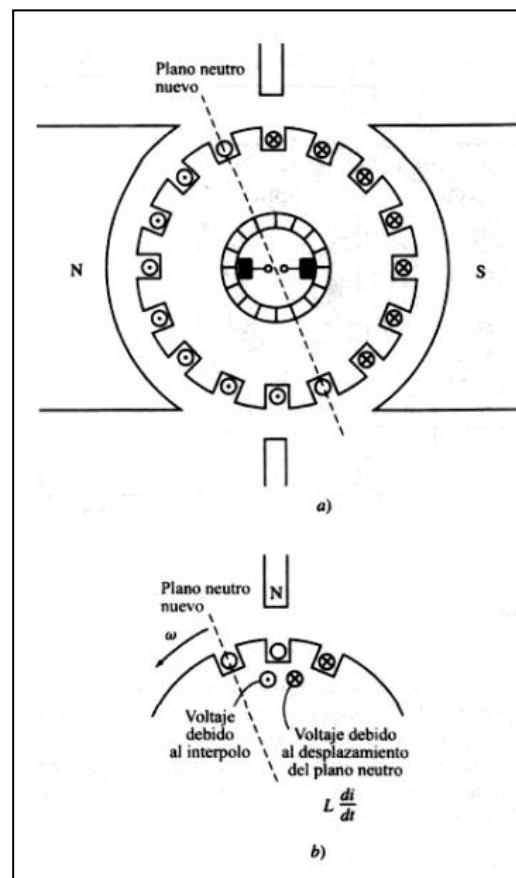


Figura 13.- Devanados de compensación

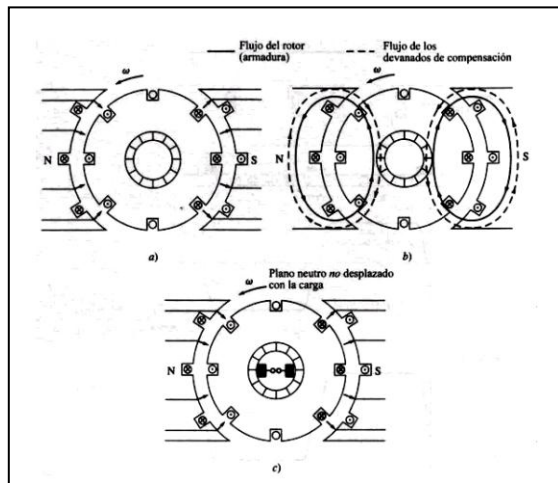


Figura 14.- Estator DC con devanados de compensación

Desventaja

La principal desventaja de los devanados de compensación es que son costosos, puesto que deben maquinarse las caras de los polos. Todo motor que los utiliza debe tener interpolos ya que los devanados de compensación no cancelan los efectos $L \frac{di}{dt}$.

Los interpolos no deben ser tan robustos sin embargo, puesto que cancelan únicamente los voltajes $L \frac{di}{dt}$ en los devanados y no los voltajes debidos al desplazamiento del plano neutro. Debido a lo costoso que resulta tener devanados de compensación e interpolos en tal máquina, éstos devanados sólo se utilizan cuando la naturaleza muy pesada del trabajo del motor lo demanda.

VI. CONCLUSIONES

Al concluir el presente ensayo se pudieron obtener varios resultados los cuales nos han servido para tener en cuenta al momento en el que necesitemos utilizar una máquina de corriente continua saber escoger correctamente la máquina dependiendo del tipo de aplicación en la que se vaya a utilizar la máquina, se ha podido observar que las máquinas de corriente continua son utilizadas ampliamente en lo que son aplicaciones de pequeño tamaño como son en motores de herramientas manuales ya que al estos necesitar de escobillas resultaría un elevado costo de operación y mantenimiento en aplicaciones grandes, siendo una gran desventaja ante las máquinas de corriente alterna.

Una gran ventaja que poseen estas máquinas es que pueden ser utilizadas tanto como motores y generadores, lo cual significa que la máquina puede ser utilizada en diferentes aplicaciones, lo cual no limita su uso y por lo tanto equipara las desventajas ante las máquinas de CA.

Se pudo observar cual es el principio de funcionamiento de estas máquinas cuando generan energía eléctrica y como reaccionan internamente las diferentes partes ante cada situación de utilización de las mismas y los métodos para evitar estos problemas, teniéndose en cuenta cada una de las desventajas que estos producen.

REFERENCIAS

- [1] Página web: <http://avaluos1.blogspot.com/2008/01/construccion maquinas .html>
- [2] Referencias bibliográficas: MONTILLA, Alexander, "Maquinas Eléctricas"
- MORA, Jesús, "Maquinas Eléctricas", quinta edición
- A.E.FitzGerald, "Teoría y análisis de las Maquina Eléctricas"
- [3] Página web: www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf
- [4] Página web: <http://www.mitecnologico.com/iem/Main/Maquinas dc>
- [5] Página web: <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~41001719/electricos/2fp2/t2fp205.html>

BIOGRAFÍA



Nombre: Andrés Francisco Murillo Peñafiel
 Email: and1ec@hotmail.com
 Carrera: Ingeniería Electrónica
 Lugar de estudio: Universidad Politécnica Salesiana
 Títulos: Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Maquinas Eléctricas.
 Residencia: Cuenca-Ecuador

Nombre: Jorge Andrés Aucay
 Carrera: Ingeniería Electrónica
 Lugar de estudio: Universidad Politécnica Salesiana
 Títulos: Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Maquinas Eléctricas.
 Residencia: Cuenca-Ecuador