

“Diseño y construcción de una picocentral hidroeléctrica para la finca “la esperanza” - cantón zamora”

“Design and building of a pico-hydropower for the farm “la esperanza” - canton zamora”

DOI: 10.46932/sfjdv3n4-106

Received in: April 14th, 2022

Accepted in: June 30th, 2022

Julio César Toledo Iñiguez

Electricity Technologist

Institución: Instituto Superior Tecnológico Loja (ISTLOJA)

Dirección: Granada, Loja, Ecuador

Correo electrónico: jctoledo@tecnologicoloja.edu.ec

Daniel Engiberto Granda Gutierrez

Master in electronic systems engineering in the speciality of electronic power conversion systems

Institución: Instituto Superior Tecnológico Loja (ISTLOJA)

Dirección: loja, bolívar y José Félix de Valdivieso

Correo electrónico: degranda@tecnologicoloja.edu.ec

Angel Daniel Uchuary Jimenez

Master in information and communication technologies

Institución: Instituto Superior Tecnológico Loja (ISTLOJA)

Dirección: loja, 24 de mayo y Leopoldo Palacios

Correo electrónico: auchuary@tecnologicoloja.edu.ec

RESUMEN

El proyecto presenta el diseño y la construcción de una picocentral hidroeléctrica con el propósito de utilizar el agua como recurso natural renovable para proveer de energía eléctrica a la finca “La Esperanza” que no cuenta con tendido eléctrico para la utilización de aparatos de uso doméstico. Mediante este proyecto se contribuirá a mejorar la calidad de vida de quienes habitan en la finca “La Esperanza”. En el proyecto se presentan los cálculos del caudal y la altura necesaria de la toma de agua, diámetro de la tubería de conducción y diseño de la turbina para lograr obtener la potencia eléctrica requerida. Para la construcción se precisa del uso de materiales y elementos que se pueden encontrar en ferreterías como: tanque de carga, tubería, turbina generadora. La pico central entrega una potencia en barras de 600W y mediante un regulador de tensión se obtiene un voltaje regulado de 120V.

Palabras clave: energía hidroeléctrica, embalse, presa.

ABSTRACT

The research presents the design and construction about a pico-hydropower with the aim of using water as a renewable natural resource to provide electricity to the farm “La Esperanza”, because it has a lack of power lines for the use of household appliances. The life quality of those who live on the “La Esperanza” farm will be better through this project. This project presents the calculations of the flow and the necessary height from the water intake, the diameter of the conduction pipe and the turbine design to obtain the required electrical power. The construction requires the use of materials and elements that can be found in a hardware store like: tank, pipe, generator turbine. The pico-hydropower delivers a power in bars of 600 W through a voltage regulator a regulated voltage of 120 V is obtained

Keywords: hydroelectric power, reservoir, dam.

1 INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial (2019) en el mundo 840 millones de personas no tienen acceso a la electricidad. En Ecuador, la Región Amazónica es la zona con menor tasa de electrificación (ARCONEL, 2015).

Leib (2019) indica que:

La energía necesaria para el consumo de un individuo es uno de los requisitos indispensables para una participación en el avance en una sociedad moderna, cabe destacar que en los entornos rurales no hay acceso a electricidad para poblaciones indígenas en la Amazonía, donde el suministro de este puede ayudar en lograr condiciones agradables de vida acorde a los principios del Buen Vivir. Es por ello que proyectos eléctricos no solo se enfocan en el desarrollo técnico, sino en el ámbito social.

En la Amazonia los habitantes producen su propia energía a base de sus propios recursos que se encuentran en las zonas donde habitan, estas tecnologías se enfocan en la generación hidroeléctrica a base de embalses, el uso de paneles fotovoltaicos y de biodigestores en función de biomasa de estiércol o desechos orgánicos. Desde una casa familiar hasta aldeas o pueblos pequeños de hasta 1000 habitantes, el abastecimiento es práctico y alcanzable acorde a la demanda eléctrica que el sistema necesite. (p. 48)

La finca “La Esperanza”, no cuenta con suministro de electricidad para uso doméstico, debido a que se halla en una zona rural donde no se cuenta con tendido eléctrico ni vías carrozables. Debido a este motivo se requiere de instalar un generador que provea de energía eléctrica para iluminación, carga de celulares y baterías de computadores. Aprovechando que en la zona existe una quebrada y llueve constantemente se ha creído conveniente diseñar y construir una pico central hidroeléctrica que provea de la energía eléctrica requerida. Con este proyecto se busca que las personas que aquí habitan puedan mejorar su calidad de vida.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente proyecto se utilizará diferentes métodos los cuales son:

Método de investigación bibliográfica, mediante la cual se realiza la búsqueda acerca del uso de la energía hidráulica en la generación eléctrica, para tener la mayor cantidad de información que ayudará a una idea más amplia del objetivo planteado a desarrollarse.

El método cuantitativo, servirá para analizar los diferentes datos recogidos, tales como caudal, altura, para determinar la potencia que podemos generar a partir de la caída de agua a gran presión.

El método experimental, se utiliza para construir un sistema de captación y de conducción de agua hacia la casa de máquinas, controlando las variables que intervienen como presión, caudal, RPM en la turbina y generador.

Se verificará los resultados obtenidos de tal manera que se garantice el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el sistema de generación, los materiales utilizados en la presente investigación son aquellos que representan la mayor influencia en el funcionamiento del mismo.

2.1 TANQUE DE CARGA

Para la generación hidroeléctrica se construyó un pequeño embalse el cual sirve para retener una cierta cantidad de agua como se puede ver en la figura 1, la misma que permitirá generar electricidad gracias a la energía potencial que esta puede contener. Para su construcción se utiliza materiales propios de la zona como: arena, grava, piedra.

Material: Hormigón; **Tipo:** Central de pasada; **Capacidad:** 0.196 m³; **Forma:** Cilíndrica

Figura 1 Toma de Agua



2.2 LLAVE ESFÉRICA COMPACTA

Este tipo de llave se utiliza para el cierre y apertura en la conducción de agua que va desde el tanque reservorio a la turbina, de esta manera se podrá tener un control del caudal, mediante el cual dependerá la generación eléctrica y también para el mantenimiento de la turbina y generador.

Material: PVC; **Medida:** 2 Pulgadas; **Presión Máxima:** 150 Psi

Figura 2 Llave esférica compacta



2.3 MANGUERA

Se utiliza una manguera de polietileno con pocas uniones para evitar presentar fallas, además, es un material de gran flexibilidad ideal para terrenos irregulares, se pueden instalar sobre el suelo ya que es resistente a los cambios climáticos y a los rayos del sol.

Material: Polietileno; **Medida:** 2 Pulgadas; **Presión:** 60 PSI

Figura 3 Manguera de regulación de caudal



2.4 MOTOR

Para este proyecto se utilizará un motor de corriente alterna asíncrono trifásico. El cual será modificado y convertido en un generador síncrono de imanes permanentes, incorporando imanes de neodimio en su rotor.

Clase: Asíncrono; **Potencia:** 600 W; **Voltaje:** 120 V; **Corriente:** 5^a

Factor de potencia: $\cos \varphi$: 0.93; **IP:** 54; **Frecuencia:** 60 HZ

Rpm: 1800; **Polos:** 6

Figura 4 Motor de corriente alterna



2.5 TURBINA

La turbina que se utiliza para accionar al generador es de tipo Pelton. Para su construcción se utiliza una plancha de hierro dulce de 3mm de espesor y un eje de acero de 3/4 de pulgada. La turbina va adaptada al eje, para su construcción se empleó soldadura MIG.

Tipo: Pelton; **Material:** hierro

Figura 5 Turbina del tipo Pelton



2.6 UNIÓN REDUCTORA PARA INYECTOR

Con el propósito que la turbina gire a una determinada velocidad, esto se consigue reduciendo el diámetro de la tubería, así aumenta la velocidad del fluido en este caso el agua, y, al mismo tiempo reduce su presión, hay que tener en cuenta que si se reduce demasiado la turbina va disminuyendo su velocidad. Existe un diámetro adecuado de trabajo, en este caso es de 3/4”.

Material: Plástico; **Tipo:** Reductor; **Medida:** 2” a 3/4”

Figura 6 Unión reductora para inyector



2.7 REGULADOR DE VOLTAJE

La regulación de voltaje se realizará mediante un regulador para equipos electrónicos, consiste en mantener un voltaje estable a la salida cuando en la entrada del circuito existen variaciones en el voltaje generado, puede ser un sobre voltaje o bajo voltaje de un 15%, este dispositivo permite un buen funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Clase: Monofásico; **Marca:** Forza; **Potencia:** 600 W; **Voltaje:** 115 V ac

Corriente: 6 A

Figura 7 Regulador de voltaje



3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El beneficio principal de la presente investigación es la generación eléctrica para el sector la Esperanza en el Cantón Zamora, el cual por su ubicación geográfica y lejanía no contaba con servicio eléctrico. La solución fue elaborar el diseño, construcción y puesta a prueba de una pico central hidroeléctrica, con el fin de llevar energía aprovechando el caudal existente en el sector.

Al hablar de generación a través de embalses o micro embalses siempre es importante investigar los impactos ambientales por inundación, con este precepto, y a través de Leib en el año 2019, la investigación buscó el menor daño al ambiente posible, encausando el caudal mediante tubería hacia el generador, devolviendo a la naturaleza el caudal utilizado sin contaminación alguna, considerando a Palomares (2016), en donde recomienda la electrificación rural en la amazonia, manteniendo intacta a la naturaleza. Los beneficios de las energías renovables son recompensados a largo plazo por su sostenibilidad, siendo una ventaja para la gente que vive en el espacio rural que no cuenta con servicio energético en sus proximidades.

3.1 MEDICIÓN DE CAUDAL

Con el fin de determinar el caudal existente en la zona de generación se procedió a la construcción de un canal de madera como se puede ver en la figura 8, se canaliza el caudal existente en la zona, para direccionar el recurso hídrico, para así, mediante el método volumétrico de medición de caudal poder calcular el tiempo que se tarda en llenar un recipiente estándar de 20 litros.

Figura 8 Canal de Madera direccionando el caudal existente



Mediante este método, se procedió a realizar las mediciones del caudal, donde se obtuvo resultados como los que se puede observar en la tabla 1, donde se la medición del caudal en base al método experimental.

Tabla 1. Datos recolectados del caudal mediante método volumétrico

Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
16.47	3.28	5.02
14.35	2.87	5.00
18.59	3.63	5.12
16.27	3.16	5.14
18.42	3.60	5.11
13.18	2.59	5.08

De acuerdo a estos datos recolectados, se tiene un caudal promedio de 5.07 litros/segundo. Además, conjuntamente a esto se procedió a medir la altura del salto de agua a través del método de manguera transparente; mediante el efecto de la gravedad, la altura se igual en los extremos de los puntos de medición, obteniendo un resultado de aproximadamente 30 metros desde la toma del caudal hasta el generador.

Para poder determinar el caudal utilizable en el proyecto, se considera netamente solo el 90% del mismo, ya que el 10% restante corresponde al caudal ecológico, mismo que es el necesario para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo. Por ello, el caudal de diseño será determinado por la siguiente fórmula 1.

$$Q_{eq} = Q_{fr} \times 90\% \quad (1)$$

$$Q_{eq} = 0.00507 \frac{m^3}{s} \times 90\% \quad (2)$$

$$Q_{eq} = 0.00456 \frac{m^3}{s} \quad (3)$$

Acorde a este resultado, se determina que se tiene un caudal óptimo para el proyecto de $0.00456 \frac{m^3}{s}$, mismo que será utilizado para calcular la potencia con la que contaría la pico central hidroeléctrica.

3.2 POTENCIA DE SALTO HÍDRICO

Una vez conocido los datos, tanto de caudal como de salto de agua, y, al utilizar una turbina del tipo Pelton que cuenta con una eficiencia del 80%, y conociendo la densidad del agua podemos calcular de manera teórica, el potencial hídrico con el que el proyecto puede suministrar al sistema.

$$P = \rho \times Q \times \Delta H \times \eta \quad (4)$$

$$P = 1.177 W \quad (5)$$

La potencia del sato hídrico es de 1.177 W, esto conjuntamente con los 137 metros de tubería de presión desde el reservorio hasta la salida del generador, y con 45° aproximadamente de ángulo de

inclinación del terreno, se cuenta con los datos suficientes para poder tener una primera visión del potencial de a pico central hidroeléctrica.

3.3 ALTURA DE PRESIÓN DEL AGUA AL LLEGAR A LA TURBINA

Con los datos obtenidos en apartados anteriores, es necesario conocer la cual es la presión que se ejerce al final de la tubería antes de llegar a la turbina, ya que de esto dependerá de cuanta fuerza de acción se puede ejercer en los alabes de la turbina, el cual se traducirá en PSI, lo cual determinará la potencia que adquiere la turbina para transmitirla al generador.

$$P = \rho \times g \times h \quad (6)$$

$$P = 294.300 \frac{N}{m^3} \quad (7)$$

$$1Lpf = 4.4482 N \quad (8)$$

$$1m^2 = 1150in^2 \quad (9)$$

$$294.300 \frac{N}{m^2} (1Lbf|4.4482N)(1m^2 = 1150in^2) = 42.68 \frac{Lb}{in^2} \quad (10)$$

Se obtiene un resultado de 42.68 libras por cada pulgada cuadrada, lo que es lo suficientemente fuerte para poder mover tanto l turbina como las poleas que conectan al sistema con el generador.

3.4 TURBINA

La turbina al ser una de las partes más importantes del sistema generador, esta deberá proporcionar el giro del generador, por lo que para el presente proyecto se seleccionó una turbina del tipo Pelton, con un diámetro de 60cm, como lo podemos observar en la figura 9, se muestra la turbina diseñada por los autores, es del tipo Pelton con 21 alabes.

Figura 9 Turbina del tipo Pelton



La turbina cuenta con 21 alabes, los cuales no permitirán que exista una intermitencia en la generación de energía. Además, el inyector cuenta con un ángulo de 15° con el fin de aprovechar el máximo golpe de agua optimizando las RPM.

La velocidad de la turbina, será el punto de partida para determinar las revoluciones necesarias para que el generador pueda proporcionar el voltaje de salida óptimo para el correcto funcionamiento del sistema, la cual se determinada por la velocidad del agua al ingresar al rodete y del coeficiente de velocidad tangencial la cual es aproximadamente de 0.5; dando como resultado una velocidad en la turbina de 365 RPM.

Finalmente, para transmitir el torque al generador es necesario un buen sistema de transmisión mediante poleas y bandas, con el fin de multiplicar las RPM obtenidas en la turbina y alcanzar las RPM necesarias para el generador, obteniendo así 2190 RPM. Como se puede ver en la figura 10, muestra el sistema de poleas, que multiplican las 365RPM en la turbina a 2190RPM en el generador.

Figura 10 Sistema de poleas y bandas



3.5 SELECCIÓN DEL GENERADOR

Para la selección del generador se consideró a Orosco que en el año 1995, propuso el tipo generador, el mismo que de acuerdo a modificaciones propias del autor se encontró al más adecuado y sí, aquel puede ser en corriente continua o a su vez de corriente alterna, para este proyecto se utilizará al motor asíncrono que se lo modificó incorporándole imanes de neodimio convirtiéndolo en un generador asíncrono de imanes permanentes, que no requiere de mantenimiento al igual que el generador asíncrono con rotor jaula de ardilla y es de fácil utilización, basta que se haga girar su rotor a la velocidad de generación para suministrar energía eléctrica.

Para realizar la modificación del motor a generador, se utilizó un motor asíncrono trifásico de rotor jaula de ardilla, su rotor se torneo para rebajarlo desde un diámetro de 9 cm a 7.5 cm sobre el cual, irán instalados los imanes de neodimio dejando un pequeño espacio en el que ira recubierto de resina poliéster, como se puede ver en la figura 11, se muestra el eje de un motor asíncrono rebajado para dar espacio para los imanes permanentes de neodimio, y así funcionar como generador.

Figura 11 Motor modificado como generador



Como se puede ver en la figura 11, el rotor tiene adaptado 12 imanes permanentes de neodimio, formando 6 polos magnéticos. El concepto básico para que el motor funcione como generador es que se instale un número de polos igual al del estator del motor, Rodríguez & Yungaicela (2016).

3.6 PRUEBAS DE FRECUENCIA CON GENERADOR 4 POLOS

Las pruebas de frecuencia se realizaron en un motor de inducción modificado a generador asíncrono de imanes permanentes de 4 polos, con un giro de 3600 RPM aproximadamente, con resultados de frecuencia de 60 Hz y una diferencia de potencial de 120V. El generador modificado utilizado en el proyecto es de 6 bobinas y 6 polos magnéticos, al realizar las pruebas a 2460 RPM aproximadamente nos dio una diferencia de potencial de 120V a una frecuencia de 60 Hz. El nuevo generador asíncrono de imanes permanentes obedece a las mismas fórmulas del generador asíncrono o de inducción Rodríguez & Yungaicela (2016).

Finalmente, con los resultados ya calculados, se determinó la acometida que brindará el servicio eléctrico al sector. Cabe recalcar que la distribución de la energía eléctrica, por cuestiones de distancia presenta caídas de tensión perjudiciales para los equipos finales. En el presente proyecto, la distancia fue de 38 metros para una tensión nominal de 120V/60Hz, obteniendo los resultados que se pueden ver en la tabla 2, indicando las pruebas finales del sistema generador, así como de los componentes de unión hacia los dispositivos finales.

Tabla 2. Resultados del sistema de generación

Característica	Unidad
Rpm en el Generador	2460RPM
Voltaje Generado	120V
Frecuencia	60Hz
Carga	600W
Intensidad	5A
Caída de Tensión	3.6V
Acometida	#8AWG

Los resultados de las pruebas finales, demostraron que el voltaje se mantuvo estable y la turbina no se embala al desconectar una carga inductiva como lo es un motor; además, al apagar el motor la turbina vuelve a recuperar la velocidad a la que giraba, de manera progresiva. Finalmente, el sector la

esperanza contó con el servicio eléctrico como se puede ver en la figura 12, donde se aprecia la iluminación instalada en el sector la esperanza, haciendo uso del generador de la pico central hidroeléctrica

Figura 12 Pruebas del servicio eléctrico en el sector la esperanza



El proyecto considera todas las normas de seguridad, así como con su respectivo interruptor termomagnético para su protección y la del generador; de esta manera garantizar un adecuado y correcto funcionamiento.

4 CONCLUSIONES

El proyecto cumplió las expectativas iniciales, así como los objetivos planteados, finalmente se concluye que:

- Mediante la recopilación de información bibliográfica se logró tener una base clara, acorde a experiencias en proyectos similares del tema a desarrollar, considerando las características únicas del terreno y la carga energética a entregar.
- En base al análisis realizado, el caudal tomado es suficiente para cumplir los objetivos de este proyecto; cabe recalcar que el caudal puede incluso ser utilizado para proyectos de mayor potencia, ya que al poner en funcionamiento la pico central hidroeléctrica el caudal no era utilizado al 100%.
- Luego de haber realizado los análisis del caudal se realizó la construcción de la pico central hidroeléctrica quedando en funcionamiento cada uno de los elementos que la componen como son: El tanque de carga, la tubería de conducción, la llave de paso, la turbina, el generador, la acometida, y el regulador de voltaje; recalcando que el proyecto en si puede ser utilizado para una carga de mayor capacidad.
- Una vez puesto en marcha el sistema se realizó las pruebas de funcionamiento quedando en perfectas condiciones de operación, se procedió con la medición del voltaje a la salida del generador, obteniendo una diferencia de potencial estable de 121.4V. También se tomó la medida de la corriente a plena carga obteniendo 4.84A. En conclusión, el voltaje y corriente generado es

adecuado para el funcionamiento de aparatos tales como: luminarias, cargadores de celulares y motores.

- Para el óptimo funcionamiento de la pico central hidroeléctrica, hay que considerar recomendaciones para evitar daños tanto a la infraestructura como al sistema, como son:
- En la tubería de conducción no debe entrar aire, con el fin de evitar pérdidas de potencia, presentando pequeñas oscilaciones en el voltaje generado, ocasionando problemas para el sistema de generación eléctrica.
- Otro punto importante es evitar al máximo el uso de uniones en la tubería, en el caso de necesitarse, éstas deben ser instaladas lo más cercano posible a la toma de agua, dejando la mayor longitud hacia la casa de máquinas; de esta manera, la presión a soportar en las uniones será menor, garantizando su funcionalidad. Realizar los respectivos mantenimientos que requiere el sistema, como son: engrasado de chumaceras, limpieza de las ramas y hojas en las rejillas, quitar la arena que se acumula en el desarenador.
- Siempre se debe realizar los mantenimientos cerrando la llave principal a la salida del tanque y poniendo las respectivas seguridades, para cambiar un foco o instalar una nueva conexión bajar el breaker principal cuidando que este pueda ser reactivado.
- Finalmente se concluye, que, es recomendable, probar el sistema con un tipo diferente de Turbina, como puede ser la del tipo Turgo, con el fin de analizar la eficiencia de la Pico Central Hidroeléctrica comparando sus unidades con diferentes turbinas. También, se podía obtener mejores desempeños aprovechando el caudal disponible haciendo uso de un mejor generador; o combinando el sistema con otro tipo de energía alternativa, como puede ser solar, eólico o biocombustible.

REFERENCIAS

Alcalde, P. (2004). Electrotecnia (Vol. 4). Mgallanes, Madrid, España.

ATLAS. (s.f.). HIDROENERGÍA [version PDF]. Obtenido de ATLAS: https://www.google.com/search?q=atalas+hidroeNERgia&client=firefox-b-d&ei=uypxYJazPM-awbkP-Lax2Aw&oq=atalas+hidroeNERgia&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAM6BwgAEecQsANQi_EFWN6rBmCjrwZoBHABeACAackBiAG0CpIBBTauOS4xmAEAoAEBqgEHZ3dzLXdpesgBCMABAQ&sclient=gs-wiz&ved=0ahU

Caballero, J. (1 de Agosto de 2017). CELEC [fotografía]. Obtenido de CELEC: <https://www.celec.gob.ec/cocacodosinclair/index.php/2015-09-07-17-45-09/footers/coca-codo-sinclair2>

Cabrales, S. M. (2015). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE BOMBEO EN LA OPERACIÓN DE SISTEMAS INTERCONECTADOS [Tesis de Magister,Universidad de Chile]. Repositorio instituaional. UNIVERSIDAD DE CHILE.

CELEC. (s.f.). Aprovechamiento San Antonio. Obtenido de CELEC: <https://www.celec.gob.ec/hidroazogues/proyecto/informacion-general-antonio>

ecovive. (3 de noviembre de 2016). ecovive (fotografía). Obtenido de ecovive: <https://ecovive.com/centrales-segun-la-afluencia-del-caudal/central-de-pasada/>

Leib, Simón (2019). El potencial de tres energías renovables en la Amazonía.

El potencial de tres energías renovables en la Amazonía

<https://dialnet.unirioja.es> >

Mentano, P. (24 de Junio de 2020). energia de hoy [fotografía]. Obtenido de energia de hoy: <https://energiahoy.com/2020/06/24/mini-centrales-hidroelectricas-a-pie-de-presa-v-de-viii/>

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA. (18 de Abril de 2019). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA. Obtenido de MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA: <https://www.ambiente.gob.ec/con-resultados-positivos-culminan-maniobras-de-desalojo-de-sedimentos-en-la-central-hidroelectrica-manduriacu/>

Orosco Lopez, A. (1995). Guía para el diseño de turbinas[tesis para Ingenieria,Corporacion Universitaria Autonoma de Occidente].

Palomares, M. (2016). Visiones de la electrificación rural en la Amazonía ecuatoriana: disputando lógicas hegemónicas. Obtenido de:

<https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/download/2181/2041?inline=1>

Pelcastre, J. (15 de Febrero de 2019). China construye en Ecuador hidroeléctrica con grietas [Fotografía]. Dialogo. Obtenido de <https://dialogo-americas.com/es/articles/china-builds-hydroelectric-plant-with-cracks-in-ecuador/>

Puerta Gomez, J. C., & Arias Cadena, J. A. (2013). Libro Digital de la Maquina de Induccion Trifasico. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4101/621314P977.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quinaluisa, C., Peralta, K., Solano, A., Gallo, A., Villalva, A., & Feddy, Z. (abril-junio de 2019). Energía hídrica en el Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(2,6), 219-237. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333831362_Energia_hidrica_en_el_Ecuador

Risatti, F. (16 de Mayo de 2018). Turbinas para contener una gran crisis[Fotografía]. *EL PAIS*. Obtenido de https://elpais.com/economia/2018/05/16/actualidad/1526486814_344075.html

Rodas, Y., & Arango, M. (2017). Optimización de la estructura de costos para la generación de energía hidroeléctrica: Una aplicación del Modelo Black Litterman. *ESPACIOS*, 38(26), 18.

Rodriguez Santillan, M. J., & Yungaicela, L. (18 de 08 de 2016). Analisis y Aplicaciones de un Generador de Imanes para un sistema de energia electrica. Analisis y Aplicaciones de un Generador de Imanes para un sistema de energia electrica. Universidad Politecnica Saleciana[Previo a la obtencion de titulo de ingeniero electrico], Guayaquil.

TECNOSCAR2018. (29 de 11 de 2017). TECNOSCAR2018[Fotografía]. Obtenido de TECNOSCAR2018: https://tecnoscar2012.blogspot.com/2017/11/turbina-alternador_29.html

Villajulca, J. (24 de Junio de 2012). instrumentacionycontrol.net [Fotografía]. Obtenido de instrumentacionycontrol.net: <https://instrumentacionycontrol.net/frenado-de-motores-trifasicos-asincronos-con-rotor-bobinado-por-electrofreno-hipersincrono-y-contracorriente/>

Zamora en Directo. (04 de 03 de 2020). Iniciará desalojo de sedimentos de la central Delsitanisagua. Obtenido de Zamora en Directo: <https://www.zamoraendirecto.com/iniciara-desalojo-de-sedimentos-de-la-central-delsitanisagua/>