

***Memorias del 5to Congreso  
Internacional de Ciencias de las  
Ingenierías,***

***“Ingenierías, Investigación, Desarrollo  
Tecnológico e Innovación para el Progreso  
Industrial y Social”***

**Facultad de Ingenierías y Tecnologías  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas  
Polo de Capacitación, Investigación y Publicación  
POCAIP CIA. LTDA.**

Las contribuciones presentadas en este congreso, fueron sometidas a los procedimientos selectivos en la admisión y revisión por pares, para la publicación de las ponencias con su respectivo ISBN.



El 5to Congreso Internacional de Ciencias de las Ingenierías, organizado por la Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas (UTLVT) y el Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), con el patrocinio de la Casa Editora del Polo y la Revista Científica “Polo del Conocimiento”.

### **Comité organizador**

Ing. Franklin Reina Quiñonez  
**Decano de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías UTLVT**

Byron F. Chere Quiñónez  
**Docente de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías UTLVT**

Abg. Néstor D. Suárez Montes  
**Polo de Capacitación, Investigación y Publicación**

Dr. Victor Reinaldo Jama Zambrano  
**Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Chone, Ecuador**

### **Comité Científico**

Dr. Edgar Alexander Piñero  
Dr. Moisés Martínez Soto  
Dra. Marlery Sánchez Díaz  
Abg. Néstor D. Suárez Montes



Dr. Girard David Vernaza Arroyo, Ph.D  
**Rector de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas**

Lic. Damarys García Céspedes, PhD  
**Vicerrectora Académica de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas**

Ing. Franklin Reina Quiñonez  
**Decano de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías  
de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas**

Abg. Néstor Darío Suárez Montes  
**Director del Polo de Capacitación, Investigación y Publicación**



## **Autores de Ponencias**

Hugo A. Solórzano Plaza  
Carmen C. Torres Estacio  
Jeimy Hernández Martínez  
Roberto C. Dender Zurita  
Pascolin M. Guilcatoma Moreira  
Jaime J. Báez Zamora  
Byron F. Chere Quiñónez  
Alejandro J. Martínez Peralta  
Karen Y. Simisterra Quiñónez  
Freddy F. Portocarrero Rivas  
Salvador González Gómez  
Yeneidys Álvarez González  
Teresa I. Mina Quiñónez  
Marisol Morales Martínez  
Carlos A. Jaime García  
Simón R. Sánchez Orozco  
Luis E. Hidalgo Solórzano  
Jorge D. Mercado Bautista  
Violeta E. Reyes Bone  
Roddy A. Quiñónez Ramoz  
Nicomedes L. Ordoñez Zúñiga  
Neiva M. Quiñónez Becerra  
Jairo V. Obando Perea  
Carlos M. Montaña Torres  
Rita D. Caicedo Zambrano  
María C. Santos Falcónez  
Nixon E. Proaño Bone  
Edinson E. Castro Uriarte  
Karen N. Angulo Acunso

Galo E. Maldonado Ibarra  
Franklin A. Ochoa González  
Franklin H. Santos Cedeño  
Wiston B. Reyes Castillo  
Inés Vera Molina  
Amira Trujillo Eljuri  
Franklin M. Reina Quiñónez  
Paul R. Vizcaíno Valencia  
Mirtha L. AguilarMora  
Alvez R. Mera Mosquera  
José A. Henao Espinoza  
Luis F. Palacios García  
Alejandro O. Bedoya Fuentes  
Jury A. Ramírez Toro  
Marco V. Navarrete Villacis  
Beatriz García Fortty  
Franklin C. Reina Pérez  
Nakira P. Valencia Ortiz  
Juan A. Figueroa Suárez  
Richard F. Rodríguez Andrade  
Cristóbal C. Bone Obando  
Jasmin A. Saltos Gómez

***Casa Editora del Polo - CASEDELPO CIA. LTDA***  
***Departamento de Edición***

Cdla. El Palmar II Etapa - MZ E N° 6  
Tel: (593-5) 6053240 - 0991871420

[www.casedelpo.com](http://www.casedelpo.com)

**ISBN: 978-9942-980-84-7**

**Corrector de estilo y prueba:** Lic. Henry D. Suárez Vélez  
**Diseño y cubierta:** Edwin A. Delgado Veliz

**Primera edición**  
Enero - 2018 Manta, Manabí, Ecuador



© Reservados todos los derechos. Queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio o procedimiento.

## **Comité Editorial**

Abg. Néstor D. Suárez-Montes

**Casa Editora del Polo (CASEDELPO)**

Ph. D. Fernando Represa-Pérez

**Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador**

Ph. D. Marco A. Zaldumbide Verdezoto

**Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador**

Ing. Vanessa Quishpe-Morocho

**Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador**

MSc. Ricardo Giniebra Urrea

**Universidad de la Habana, Cuba**

Dra. Maritza Berenguer Gouarnaluses

**Universidad Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba**

Dr. Victor Reinaldo Jama-Zambrano

**Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Chone, Ecuador**

MSc. Yaneidys Arencibia-Coloma

**Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba**



**Contenido**

**PRÓLOGO.....17**

**PONENCIA I**

DISEÑO DE UN ROBOT AÉREO MÓVIL CON UN SISTEMA DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA EL MONITOREO DE GASES TÓXICOS EN EL EXTERIOR DE LA REFINERÍA ESTATAL DE ESMERALDAS

*Hugo A. Solórzano Plaza, Carmen C. Torres Estacio, Jeimy Hernández Martínez..... 19*

**PONENCIA II**

GESTIÓN DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

*Roberto C. Dender Zurita, Pascolin M. Guilcatoma Moreira .....37*

**PONENCIA III**

OPTIMIZACIÓN DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

*Jaime J. Báez Zamora, Byron F. Chere Quiñónez, Alejandro J. Martínez Peralta, Karen Y. Simisterra Quiñónez, Freddy F. Portocarrero Rivas.....59*

**PONENCIA IV**

HERRAMIENTA PARA LA MONITORIZACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE EXPERIENCIA EN SERVICIOS STREAMING EN REDES MÓVILES ENTRE EXTREMOS

*Salvador González Gómez, Yeneidys Álvarez González Teresa I. Mina Quiñónez, Marisol Morales Martínez, Carlos A. Jaime García.....77*

## **PONENCIA V**

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PARA LAS SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE  
SUBTRANSMISIÓN DE CNEL EP UNIDAD DE  
NEGOCIO ESMERALDAS

*Simón R. Sánchez Orozco, Luis E. Hidalgo Solórzano,  
Jorge D. Mercado Bautista, Violeta E. Reyes Bone  
Roddy A. Quiñónez Ramoz, Nicomedes L. Ordoñez  
Zúñiga, Neiva M. Quiñónez Becerra.....*103

## **PONENCIA VI**

UTILIZACIÓN EFECTIVA DEL ENFRIADOR  
DE CATALIZADOR

*Jairo V. Obando Perea, Carlos M. Montaña Torres, Rita  
D. Caicedo Zambrano, María C. Santos Falcónez, Nixon  
E. Proaño Bone, Edinson E. Castro Uriarte.....*139

## **PONENCIA VII**

SOFTWARES MATEMÁTICOS PARA EL APRENDI-  
ZAJE

*Karen N. Angulo Acunso, Galo E. Maldonado Ibarra,  
Franklin A. Ochoa González, Franklin H. Santos Cedeño  
Wiston B. Reyes Castillo, Inés Vera Molina, Amira Trujillo  
Eljuri .....* 161

## **PONENCIA VIII**

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS  
PLANTAS DE COGENERACIÓN

*Franklin M. Reina Quiñónez, Paul R. Vizcaíno Valencia  
Mirtha L. Aguilar Mora, Alvez R. Mera Mosquera.....*177

## **PONENCIA IX**

IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE  
COGENERACIÓN

*José A. Henao Espinoza, Luis F. Palacios García.  
Alejandro O. Bedoya Fuentes, Jury A. Ramírez  
Toro, Marco V. Navarrete Villacis, Beatriz García  
Forty.....*193

## **PONENCIA X**

EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO, EFICAZ PARA  
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

*Franklin C. Reina Pérez, Franklin M. Reina Quiñónez,  
Nakira P. Valencia Ortiz, Byron F. Chere Quiñónez.....*209

## **PONENCIA XI**

LA SEGURIDAD INFORMÁTICA Y LA SEGURIDAD  
DE LA INFORMACIÓN

*Juan A. Figueroa Suárez, Richard F. Rodríguez Andrade,  
Cristóbal C. Bone Obando, Jasmin A. Saltos Gómez ..*225

ANEXOS.....241



## PRÓLOGO

# **PONENCIA I**

**DISEÑO DE UN ROBOT AÉREO MÓVIL CON  
UN SISTEMA DE SENSORES INALÁMBRICOS  
PARA EL MONITOREO DE GASES TÓXICOS  
EN EL EXTERIOR DE LA REFINERÍA ESTATAL  
DE ESMERALDAS**

# **DISEÑO DE UN ROBOT AÉREO MÓVIL CON UN SISTEMA DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA EL MONITOREO DE GASES TÓXICOS EN EL EXTERIOR DE LA REFINERÍA ESTATAL DE ESMERALDAS**

**Hugo A. Solórzano Plaza**

ing.hugo.solorzano@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Carmen C. Torres Estacio**

carmittorres59@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Jeimy Hernández Martínez**

jeimysugey@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## **RESUMEN**

La refinería de petróleo de Esmeraldas usa la energía fósil aun estando ubicada en una zona urbana al sur de la ciudad. Esto ha traído consigo un conflicto ambiental energético traduciéndose en múltiples enfermedades a trabajadores, población, ecosistemas. En sus comienzos la refinería utilizó para el monitoreo una técnica manual, luego una semiautomática y en la actualidad es totalmente automática vía redes. No obstante, esto es solo en el interior de la planta, por lo que todavía se perciben los malos olores lejos de la planta. La Universidad San Francisco de Quito cada año realiza un congreso internacional sobre la calidad del aire y para el monitoreo de ciertos lugares de la

ciudad utilizan un globo aerostático pero que es demasiado caro. Estas razones motivan a presentar este trabajo que tiene como objetivos proponer el uso de las redes de sensores inalámbricas, basadas con la tecnología GPRS/GMS\_GPS, para medir, detectar, controlar, observar y monitorizar la calidad del aire, a través de un dron, cuya finalidad es obtener datos inmediatos y en tiempo real para luego tomar las respectivas medidas de seguridad en caso de encontrar algún grado de contaminación del aire al momento de su uso. Este vehículo estará equipado con 4 motores de corriente continua, un bloque para el control de motores, uno para el control de vuelo y otro de la estación base. Esta propuesta permite el control así con los límites estándar de normas nacionales e internacionales para minimizar de forma oportuna los problemas que se puedan presentar a la salud humana y al ecosistema con las emisiones gaseosas producidas por la refinería estatal de petróleos de la provincia de Esmeraldas.

**Palabras clave:** robot aéreo móvil; monitoreo; gases tóxicos.

## ABSTRACT

The oil refinery of Esmeraldas uses fossil energy even though it is located in an urban area south of the city. This has brought with it an environmental energy conflict translating into multiple diseases workers, population, ecosystems. In the beginning, the refinery used a manual technique for monitoring, then a semi-automatic one, and it is now fully automatic via networks. However, this is only inside the plant, so that bad odors are still visible far from the plant. Every year San Francisco University of

Quito holds an international congress on air quality and for the monitoring of certain places in the city they use a hot air balloon but it is too expensive. These reasons motivate to present this work that aims to propose the use of wireless sensor networks, based on GPRS / GMS\_GPS technology, to measure, detect, control, observe and monitor air quality, through a drone, whose purpose is to obtain immediate data in real time and then take the respective security measures in case of finding any degree of air pollution at the time of use. This vehicle will be equipped with 4 DC motors, one block for motor control, one for flight control and one for the base station. This proposal allows the control with the standard limits of national and international standards to minimize in a timely manner the problems that may arise to human health and the ecosystem with the gaseous emissions produced by the state oil refinery of the province of Esmeraldas.

**Keywords:** mobile aerial robot; monitoring; toxic gases.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica, por los procesos internos de las plantas industriales, ha alcanzado niveles peligrosos, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. El no tomar las medidas pertinentes para el uso de energía fósil en las operaciones que se realizan en la refinería de Esmeraldas trajo consigo un conflicto ambiental-energético. La flora, la fauna y los hombres han enfermado a consecuencia de mantener una planta más allá de su vida útil (25 años). (Comercio, 2016) (Diario La Hora, 2016)

La empresa de refinación ha sufrido un atraso tecnológico,

deficiencias en los procesos, inoportunos de sistemas. A esto se agrava las fallas estructurales y de gestión y la falta de políticas ambientales de legislación y control.

La refinería estatal de Esmeraldas cuenta con los sistemas de emisiones de gases tóxicos, como: monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, ozono y partículas de polvo que son utilizados para el mejoramiento de sus procesos industriales así como también para controlar y disminuir las emisiones de los contaminantes a la atmósfera, sin embargo estos datos no están a disposición de la población, por lo tanto para facilitar a la población que realice consultas sobre los niveles de contaminación de los gases que mayor efectos tienen sobre la salud humana se ofrece una herramienta que consiste en un sistema de monitoreo de gases contaminantes que podrán ser visualizados en la página web de la Universidad Luis Vargas Torres. (Cevallos, 2013)

Ante todo, lo expuesto, es necesario e importante realizar una innovación tecnológica que permita que se tomen las muestras al exterior de la planta industrial cuyo objetivo principal sea obtener resultados de manera inmediata, fiable y sobretodo cuidar la salud humana y el medio ambiente.

Las redes de sensores inalámbricas son sistemas de comunicaciones que en la actualidad se aplican en todos los entornos, capaces de mejorar la obtención de los resultados de manera inmediata. Esta nueva tendencia tecnológica en redes inalámbricas logra que muchas empresas la vean con la mejor opción a futuro.

El objetivo de este trabajo es hacer la propuesta del uso de las redes de sensores inalámbricas, basadas con la tecnología GPRS/GMS\_GPS, para medir, detectar, controlar, observar y monitorizar la calidad del aire, a través de un dron, cuya finalidad es obtener datos inmediatos y en tiempo real para luego tomar las respectivas medidas de seguridad en caso de encontrar algún grado de contaminación del aire al momento de su uso.

## MÉTODOS

A lo largo de la investigación se desarrolla un proceso de elaboración metodológica que finalmente culmina en un proyecto cuyo tema principal es la implementación de una técnica de monitoreo para las emisiones gaseosas:

1. Técnica de identificación y medición de los impactos producidos por las emisiones gaseosas emitidas en la atmósfera. Se realizan encuestas a los sectores aledaños y se aplica el método de las matrices causa – efecto.
2. Modelo físico – matemático para el cálculo de la dispersión de las emisiones gaseosas. Para ello es necesario recopilar información del punto de la emisión (altura) y de los factores meteorológicos.
3. Selección de los parámetros a monitorear y principios de selección de los sitios de muestreo.
4. Métodos del muestreo: el resultante de las muestras tomadas en el sitio que determinan el tipo de concentración de las emisiones gaseosas. La caracterización se lo realizará con la implementación de un dron a control remoto y que

en su interior contiene un sistema de comunicación 3G/GPRS +GPS. A esta tarjeta electrónica se les acoplará los sensores apropiados para la toma de muestras y equipos sofisticados para el procesamiento, medición, registro de datos y el envío de la información en tiempo real al centro de cómputo para la interpretación.

## **MATERIALES**

Para la realización del proyecto se optó por la utilización de los siguientes materiales:

### **El bloque de control**

ARDUINO MEGAE. -El sistema principal y cerebro del proyecto es el Arduino Mega 2560. Este es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega2560. Lleva 54 entradas/salidas digitales y 14 de estas pueden utilizarse para salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos).

Además, lleva 16 entradas analógicas, UARTs (puertas seriales), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP (Programador Serie) y un pulsador para el reset. Se ha decidido por este micro controlador por su gran versatilidad y el gran número de entradas/salidas de las que dispone. Gracias a ellas, además de poder controlar toda la instrumentación que controla es posible en un futuro ampliar sus prestaciones.

3G/GPRS SHIELD PARA ARDUINO (3G + GPS) +  
AUDIO/VIDEO KIT

Este shield para Arduino, bastante completa para nuestros propósitos, permite la conectividad con WCDMA de alta velocidad y redes de telefonía móvil HSPA con el fin de hacer posible la conectividad a internet del DRONE. El módulo también cuenta con un GPS interno lo que permite la ubicación del dispositivo en el exterior. El Shield además cuenta con una entrada de video y una entrada y salida de audio.

### **MICROSD 2GB CARD**

En la tarjeta MicroSd del drone contiene información relativa del software de funcionamiento del aparato y guarda todos los datos de la misión como puede ser fotos, videos, etc. Es una parte muy importante del drone ya que, si perdiera la conexión con el emisor, este no podría enviar los datos. Si esto sucediese todos los datos quedarían guardados en la tarjeta hasta que se restableciera la señal GPRS, y este por sí mismo enviaría la Información.

### **El bloque de vuelo**

ANTENA GPS EXTERNA. -La antena GPS externa está especialmente diseñada para una perfecta recepción de la señal del GPS.

ACELEROMETRO ADXL335-3EJES. -El ADXL335 es un acelerómetro de tres ejes con muy bajo ruido y un consumo de corriente de solo 320uA. Puede medir el rango de +/-3g y dispone de una alimentación de 1.8 a 3.6VDC.

GIROSCOPIO CON TRIPLE EJE DIGITAL ITG-3200.- Se trata de un giroscopio de tres ejes. Cuenta con tres conversores analógico/digital de 16 bits (ADC) para la

digitalización de las salidas del giroscopio, un ancho de banda del filtro de paso bajo interno seleccionable por el usuario. Las características adicionales incluyen un sensor de temperatura incorporado y un oscilador interno de precisión del 2%.

La comunicación con el ITG- 3200 se logra a través de un interfaz de dos hilos (I2C). El sensor también dispone de una salida de alarma, y una entrada de reloj opcional. Un puente en la parte superior del tablero le permite seleccionar fácilmente la dirección I2C, tirando de la clavija AD0 a cualquiera VCC o GND, la junta se envía con este puente atado a VCC.

MODULO COMPASS HMC-6352.-Se trata de una brújula digital. Tiene la capacidad de indicarnos hacia donde nos dirigimos o como estamos orientado en un momento dado.

MOTORES PARA LA PROPULSION 28-30S 800kv/300w BRUSHLER.- Está construido sin eje externo que le permite montar fácilmente este motor a su marco multi-rotor sin necesidad de ninguna modificación. Estos motores tienen un rendimiento sólido con devanados apretados, rodamientos de calidad, imanes debidamente homologados, estator equilibrada y anillos de flujo con un peso de 65 g, empuje de motor Empuje motor 1.27kg: 10x5E/18.5V/315W/17.3A Kv 800 rpm/v Corriente máxima 20 A Potencia máxima 300W.

BATERIA ZIPPY FLIGHTMAX 3000 MAH 3S1P 20C.- Bateria especialmente fabricada para proporcionarnos la potencia requerida a un peso muy reducido.

CONTROLADOR DE VELOCIDAD BRUSHLER ESC2-4s 30amp.-Es un controlador de velocidad con una gran relación calidad precio. Diseñado para una instalación sencilla y una fácil configuración. Cuenta con una respuesta al acelerador lineal pero muy suave, sin sacrificar una respuesta rápida y nítida, a cualquier entrada del acelerador.

HELICES PROPULSORES 10x4.5E.-Gracias al material de nylon utilizados en la construcción de estos propulsores ofrecen un mayor rendimiento y eficiencia que las hace perfectas para su proyecto multi-rotor. Estos apoyos 10x4.5 pulgadas son increíblemente rígidos en comparación con otras hélices plásticas disponibles y están moldeados con precisión desde la fábrica para garantizar un equilibrio óptimo.

### **El Bloque de la Estación Base**

PLACAS SOLARES 12V/18W.-Está fabricado con células solares de silicio mono-cristalino. En el ensamblaje de los paneles se utiliza una sólida carcasa de aluminio, vidrio de seguridad pretensado de bajo contenido de hierro, un nuevo material de relleno mejorado y un adhesivo técnico con protección contra rayos ultravioleta. Todo ello les proporciona una excelente protección contra la humedad, la corrosión y la climatología de cualquier estación del año.

Los módulos solares incorporan en su interior un diodo de bloqueo que evita la descarga de la batería durante los periodos de oscuridad o de baja iluminación. Se suministran con un juego de cables con pinzas de batería,

para uso inmediato.

El primer componente del sistema es el micro controlador, en este caso el ATmega2560. Este microprocesador es el cerebro de la placa de código abierto de Arduino, encargado de procesar todos los datos provenientes del usuario y sensores, y de hacer volar al dron.

Otro componente muy importante en este proyecto es la Shield 3G/GPRS que se encarga básicamente de 3 cosas:

- 1- Comunicarse con la placa Arduino ampliando las posibilidades de este. La shield 3G/GPRS convierte al arduino básicamente en un dispositivo con acceso a internet para que un usuario desde cualquier parte del mundo pueda acceder a él, dándole las ordenes de vuelo y recuperando la información del estado del posible incendio a través de la cámara de video que incorpora.
- 2- Posicionar globalmente al DROID por medio del GPS interno que dispone.
- 3- Hacer que el usuario pueda comunicarse con cualquier persona por medio de audio a través del dron.

Para controlar el vuelo del dron disponemos de la tarjeta Gyro ITG-3200 y el acelerómetro ADXL335. Estas se encargan de comunicar al Arduino la nivelación del DRONE en todo momento.

La tarjeta Compass HMC-6352 se encarga de decir como si fuese una brújula tradicional, hacia que punto geográfico está volando el dron.

Todos estos datos son procesados por el Arduino que a su vez manda al Control de Velocidad de cada motor la orden

para hacerlos girar a más o menos revoluciones según le interese en un momento dado siguiendo el plan de vuelo establecido por el usuario.

Para el diseño del dron, se ha mirado al máximo el peso de cada componente para que los motores puedan proporcionar el empuje necesario para elevar y dirigir al dron.

Cada motor tiene una fuerza de empuje de 1,27 kg, es decir, muy superior al peso en conjunto del dron. (Camacho, s/f)

La otra parte del proyecto es la estación base. Cuando el dron llega a esta, la estación base se encarga de mantener siempre cargadas las baterías, las cuales se cargan de forma automática mediante dos conectores (positivo y negativo) situado en 2 de sus patas de vuelo quienes actúan como si de unos bornas se tratara.

Estas bornas al aterrizar hacen contacto con dos chapas metálicas (positivo y negativo) situado en el suelo de la estación base, de tal manera que al entrar en contacto con las patas del dron, este comienza a cargarse.

Por último, y no menos importante es el software de manipulación por el usuario. Mediante este, el usuario podrá manejar el dron a distancia desde internet.

## DESARROLLO

La contaminación es un problema del cual nadie quiere responsabilizarse y por ahora no se per-



cibe hasta que ya es demasiado tarde. Debemos como ciudadanos hacer ejercer nuestros derechos al gobierno nacional, gobiernos autónomos descentralizados para que, mediante la aplicación de reglamentos, leyes, realizando monitorización de emisiones gaseosas a las empresas de refinación de petróleos cumplan con las normas nacionales e internacionales logrando así mitigar la contaminación atmosférica protegiendo al medio ambiente y a la salud humana.

Todos los problemas que se generan por la contaminación atmosférica repercuten en la población, deberá ser de prioridad para las plantas industriales ejecutar proyectos de innovación tecnológica como ésta (técnica de monitoreo para emisiones gaseosas en las plantas industriales de la provincia de Esmeraldas) mediante un sistema de comunicaciones 3G/GPRS+GPS a través de la implementación de un dron a control remoto.

Existe desconocimiento por parte de los trabajadores de la empresa de refinación de petróleos, de posibles soluciones tecnológicas que complementen las labores realizadas dentro de la empresa.

La del cantón Esmeraldas no cuenta con los recursos necesarios para la implementación del diseño de la red, ni el personal técnico especializado, lo

que conlleva a realizar futuras capacitaciones para el debido manejo y control de la red de sensores inalámbricas.

Como solución a los problemas de control de calidad del aire se sugiere la realización de un estudio de implementación de una red de sensores inalámbricas con tecnología GPRS/GSM\_GPS con la intención de observar y monitorizar la calidad del aire

La obtención de los resultados sobre los parámetros de la calidad del aire está actualmente en malas condiciones, debido a que se conservan métodos manuales y semiautomáticos solo al interior de la planta. En caso que el estudio sea viable se deberá extender la vida útil de las redes de sensores inalámbricas se deberá optimizar el consumo de energía en todas las actividades que realizan los nodos sensores. Estos servicios que se ofrece a la empresa aumentarán la productividad de la misma y permitirá el ahorro de dinero en compras de accesorios y servicios dedicados.

Este tipo de servicio depende de las necesidades que pueda tener la empresa. La disponibilidad de aplicaciones que ofrece una red de sensores inalámbricos dependerá de la comunicación inalámbrica con la que se cuente. En el caso que la

empresa de refinación de petróleos se propone la realización de un diseño que cumpla con algunas exigencias como;

- a) Un servidor principal o estación base cuya función es la de almacenar, procesará cada uno de los datos obtenidos por los nodos sensores, los cuales serán capaces de detectar las señales que ocurren en el entorno que se las aplica.
- b) Gateway. - este dispositivo es el encargado de la conexión de cada elemento que está involucrado en la red de sensores inalámbricas y una red TCP/IP.
- c) Estación base es la que recolecta la información en un computador o en un sistema integrado, cuya información es obtenida por el nodo sensor, permitiendo la comunicación con el usuario final.
- d) Red inalámbrica es el componente principal dentro de una red de sensores inalámbricos.

Este sería un diseño a futuro para la empresa de refinación de petróleos, en caso de que la empresa requiera incorporar más dispositivos dentro de la red, además de que la red está basada en el estándar de comunicación GPRS que aparte de realizar tareas de control y de seguridad

Al implementarse este proyecto, su costo total es

de S/ 10.000, oo que será financiado por la Universidad Técnica Luís Vargas Torres posteriormente.

## CONCLUSIONES

La propuesta del uso de las redes de sensores inalámbricas, basadas con la tecnología GPRS/GMS\_GPS, mejorará la técnica de muestreo cien por ciento confiable y en tiempo real. El estado garantizará a todos los ciudadanos el plan del buen vivir, un entorno libre de cualquier clase de contaminantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho, F. (s/f). <http://proyectos.uca.es/c3ir/pdf/drone>. Recuperado el 26 de noviembre de 2016.
- Cevallos, O. (10 de septiembre de 2013). <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/37/1/Oscar%20Cevallos.pdf>. Recuperado el 23 de diciembre de 2016.

# **PONENCIA II**

**GESTIÓN DE REDES DE SENSORES  
INALÁMBRICOS (WSN) PARA LA INDUSTRIA  
PETROLERA**

# **GESTIÓN DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA LA INDUSTRIA PETROLERA**

**Roberto C. Dender Zurita**

rd\_yanio@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Pascolin M. Guilcatoma Moreira**

pacoloco08@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## **RESUMEN**

Las redes de sensores inalámbricos (WSN) hoy en día son de gran ayuda, ya que, permiten llegar a lugares difíciles, bien sean estos de gran altura, o lugares confinados, lo que facilita su acceso a la obtención de datos de una manera fácil, confiable y en línea, sin necesidad de infraestructuras físicas. En este trabajo se expone la implementación de una red de sensores inalámbricos que permite la expansión del sistema de una manera rápida debido a que existen múltiples aplicaciones para la obtención y procesamiento de datos. Después, se muestra la creación de un sistema de gestión de la red inalámbrica de sensores a escala para el modelado de una red de sensores inalámbricos en la industria petrolera. Los resultados obtenidos permitieron obtener mediciones de los eventos ocurridos en cada uno de los sensores que fueron evaluados en la WSN.

**Palabras clave:** zigbee; sensores; redes; datos; inalámbrico; WSN.

## ABSTRACT

The networks of wireless sensors (WSN) nowadays are of great help, since, they allow to arrive to difficult places, well are these of great height, or confined places, what facilitates his access to the obtaining of data of an easy way , reliable and online, without the need for physical infrastructure. In this paper the implementation of a network of wireless sensors is exposed, which allows the expansion of the system in a fast way because there are multiple applications for obtaining and processing data. Afterwards, the creation of a wireless sensor network management system is shown for the modeling of a network of wireless sensors in the oil industry. The results obtained allowed us to obtain measurements of the events that occurred in each of the sensors that were evaluated in the WSN.

**Keywords:** zigbee; sensors; networks; data; wireless; WSN.

## INTRODUCCIÓN

La industria de petróleo y gas incluye procesos de exploración, extracción, refinación, transporte y comercialización de productos petrolíferos. Los mayores volúmenes de productos de la industria son: el combustible, petróleo y la gasolina (nafta). El petróleo es también la materia prima para muchos productos químicos, incluyendo productos farmacéuticos, solventes, fertilizantes, plaguicidas y plásticos. A medida que la demanda de combustibles fósiles continúa creciendo, las compañías de petróleo y gas tendrán que desarrollar

nuevas tecnologías y mejorar las operaciones, con el fin de aumentar la productividad y ampliar sus capacidades actuales.

Además, las regulaciones medioambientales están cambiando constantemente y cada vez son más estrictas día a día. En 2008, la Comisión de Conservación de Petróleo Oil Conservation Commision, (OCC), aprobó un conjunto de normas sobre la gestión de los residuos superficiales procedentes de las operaciones de petróleo y gas, el cual, obliga a las empresas a transportar el suelo y el agua altamente contaminados a sitios de eliminación permanente. La OCC también aprobó sanciones más estrictas para hacer cumplir a la industria con las normas ambientales.

Las compañías de petróleo y gas deben desarrollar nuevos métodos para cumplir con las nuevas regulaciones reduciendo los accidentes, así como las emisiones, con el fin de no afectar la producción. Debido a la evolución de las tecnologías digitales y las comunicaciones inalámbricas, las redes de sensores inalámbricos pueden organizarse rápidamente y adaptarse continuamente para monitorear y controlar las condiciones ambientales y maquinaria en respuesta a los requerimientos del negocio.

Las tecnologías inalámbricas han evolucionado velozmente, lo que ha permitido obtener datos y facilitar las comunicaciones. En el año 2003 según el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), identificó 10 tecnologías salientes, entre las cuales surge Wireless Sensor Networks (WSN). A partir de este suceso el avance de esta tecnología se ha incrementado y se están

implementando millones de redes de este tipo a lo largo del mundo. Inicialmente su principal aplicación fue en el campo militar, ahora se han desarrollado a muchas aplicaciones entre ellas las áreas industriales y de interés social, así como en el registro de procesos de producción, control de tráfico, monitoreo de la salud y automatización de hogares.

Los recientes avances en la tecnología de detección inalámbrica fomentan la optimización y mejora de los procesos de desarrollo de productos y prestación de servicios. Las Redes de Sensores Inalámbricos Industriales (IWSN) son una clase emergente de WSN que enfrenta restricciones específicas relacionadas con las particularidades de la producción industrial.

Durante la búsqueda de información de trabajos relacionados con aplicaciones de redes de sensores inalámbricos en el sector industrial, y en beneficio de la sociedad las WSN permiten conectar múltiples sensores para alguna aplicación específica. Por ejemplo, Ecuador no es la excepción y comienza a incursionar en este campo, gracias al proyecto realizado por investigadores de los siguientes centros de educación superior: Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Universidad de Harvard y la Universidad de Carolina del Norte que recientemente implementaron una WSN, la que permite monitorear las erupciones en el Volcán Tungurahua. (Azüero, 2016)

Otra referencia acerca de las redes de sensores inalámbricos es que se brinda la posibilidad de utilizar una nueva tecnología en el área agrícola, para optimizar el uso de un recurso no renovable, como el agua, mediante una interfaz

amigable con el usuario, de fácil manejo, logrando así fusionar dos áreas que aparentemente no tienen relación. (Maya, 2014)

Los autores Rao, Santhi, Professor, & Lavanya (2012), en su investigación se centran en el monitoreo y protección de operaciones de petróleo y gas utilizando redes de sensores inalámbricos que están optimizadas para disminuir la instalación, y el costo de mantenimiento, requerimientos de energía, aumentar la confiabilidad y mejorar la eficiencia de la comunicación. Además, de que presentan experimentos de simulación utilizando el modelo propuesto, que permiten proporcionar nuevas herramientas para la investigación en mantenimiento predictivo y monitoreo basado en condiciones de maquinaria de fábrica en general y para sistemas de mecanizado de arquitectura abierta en particular. La mayor parte de entornos petroleros en el país no tienen un sistema de comunicación inalámbrico para la obtención de los datos y por esto siempre se dependerá del factor humano o de sistemas antiguos para el traslado de la información hacia las centrales, es notorio que las oportunidades que hoy en día brindan las TICs, para la monitorización y control temprana de procesos industriales mediante el uso de WSN, resultaría beneficioso para la sociedad y el país.

La detección inalámbrica mediante sensores ya no necesita ser relegada a lugares donde el acceso es difícil o donde el cableado no es práctico. Los sistemas de monitoreo de condiciones inalámbricas pueden implementarse de manera rentable en aplicaciones extensas que históricamente se manejaban al ejecutar rutas con recolectores de datos. Mientras que para Obodoeze, Inyiyama, & Idigo (2012)

en su investigación, introducen arquitecturas prácticas de implementación y de mecanismos que pueden asegurar que las instalaciones de petróleo y los sensores inalámbricos sean atacados físicamente para que puedan supervisar con éxito y reportar con éxito las incidencias de vandalización de tuberías y equipos de manera fácil y puntual, manteniendo al mismo tiempo la seguridad de los datos de la red de sensores inalámbricos.

Las aplicaciones de WSN en el dominio de detección de eventos se pueden clasificar en cinco categorías principales:

- a) Monitorización de la calidad del agua mediante STORM 3 Data Loggers [investigación publicada por los autores Sun, Ahmed, Sun, Qian, & Xiao, (2016)]
- b) Medición de la temperatura de fibra óptica distribuida en áreas de minas de carbón [investigación publicada por los autores Zhao, Li, Zhang, & Zheng, (2010)]
- c) Localización y detección de emisiones acústicas del oleoducto [investigación publicada por los autores Wang, Jiao, Yang, & Niu, (2016)]
- d) Monitorización de pulso y temperatura de pacientes basados en ZigBee [investigación publicada por Agajo, (2016)]
- e) Monitorización del tránsito vehicular y de contaminación CO<sub>2</sub> [trabajo realizado por los autores Granda Bravo & Belduma Belduma, (2017)]
- f) Monitoreo en aplicaciones domóticas [trabajo realizado

por los autores Cedeño Villarroel & Eras Pérez, (2010)]

g) Control de los signos vitales en pacientes adultos mayores [trabajo realizado por Ruiz Sánchez, (2016)]

h) Monitoreo continuo de la humedad del suelo [investigación desarrollada por los autores Flores-Medina, Flores-García, Velasco-Martínez, González-Cervantes, & Jurado-Zamarripa, (2015)]

En estos términos, IWSN se enfrenta a varios desafíos como la fiabilidad y robustez en entornos agresivos, así como la capacidad de ejecutar correctamente y alcanzar la meta en paralelo con todos los otros procesos industriales. Además, las soluciones de IWSN son versátiles, fáciles de usar e instalar, de larga vida útil y dispositivos de bajo costo - de hecho, la combinación de requisitos difíciles de cumplir.

Este trabajo presenta como objetivo: Diseñar un sistema de gestión de una red de sensores inalámbricos para la industria petrolera.

## METODOLOGÍA

Esta investigación tiene un corte cuantitativo, y a veces mixto (cuali-cuantitativo). La metodología de investigación utilizada en el presente trabajo es de tipo descriptivo y explicativo con enfoque empírico-analítico. Se puede considerar que la simulación y programación es otro método de investigación, pero propio. Esto permite el desarrollo del sistema de gestión de redes de sensores inalámbricos (WSN) para la industria petrolera.

## DESARROLLO

En el análisis de campo mediante medición se obtuvieron las distancias requeridas para cubrir la conectividad de los sensores. Para la conectividad de los mismos se utilizaron los módulos inalámbricos ESP8266, por su facilidad de adquisición en el mercado nacional y por el costo fueron ideales para realizar la implementación a pequeña escala. El módulo ESP8266 wifi es capaz de alojar una aplicación y distribuir cualquier resultado dentro de una red wifi ya que utiliza el protocolo TCP/IP, este se encuentra integrada al dispositivo en mención.

Cada módulo ESP8266 viene preprogramado con un firmware de conjunto de comandos AT, lo que significa que puede conectarse a una placa embebida y poder transmitir información a un servidor externo.

Además, cuenta con una gran variedad de pines o puertos digitales y analógicos que pueden ser utilizados en lo que se requiera. En este módulo se cargará un código fuente que responderá a la variación de voltaje por medio de un potenciómetro para simular la temperatura o presión como resultado de un sensor, por ejemplo, que se encuentre ubicado en un tanque de almacenamiento.

En la red inalámbrica del presente trabajo se necesita un punto de acceso (Access Point, AP), el mismo que nos va permitir conectar varios puntos de red. Para esto se utiliza el router inalámbrico modelo DIR-600 de la marca D-link ya que por su bajo costo fue escogido para la implementación.

El router utiliza la tecnología Wireless 150 que ofrece velocidades superiores a los estándares 802.112b/g, además incluye un firewall de inspección de estado de paquete (SPI) que analiza el tráfico de red. De igual modo, soporta cifrado WEP, WPA y WPA2 para mantener la red segura ante intrusos.

Para la implementación a pequeña escala del proyecto se utilizó una pequeña computadora con arquitectura i686 en el que se instaló el sistema operativo Debian 8.

Entre las características del CPU están: Procesador AMD turbo 3600+x 1.7GHz, Memoria RAM de 2 GBytes, Disco duro de 160 GBytes, Tarjeta de red VIA Technologies, Inc. VT6102 [Rhine-II], Unidad de CD incluida LG

En la figura 1 se muestra la topología utilizada para la conectividad de los sensores y el servidor en nuestro router. Esta topología se aplica después de realizar un análisis de propagación en el sitio que se desea implementar, ya que pueden existir interferencias las cuales perjudicarían a la transmisión de resultados. Se puede ver las asignaciones de direcciones IP: (a) para el servidor Debian 192.168.100.16, y (b) de los cuatro nodos sensores ESP8266, que son 192.168.100.20 /21 /22 /23.



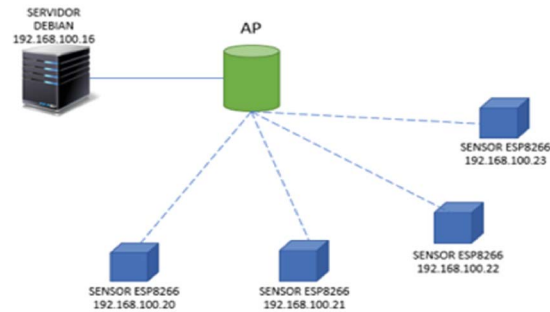


Figura 1: Topología utilizada en la implementación de WSN. Elaboración propia

Se utilizan los módulos ESP8266 para simular el funcionamiento de sensores de temperatura, presión, flujo y nivel, ya que son los datos más requeridos en la industria petrolera. Para ello es necesario cargar un software en código de programación que nos ayude junto con un potenciómetro a realizar una variación de una señal analógica y convertirla en digital con un máximo de 12 bits.

En la figura 2 se presenta el diseño esquemático de la tarjeta Arduino nano (para ISIS Proteus está librería la llaman Simulino Nano) para simular por código la conversión de una señal analógica a digital. Se utiliza esta tarjeta Arduino nano para facilitar la simulación, debido a que los módulos inalámbricos ESP8266 no se encuentran en la librería del software ISIS Proteus 8.

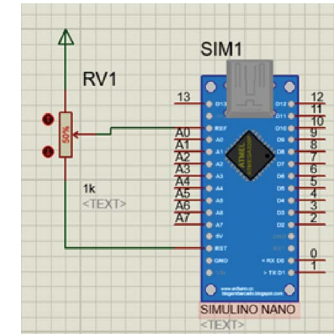


Figura 2: Esquema para la simulación de sensor de temperatura. Elaboración propia

Adicionalmente, vale hacer énfasis que el mismo código de programación que se utiliza para estas tarjetas embebidas serán cargadas en cada uno de los módulos ESP8266 activando unas librerías del IDE de Arduino.

A continuación, se presentan por segmentos el código de programación en C++ aplicado en el módulo ESP8266 desde el IDE de Arduino. En la primera parte se llama a las librerías ESP8266Wifi y pubsubclient que son responsables para especificar la tarjeta con la que se trabaja en la implementación y de realizar el intercambio de datos y negociación entre el módulo y el router wifi para permitir la conectividad a la red.

Una vez llamadas las librerías mencionadas anteriormente, se procederá a crear las variables char con el contenido de los datos para la red wifi del presente trabajo, que para nuestro caso el SSID. SSID es el nombre de la red wifi, <<password>> es la clave para acceder y por último el <<mqtt\_server>> que es la dirección IP asignada a nuestro servidor.

El <<mqtt>> es un protocolo de comunicación utilizado en el internet de las cosas (IoT) que nos ayuda a comunicar diferentes dispositivos en una sola red y enviar datos leídos por sensores digitales o analógicos a un servidor para almacenarlos en una base de datos. Este protocolo se utiliza para la simulación e implementación del sistema de gestión, además puede ser sustituido por cualquier otro que se requiera.

Posteriormente se especifican las variables <<float val>>, este será el contenedor del valor analógico que se ingresa por el pin 0. Las siguientes líneas que indican <<Wificlient>> y <<PubSubClient>> son modos en los que trabajan las librerías, en este caso especificamos que el módulo será configurado como cliente. El código que permite crear una función que realiza la negociación y anclaje a la red wifi con el router o AP. Con esto se logra la seguridad de la placa que ha sido anclada a una red wifi, el cual fue especificado en el código de programación.

Si se conecta el módulo a un puerto del PC este procede a enviar los datos del status por el puerto serial, con lo cual se puede visualizar los mensajes en el código de la función <<setup\_wifi>>. Una vez conectado a la red wifi, es necesario buscar el servidor <<mqtt>> para poder comenzar a enviar los datos de los resultados a este, en el caso de que no sea posible conectar este, debe quedar en un ciclo intentándolo reiteradas veces.

Es necesario inicializar el puerto serial para monitorear el estado del módulo en el terminal del puerto serial, así también inicia la función <<setup\_wifi>> para que inicialmente en el código se establezca una conexión

entre el módulo y la red. Además, con la línea <<client-setServer>> especificamos la IP del servidor <<mqtt>> y del puerto que en este caso será 1883.

En la figura 3 se muestra el código principal que se encarga de tomar los datos del puerto ADC (convertidor A/D) pin 0 y transformarlos en digital, enviando al servidor como una variable string

```
void loop()
{
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();

  val = analogRead(analogPin);
  val = map(val, 0, 1023, -50, 200);
  Serial.println(val);
  temp = val;
  delay(500);
  if((temp > -50) && (temp <200))
  {
    client.publish("ha/_temperature1", String(temp).c_str());
  }
}
```

Figura 3. Función principal del código. Elaboración propia

En la primera parte de la función principal condicionamos el inicio, si el módulo se encuentra correctamente anclado a la red y al servidor, caso contrario deberá intentarlo nuevamente. Después, se asigna la lectura del puerto analógico a la variable <<val>> y con la función <<map>> se va a transformar el resultado a los valores entre -50 a 200 que corresponden a la temperatura. Posteriormente, se asigna el valor <<val>> a <<temp>> para enviarlo al servidor mediante la conectividad de cliente del módulo con la correcta sintaxis.

Para que el sistema de gestión sea funcional es necesario implementar un servidor que nos permita obtener y administrar los datos recibidos por cualquier sensor o periférico. Para esto fue necesario instalar en el servidor el

sistema operativo Debian 8, ya que se tiene gran cantidad de información sobre su instalación y repositorios disponibles. No fue necesario instalar una interfaz gráfica, ya que una vez instalado el sistema operativo se puede administrar por <<ssh>> conectado remotamente con el programa llamado <<Putty>> el cual nos permite acceder desde cualquier punto de la red al terminal de este y poder realizar las instalaciones y configuraciones necesarias.

Una vez especificada la IP del servidor con el respectivo puerto podemos tener acceso al servidor e iniciar con las credenciales de usuario y contraseña.

Cuando se inicializa el servidor se procede con la instalación y configuración del sistema de gestión web. Es recomendable, que antes de iniciar cualquier tarea se tenga que actualizar el sistema, debido a que pueden existir repositorios discontinuados. La actualización se la puede conseguir escribiendo el siguiente comando <<apt-get update>>. Además, es necesario tener actualizado e instalado una lista de programas en el servidor como Python 2.7, Python-pip, Python-setuptools, MariaDB y librerías SSL.

Cuando se tiene listo el sistema operativo y los programas necesarios, se debe crear dos carpetas donde se va instalar el núcleo del sistema de gestión. Asignamos un usuario para administrar las carpetas, para que esto suceda se debe escribir las líneas de código que se muestran en la figura 4. Las líneas permiten crear una carpeta en el directorio <</opt>> con el nombre <<dmg>>, donde se descargan e instalan los dos paquetes necesarios para el desarrollo del sistema de gestión. En la figura 4 se presenta el procedimiento para descargar ambos paquetes de internet.

Se descargan los paquetes <<domogik>> y <<domogik-mq>> que se guardan en la carpeta creada para descomprimir e instalar. En general, estos paquetes serán el núcleo de todo el sistema, es decir, que se administra y configura en un entorno web los datos recibidos de los sensores instalados.



```
root@Server:/opt/dmg/domogik-mq# cd /opt/dmg/
root@Server:/opt/dmg# wget --content-disposition https://github.com/domogik/domogik/archive/0.5.2.tar.gz
--2017-06-22 20:59:04-- https://github.com/domogik/domogik/archive/0.5.2.tar.gz
Resolviendo github.com (github.com)... 192.30.253.112, 192.30.253.112
Conectando con github.com (github.com)[192.30.253.112]:443... conectado.
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 302 Found
Localización: https://codeload.github.com/domogik/domogik/tar.gz/0.5.2 [siguiendo]
--2017-06-22 20:59:04-- https://codeload.github.com/domogik/domogik/tar.gz/0.5.2
Resolviendo codeload.github.com (codeload.github.com)... 192.30.253.120, 192.30.253.121
Conectando con codeload.github.com (codeload.github.com)[192.30.253.120]:443... conectado.
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK
Longitud: no especificado [application/x-gzip]
Grabando a: "domogik-0.5.2.tar.gz"
domogik-0.5.2.tar.gz [ <<> ] 26,57M 2,22MB/s en 12s
2017-06-22 20:59:17 (2,13 MB/s) - "domogik-0.5.2.tar.gz" guardado [27862532]
root@Server:/opt/dmg#
```

Figura 4: Descarga de paquete Domogik desde github

Una vez obtenido ambos paquetes se procederá a su descompresión, instalación y configuración de las bases de datos, las mismas son posicionadas en las carpetas correspondientes para ejecutar el archivo install.py.

Posterior a la instalación se desplegará un mensaje de confirmación, indicando que todo se ha procedido correctamente. Finalmente, el paquete domogik debe ser configurada la base de datos donde se van almacenar los resultados de las muestras obtenidas por los sensores.

Finalizado el proceso de instalación de los paquetes, es recomendable su actualización para evitar problemas futuros con la configuración de los plugins requeridos.

Entre los paquetes requeridos para la ejecución del núcleo del sistema de gestión es necesario además instalar un servidor mqtt, más conocido como <<mosquitto>>.

En línea se puede encontrar información referente a la instalación. Después de la instalación del paquete, se procede a ejecutarlo.

Este servidor se encarga de recibir las muestras obtenidas por el convertidor ADC del módulo wifi ESP8266 para luego almacenarlos en la base de datos ya creada. Debido a que se trabaja con un sistema base para implementar el portal web de gestión, se debe instalar los plugins. Entre ellos está el client plugin-mqtt-server hasta domogik server. Este paquete es externo y abierto, podemos conseguir los detalles desde el github.

Ahora, el sistema de gestión se encuentra con una base de datos lista para ser configurada, pero como se va trabajar con un portal web se requiere la instalación de un paquete llamado <<domoweb>>. Este permitirá la administración y configuración del panel en el cual se reflejan de manera gráfica cada uno de los sensores, los cuales fueron previamente configurado. La figura 5 muestra las líneas de código en resumen que va permitir la obtención del paquete en línea y su instalación.

```
$ cd /opt/dmg
$ wget --content-disposition https://github.com/domogik/domoweb/archive/0.5.2.tar.gz
$ tar xvzf domoweb-0.5.2.tar.gz
$ ln -s domoweb-0.5.2 domoweb
$ cd domoweb
$ sudo ./install.py
```

Figura 5: Instalación de paquetes requeridos para interfaz web. Elaboración propia

También, es necesario ejecutar los servicios y proceder a comprobar que todos ellos estén funcionando correctamente. Para lo cual es importante que desde un PC a cualquier punto de la red se pueda acceder al portal

<<backend>> y a <<frontend>> iniciando el navegador y direccionando a la IP del servidor. En la figura 6 se presenta el procedimiento de acceso al backend, lo cual es necesario para identificarse al sistema de administración con las credenciales creadas en la instalación servidor mosquito de domogik.

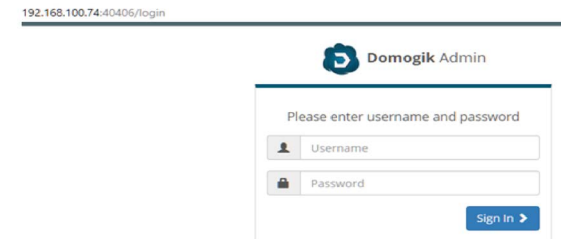


Figura 6: Inicio de sesión para administrar desde el backend.

Posterior al ingreso del backend (parte administrativa del portal web), se procede a comprobar que los plugins son mostrados a nodos sensores. Esta parte es necesaria habilitarla, si es posible el reseteo del, y agregar los objetos que en este caso serán los sensores.

Es posible observar, en los parámetros globales del objeto se deben configurar, por ejemplo, el parámetro de QoS (en 1) y asignar una variable <<ha/\_temperature1>> como string. Del código de programación anterior del módulo wifi ESP8266, observamos que se asigna el mismo nombre al servidor mqtt, en este contenedor se almacenan los resultados de las muestras del sensor. Si se requiere crear nuevos objetos, es necesario ir al apartado del cliente mqtt e indicar el tipo de datos a recibir. En consecuencia, se presenta la pantalla de creación de un nuevo dispositivo.

Existen una limitada cantidad de tipos de datos que se

pueden recibir en el servidor, y estos administrarlos adecuadamente con la base de datos. Además, es posible realizar un <<timeline>>, que sirve para mostrar los resultados recibidos, guardarlos y visualizarlos en la interfaz gráfica.

A simple vista la interfaz de administración no es nada amigable hacia el usuario u operador de la central de monitoreo de la WSN. Es por esto que se configura el <<frontend>> del sistema de gestión, para lo cual escogemos el navegador IP del servidor y el puerto 40404.

Vale reconocer los puntos más importantes del portal de gestión de WSN. En la esquina inferior izquierda se muestra el botón de paneles o secciones, es en ella que se agregan las pantallas necesarias para la gestión del centro de monitoreo

Los resultados de la configuración y despliegue de la interfaz gráfica web están a la vista en la figura 7, aunque se puede implementar cualquier tipo de señalización para representar sensores. Además, se puede incluir cuadros estadísticos de los datos obtenidos en un determinado rango de tiempo que pueden variar entre semanas, días y horas, tal como se muestra en la figura 8.

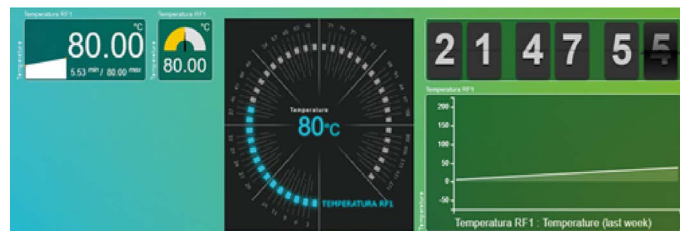


Figura 7: Interfaz gráfica de resultados de sensor de temperatura simulada

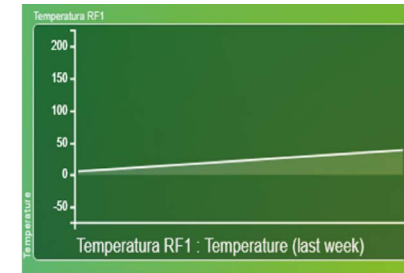


Figura 8: Dato estadístico de las muestras tomadas en días.

Además, es muy importante especificar qué tipo de sensor se utilizará en el campo ya que la interfaz necesita dicha información para especificar la unidad con la que estará trabajando, así como en la figura 9 se muestra los datos obtenidos para el sensor de presión.

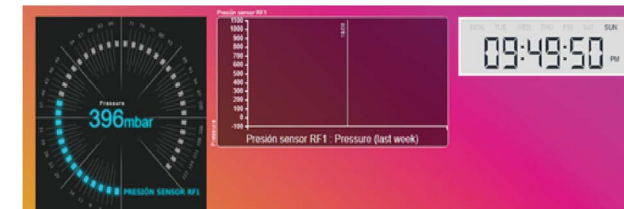


Figura 9: Interfaz gráfica de resultados de sensor de presión.

Al igual que en el panel de temperatura, este sistema gráfico web es capaz de acumular información por tiempo ilimitado y mostrarla en una tabla estadística.

## CONCLUSIONES

Este sistema de gestión implementado a pequeña escala para su demostración del funcionamiento puede reducir costos y ser a la vez muy eficiente ya que el tiempo de

respuesta de la transmisión de los datos al servidor es inmediata, si existe un problema de conectividad de estos a la red automáticamente nos indica una alarma de fallo de conexión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azuero, M. E. (2016). Repositorio univesidad nacional de loja. Obtenido de “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE RED: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10904/1/Ochoa%20Azuero,%20Mar%C3%ADa%20Elena.pdf>

Maya, E. (2014). Red WSN. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3526/2/04%20RED%20031%20ARTICULO%20TECNICO%20ESPA%C3%91OL%20-%20INGLES.pdf>

Palacios Meléndez, E., & Cordova Rivadeniera, L. (2015). Sistema de adquisición de señales digitales. Redalyc, 11-17.

Petersen, S. C. (diciembre de 2011). WirelessHART versus ISA100.11a: the format war hits the factory floor. IEEE Ind. Electronics Mag, 5(4), 23-34.

Sabando C., J. (2011). Fundamentos de Comunicaciones Inalámbricas. México: Pearson Educación.

# PONENCIA III

## OPTIMIZACIÓN DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

# OPTIMIZACIÓN DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

**Jaime J. Báez Zamora**

jesusjaimebaez@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Byron F. Chere Quiñónez**

cherokyfernando@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Alejandro J. Martínez Peralta**

pipoperalta1990@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Karen Y. Simisterra Quiñónez**

krenyane@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Freddy F. Portocarrero Rivas**

f\_porto\_27@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

El presente estudio trata de la optimización de potencia en un parque de transformadores de un sistema de distribución, en el cual se implementó y aplicó un método gráfico para la estimación y optimización de la potencia en transformadores. Este método se complementó con el utilizado convencionalmente en las empresas de distribución de energía, brindando así mayor claridad al momento de analizar el comportamiento de los elementos que conforman la fusión de la demanda eléctrica, cuyos

elementos principales son los usuarios, el tiempo y energía, la cual varía con respecto a estas dos variables antes mencionadas. Por otro lado, también se trata del desarrollo de una aplicación en un software convencional como lo es Excel y su herramienta VBA visual Basic ya que este software brinda una variedad de aplicaciones de fácil uso y desarrollo, junto con el software Matlab. Esta aplicación combina dos métodos los cuales se complementan entre sí, facilitando los cálculos de la demanda y explicando didácticamente cómo se comportan las demandas máximas, coincidentes y no coincidentes. A esto se le agregó una función optimización basada en el estudio de los alimentadores de la ciudad con mayor carga residencial, los cuales representan el comportamiento de los usuarios residenciales de la zona que tienen una curva de demanda diaria característica, cuyos factores de variación horaria sirvieron para optimizar la curva de demanda habitual de los transformadores de distribución.

**Palabras clave:** optimización; transformadores; métodos; Excel VBA; Matlab.

## ABSTRACT

The present study deals with the optimization of power in a transformer park of a distribution system, in which a graphical method for estimating and optimizing the power in transformers was implemented and applied. This method was complemented with the conventionally used in energy distribution companies, thus providing greater clarity when analyzing the behavior of the elements that make up the merger of electricity demand, whose main elements are users, time and energy, which varies with respect to these

two variables mentioned above. On the other hand, it is also about the development of an application in a conventional software such as Excel and its visual VBA Basic tool since this software provides a variety of applications of easy use and development, together with the Matlab software. This application combines two methods which complement each other, facilitating the calculation of the demand and explaining didactically how the maximum, coinciding and non-coinciding demands behave. To this was added an optimization function based on the study of city feeders with higher residential load, which represent the behavior of residential users in the area who have a characteristic daily demand curve whose time variation factors served to optimize the daily demand curve of the distribution transformers.

**Keywords:** optimization; transformers; methods; Excel VBA; Matlab.

## INTRODUCCIÓN

El análisis del comportamiento de la demanda actual de energía eléctrica es muy importante, ya que es un factor del cual depende directamente el sostenimiento y desarrollo de los sectores residencial, industrial y comercial en el país.

Los usuarios residenciales están en constante crecimiento por lo que es necesario un correcto dimensionamiento del sistema de distribución en el que están o estarán conectados, con la finalidad de proveerles una energía continua y de la mayor calidad posible. Para ello algunas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica del país, han construido curvas de demanda máxima diaria (CONELEC, s/a), que



modelan el comportamiento de los usuarios del sistema eléctrico de distribución en su respectiva área de concesión, sin embargo, existe todavía incertidumbre al momento de dimensionar redes para media y baja tensión ya que las empresas eléctricas de algunas ciudades no cuentan con un estudio en el que se pueda basar el diseñador para dimensionar correctamente las redes de distribución y así evitar el sobre dimensionamiento de la red o el sub direccionamiento de la misma.

Para una apropiada estimación de potencia no hay que basar los criterios o en estudios realizados fuera del área concesión de la empresa eléctrica donde se ejecutara el proyecto, en apreciaciones subjetivas y en argumentos con demasiada incertidumbre, por tal razón es necesario conocer la naturaleza de las cargas que van a estar conectadas al alimentador y el comportamiento de los usuarios que se van a servir de los diferentes equipos eléctricos que estarán conectados a los transformadores de distribución. Por otro lado, las costumbres de los usuarios de equipos eléctricos, no pueden ser generalizadas en el país, ya que ella depende de diversos factores, cuyas cualidades cuantitativas y cualitativas, están directamente relacionados con su ubicación geográfica y el nivel socio-económico. Por esto es necesario implementar un método de estimación de la demanda de potencia que utilice la ubicación geográfica de los usuarios y el nivel socio económico para generar curvas de demanda que modele el comportamiento de los usuarios de la red.

En el país, existen varios métodos que son utilizados para determinar la demanda de potencia a nivel macro y microeconómico, algunos de ellos están basados en la

curva de demanda máxima coincidente de la empresa eléctrica Quito y otros en apreciaciones de cada diseñador, la EEQ posee tablas que son resultado de un estudio realizado en el área de concesión de dicha empresa, la cual no tiene total correspondencia con las costumbres en el uso de equipos eléctricos de los usuarios de otra área del país. Por tal motivo la curva de carga diaria de los equipos eléctricos de una vivienda ubicada en la ciudad de Esmeraldas, no tienen correspondencia con la curva de carga de los equipos de una vivienda que está ubicada en la ciudad de Quito; por motivos de la altitud y temperatura ambiente promedio, las cuales modifican las costumbres de los consumidores de energía eléctrica, que se encuentran en dichas ciudades en sus diferentes estratos de consumo. Para no sobre dimensionar la red de distribución y también no sub dimensionarla, se ha implementado el método Arvidson optimizado para el cálculo de la demanda de los transformadores de distribución, el cual nos da un mayor control de las pérdidas de potencia, y nos ayuda a crear factores de coincidencia y diversidad basándose en el estudio de carga propio de cada proyecto de distribución de energía, lo cual economiza la inversión inicial y posterior de la red eléctrica a través de la optimización de la potencia de los transformadores de distribución que se usen en cada proyecto.

Este trabajo tiene como objetivo general: Presentar una herramienta de estimación de potencia con vistas a optimizar la potencia de transformadores de distribución aplicando factores de variación horaria obtenidos de la curva de demanda diaria local.

## MÉTODOS

Las características de carga pueden determinarse a partir de mediciones de campo, o mediante análisis estadísticos. Para los sistemas eléctricos existentes, las características de carga pueden obtenerse a partir de mediciones; no así para los sistemas nuevos, los mismos que se requiere compararlos con los existentes, de los cuales se pueden obtener datos y mediciones precisos.

Los datos que son necesarios, para obtener las características de carga se pueden tener a partir de sus cualidades básicas las cuales son: demanda máxima y demanda promedio misma, que significa el número de KWH consumidos, en un intervalo de tiempo definido, sobre el número de horas equivalentes a ese ese lapso de tiempo.

Para determinar las características en grupos de cargas no similares se procede a aislar la carga de interés de las otras, resultando este proceso muy caro por el monto económico que genera realizar las mediciones, el cual puede superar el valor de los ingresos de una empresa eléctrica.

Se realiza el análisis probabilístico a partir de experiencias en redes de distribución europeas, en las que se han obtenido mediciones las cuales dan a entender que la variación de carga en una red de distribución puede considerarse, por lo general, en forma bastante aproximada, como de distribución estadística normal durante los altos períodos de carga (Orejuela, 1980).

Los métodos gráficos en base al promedio de demanda máxima diversificada por consumidor se definirán como

A y B:

1. El método A considera la diversidad entre cargas similares, como también la no coincidencia de los picos, de los distintos tipos de carga. Como última consideración, se incluye al 'factor de variación horaria', que no es más que la relación entre la demanda a una determinada hora, de un tipo particular de carga, y la demanda máxima de aquel tipo particular de carga (Castaño, 2006). Este método utiliza una familia de curvas.
2. El método B hace uso de curvas, las cuales representan las características del promedio de la demanda máxima por cada usuario consumido, para varios tipos de electrodomésticos. Este método no toma en cuenta los factores de variación horaria.

El método en base a la relación entre demanda máxima y kwh consumidos elimina la dificultad que se genera al realizar las mediciones de la demanda máxima, porque considera el cálculo de los KWH, consumidos por mes y por abonado, valor que se obtiene con facilidad de las planillas facturadas por las empresas eléctricas. Hay dos formas distintas para determinar la demanda máxima diversificada de un grupo de usuarios y también usando como datos el número de KWH de consumo, el número de clientes del servicio eléctrico.

Para este trabajo se aplica el método ARVIDSON, el cual utiliza tiempo y la cantidad de usuarios como variables para el cálculo de la demanda máxima coincidente. Se usan transformadores de la urbanización Alta Monte que se encuentra ubicada en la vía TACHINA - TIGRE, parroquia Tachina, cantón y provincia de Esmeraldas.

Las demandas máximas coincidentes y no coincidentes, son la base para el cálculo de las potencias que dimensionarán los transformadores de distribución que son elementos claves para optimizar la potencia de una red de distribución.

Los factores climáticos influyen en el uso de algunos equipos eléctricos, en el caso de la urbanización, se presenta un clima cálido por lo que se les dará mucho énfasis a los aires acondicionados y ligeramente se aumentará la potencia de las cocinas de inducción con respecto a las cocinas de la región Sierra del Ecuador.

La aplicación que se desarrolla combina dos métodos, el de las demandadas coincidentes respecto a los usuarios y el de la demandada coincidente respecto a los usuarios y el tiempo.

La aplicación de Visual Basic posee un In Put, en el cual van los datos de entrada, como lo son el número de usuarios, nivel socioeconómico, tasa de crecimiento de la demanda, tipo de transformador, entre otros. En el Out Put van los datos de salida en donde se detallan las variables que modelan el comportamiento de la demanda en los cuales se encuentra el factor de diversidad, la demanda máxima diversificada, las pérdidas de potencia, el factor de carga y de demanda. Los resultados dan factores de diversidad correspondientes a la curva de carga que se ingresó al programa como base de datos normalizando previamente ajustados en Matlab con su herramienta cftool (MathWorks, 2016).

Para la aplicación de este método se ha tomado como ejemplo el sector # 10 de la urbanización pues este es el sector que más usuarios tiene.

La aplicación de Excel y VBA (visual Basic) necesitó el ajuste de las curvas de demanda promedio de cada equipo eléctrico ya que no se encontraron tablas que grafiquen una curva uniforme, con la que se pueda manejar una ecuación que modele el comportamiento de la potencia con respecto de los usuarios. Este ajuste se realizó con el software Matlab obteniendo los factores A, B, C que sirven para modelar la curva de carga de potencia vs número de usuarios.

El valor de la demanda en más de 100 usuarios, se obtuvo a partir de las contantes obtenidas por el software Matlab, mismas que fueron ingresadas en Excel para obtener las tablas de demanda promedio coincidente.

Para la aplicación del método Arvidson optimizado se ha tomado como ejemplo el transformador CT-10 de 50 KVA perteneciente al parque de transformadores de la urbanización Alta Monte. El sector que se escogió para el estudio es el que tiene más usuarios.

El transformador de este sector sirve a 22 usuarios tipo B, según las normas de la EEQ, perteneciente al parque de transformadores de la red primaria de la urbanización. La aplicación desarrollada en Excel VBA utiliza del método Arvidson para la optimización de potencias, el cual toma en cuenta la no coincidencia de los picos de las demandas y las coincidencias para calcular la demanda máxima diversificada.

La potencia de algunos de los transformadores se optimizó por medio de la curva de demanda diaria de la zona donde está ubicado el transformador, esto se hace para optimizar los picos de demanda en cada hora del día, si existe una demanda a determinada hora del día, que no coincida con la curva de demanda diaria de la zona, esta se reducirá o aumentará; si esta demanda se encuentra en la hora pico de la curva de demanda diaria que caracteriza la zona, esta demanda no se modificará.

Para optimizar se procedió a hacer mediciones en los principales alimentadores de la ciudad con carga residencial, los cuales representan muy bien a los usuarios residenciales de la ciudad de Esmeraldas. Los alimentadores en los cuales se hizo las mediciones son: El alimentador Balao (sector de nuevos horizontes y santa Cruz), Tolita (Tilita 1 y Tolita 2), Sub Chico (Santas Barrio Lindo), San Rafael (50 Casas voluntad de Dios), Pradera (Altos de Jardines de la paz) y Malecón Centro (Malecón y Centro).

La muestra de las mediciones fue tomada en intervalos de 15 minutos, durante las 24 horas del día, en cada alimentador en los meses de mayor demanda (agosto y diciembre). En los cuales, previo análisis, se tomaron tres alimentadores para sacar las muestras de los días con sus respectivas demandas horarias, los cuales fueron el alimentador Tolita, Malecón centro y el alimentador balao.

La demanda máxima diversificada (DMD) se calcula a partir de la carga instalada de una casa del nivel socio económico B, para esto se ha usado la encuesta de INEC

donde asume que un usuario tipo B es el segundo estrato y representa el 11,2% de la población investigada.

En cuanto a las viviendas:

- En el 46% de los hogares, el material predominante del piso de la vivienda es de duela, parquet, tablón o piso flotante.
- En promedio tienen dos cuartos de baño con ducha de uso exclusivo para el hogar.
- El 97% de los hogares dispone de servicio de teléfono convencional.
- El 99% de los hogares cuenta con refrigeradora.
- Más del 80% de los hogares dispone de cocina con horno, lavadora, equipo de sonido y/o mini componente.
- En promedio los hogares tienen dos televisores a color.

La potencia de los equipos eléctricos se toma de la placa de cada equipo de una vivienda, luego se la ubica en una categoría y finalmente se suman todos los equipos de aquella categoría. Existen también tablas normalizadas que se pueden tomar como referencia de potencia de cada electrodoméstico.

Una vez obtenidos estos datos se procede a ingresar las cargas de la vivienda presionando el botón correspondiente a cada electrodoméstico, los botones que quedan macados representan los equipos que van a estar funcionando en la vivienda. Con esto se define el nivel socio económico, ya este está en función de los electrodomésticos que tiene cada usuario. El porcentaje de la curva de cada electrodoméstico que se va a usar, lo define los números de color amarillo y fondo negro, en el panel de selección de equipos eléctricos. Se debe activar el botón DMDcoin/

no-coin y ubicar el número de usuarios en 1 para hallar la carga instalada y la demanda máxima unitaria de la casa modelo.

Luego se presiona el botón line para ingresar la carga instalada la cual representa el consumo que tengan los electrodomésticos en kw/h. Luego se ingresa el FFU (%). Una vez hecho esto se obtiene las curvas de demanda promedio de los diferentes electrodomésticos.

Para no sobredimensionar la demanda de las cocinas de inducción y del aire acondicionado se procede a calcular el promedio entre el porcentaje de FFU (EEQ, 2014) y el porcentaje proyectado de los usuarios que poseen la cocina de inducción y el aire acondicionado respectivamente. En este caso la curva de la demanda diaria es lineal, porque no se han aplicado todavía los factores de variación horaria, que se procede hacerlo a continuación.

Después de este paso se desactiva el botón line y se obtienen los ciclos de la demanda diaria del transformador, donde existe una interacción entre la demanda de potencia con respecto al número de usuarios y el tiempo. Luego se obtiene la demanda máxima unitaria y diversificada para el número de usuarios ingresados, en el caso del ejemplo tenemos 22 usuarios residenciales tipo B.

El cálculo de la demanda máxima diversificada o coincidente depende de la cantidad de usuarios y es con la que se calculan los factores de coincidencia y factores de diversidad. El botón OPTM está activo, por lo que la demanda máxima coincidente esta optimizada. La demanda máxima coincidente la tuvo la iluminación y

todas las misceláneas a las 20:00 horas. Al obtener estos datos se procede a ingresar o calcular las cargas-especiales y alumbrado-público. Luego de esto se proyecta la demanda a 10 años, con un Ti (taza de crecimiento para usuarios tipo B) de 2.5% anual (EEQ, 2014).

A continuación, se procede a hallar las pérdidas de potencia en función del factor de carga (Castaño, 2006). Luego se escoge el transformador de distribución adecuado para la potencia calculada que va servir a los usuarios, en este caso uno con una cargabilidad de 98.23% lo cual es soportable para este tipo de transformadores, pues no es afectado en su rendimiento debido a que los transformadores que sirven a un estrato socio económico B pueden soportar una sobrecarga del 10% de su potencia nominal. Y este nivel de cargabilidad será alcanzado aproximadamente en los siguientes 10 años. Para tener mayor confianza en que el transformador rendirá adecuadamente se deberá hacer las respectivas pruebas de rendimiento y cortocircuito que corresponden a los transformadores de distribución. Finalmente se presiona el botón analizar el cual hace que se muestran los datos de salida de la aplicación correspondientes a la demanda del transformador.

## DESARROLLO

La demanda de la Urbanización Alta Monte es de 412.5 KVA con el método tradicional; según el método Arvidson. La potencia que requerirá la urbanización es de 400 KVA. El método de estimación de potencia de la EEQ se hace con las tablas de demanda coincidentes en los factores F y N. Para dimensionar las pérdidas se basó en las siguientes fórmulas:

Con un factor de carga para un intervalo de 25 min.,

$$\%Per = 0.3Fc + 0.7Fc^2 \text{ y } Dper = \%Per \times DMD$$

La potencia requerida es 393.82 KVA.

La optimización de potencia se debe realizar en usuarios que no estén delimitados como urbanización, ya que en este tipo de proyectos la DMU es fija y estos son minoría. En la participación que tienen en la curva de demanda diaria de la zona, estos deben pertenecer a zonas urbanizadas no restringidas. En nuestro caso se estudia el nivel socio económico C + (según lo estipulado en el censo del INEN) que es el equivalente del tipo B de la urbanización estudiada.

Cuando se trata de optimizar un recurso es necesario analizar parámetros que sean elementos de la función que genera la demanda, en el caso que se estudia, dichos elementos son el nivel socio económico de la zona del transformador, la tasa de crecimiento de la población en ese sector, el índice de utilización del suelo y los horarios de la demanda de energía en la zona. Nos centraremos en este último, ya que optimizaremos la potencia considerando la variable tiempo pues existen zonas que tienen una curva de demanda diaria característica, la cual se puede utilizar para delimitar o restringir varios picos de demanda horaria, optimizando así los picos de potencia que están por encima o por

debajo de la curva característica de la zona del proyecto.

La curva de demanda diaria de la zona fue resultado de mediciones hechas en un intervalo de 15 minutos en los alimentadores con mayor carga residencial de Esmeraldas. La potencia requerida optimizada es 295.38 KV.

Los precios fueron sacados de la lista de precios en transformadores ABB (ABB, 2016). Los transformadores con carga diferente a la carga residencial se excluyeron del cálculo por lo que sus potencias no varían.

## CONCLUSIONES

Se optimizó la potencia de un parque de transformadores cuya demanda de potencia normalizada es de 412.5 KVA, haciendo el respectivo estudio de la curva de carga diaria de la zona y multiplicando la demanda calculada en cada hora del día, por los factores de variación horaria obtenidos del estudio de optimización propuesto, se llegó a una potencia de 362.5 KVA los cuales son válidos en áreas con una DMU (Demanda máxima unitaria) promedio con un índice de variación moderado. La aplicación de este método de optimización fue hecha con base en estudios ya existentes, (En el plan maestro de electrificación 2013-2022, Normas EEQ, cálculo de demandas de diseño) en las Normas IEC.

Se desarrolló una herramienta de estimación de potencia por medio de un Software convencional como lo es Excel y su herramienta Visual Basic. También se usó el software Matlab el cual sirvió para el ajuste de la curva de datos de la demanda promedio coincidente de equipos eléctricos

# PONENCIA IV

Para luego ser ingresados como base de datos al software Excel.

También se determinaron los factores de coincidencia aplicables a usuarios residenciales, los cuales se pueden obtener de la curva de demanda promedio coincidente de cada empresa de distribución. La aplicación que se desarrolló en Excel VBA da la libertad de cambiar la curva de la demanda promedio coincidente y así cambiar los factores de coincidencia y diversidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. (2016). Lista de precios No PTM PL 001 ES. Transformadores de distribución monofásicos y trifásicos tipo poste

Castaño, S. (2006). Redes de Distribución de Energía. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

CONELEC. (s/a). Estudio y gestión de la demanda eléctrica. Plan maestro de electrificación

EEQ. (2014). Normas para Distribución. Quito.

INEC. (2017). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/en-cuesta-de-estratificacion-del-nivel-socioeconomico/>

MathWorks. (2016). Curve Fitting app. MATLAB® Tools.

Orejuela, V. (1980). Comparación de demandas de diseño en sistemas eléctricos de distribución. Quito

Torres, R. (2006). Tecnología Eléctrica. Madrid: Mc Graw Hill.

Vicuña, C. G. (2017). Electro Industria

## HERRAMIENTA PARA LA MONITORIZACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE EXPERIENCIA EN SERVICIOS STREAMING EN REDES MÓVILES ENTRE EXTREMOS

# **HERRAMIENTA PARA LA MONITORIZACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE EXPERIENCIA EN SERVICIOS STREAMING EN REDES MÓVILES ENTRE EXTREMOS**

**Salvador González Gómez**

sgg.2020@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Yeneidys Álvarez González**

yalvarezq2014@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Teresa I. Mina Quiñónez**

teresa\_mina@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Marisol Morales Martínez**

marysolmoralesmartinez@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Carlos A. Jaime García**

jaimegarciadc@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## **RESUMEN**

La herramienta desarrollada permite la monitorización y evaluación continua de los servicios streaming en redes móviles entre extremos, para lograrlo se partió del estudio de las diferentes formas de monitorización y evaluación de los servicios telemáticos, modelos existentes, así como



herramientas similares. Con el estudio realizado se pudo identificar indicadores de calidad del servicio necesarios para la monitorización del mismo, también se ha logrado elaborar un modelo de evaluación de servicios streaming, tomando como ejemplo el modelo E pero ajustándolo a los indicadores definidos, luego la salida del modelo es llevada a la escala de otro modelo conocido como MOS, el cual da una evaluación cualitativa de calidad percibida por los usuarios. Las fórmulas matemáticas y procedimientos propuestos son descritos a lo largo de este artículo. La herramienta es capaz de consumir el servicio (reproducción de audio y video), capturar y decodificar los paquetes que viajan por la red correspondientes a los servicios streaming (paquetes RTSP, RTP, RTCP), mostrarlos con todos sus elementos en forma de árbol jerárquico, también captura los cuadros de videos correspondientes al flujo consumido, el mismo flujo es mostrado en el orden en que se van recibiendo los paquetes. Cada indicador es graficado según su comportamiento y variación en el tiempo. La QoE es evaluada en varios momentos de la reproducción en tiempo real, la salida de los modelos es graficada y mostrada para cada prueba. La herramienta permite la monitorización del servicio, la identificación de posibles problemas entre los extremos, y la percepción del servicio prestado por parte de los usuarios.

**Palabras clave:** calidad; gráficas; modelo; monitorización; servicio; streaming.

## ABSTRACT

The developed tool allows continuous monitoring and evaluation of streaming services in mobile networks

between extremes, to achieve this it was based on the study of the different forms of monitoring and evaluation of telematic services, existing models, as well as similar tools. With the study carried out, it was possible to identify service quality indicators necessary for the monitoring of the same, it has also been possible to develop a streaming service evaluation model, taking the E model as an example but adjusting it to the defined indicators, then the model output it is taken to the scale of another model known as MOS, which gives a qualitative evaluation of quality perceived by users. The mathematical formulas and proposed procedures are described throughout this article. The tool is capable of consuming the service (audio and video playback), capturing and decoding the packets traveling through the network corresponding to streaming services (RTSP, RTP, RTCP packets), showing them with all their elements in the form of a hierarchical tree, it also captures the video frames corresponding to the flow consumed, the same flow is shown in the order in which the packets are received. Each indicator is plotted according to its behavior and variation over time. The QoE is evaluated in several moments of the reproduction in real time, the output of the models is plotted and shown for each test. The tool allows the monitoring of the service, the identification of possible problems between the extremes, and the perception of the service provided by the users.

**Keywords:** quality; graphics; model; monitoring; service; streaming.

## INTRODUCCIÓN

Diferentes acontecimientos han marcado hitos en la

historia: el surgimiento de la radio, el teléfono, la televisión, y más importante aún, Internet; una red lógica global de ordenadores interconectados entre sí. Los dispositivos que se conectan a redes de comunicación han alcanzado un auge sin precedente. Hoy es muy común observar a personas comunicándose con otras a grandes distancias, sin importar las fronteras.

Las redes inalámbricas y de tecnología móvil son palabras de moda entre los usuarios y expertos en la materia. Los diferentes aparatos capaces de conectarse a estas redes, cada vez soportan más servicios, como son: envío de mensajes de texto, de voz; compartición de videos, fotos; entre otros. Esto es posible gracias al continuo avance de las técnicas de las telecomunicaciones, que se encuentran ampliamente desarrolladas. Pero aún no cumplen con todas las expectativas que se van generando. La sociedad evoluciona, se transforma, crece a un ritmo imparable. Las necesidades de ampliación junto a la optimización de los servicios prestados por los sistemas de redes móviles son sorprendentes, poniendo cada vez más alto el reto para los ingenieros.

Uno de los servicios difundidos sobre las redes y sus continuas evoluciones, es el streaming. Una tecnología que se utiliza para aligerar la descarga y ejecución de audio y vídeo en la web, debido a que permite escuchar y visualizar los archivos mientras se están descargando (Venegas Morales, Yáñez Cañas, & J. González, 2005). El montaje del servicio sobre las redes impone dos conceptos de importancia. Uno de ellos es la calidad de servicio (QoS, por sus siglas en inglés) que se presta a los consumidores. Las investigaciones y pruebas realizadas sobre el tema,

generalmente están centradas en aspectos objetivos, como las métricas para indicadores de rendimiento de la red (pérdida de paquetes, latencia, ancho de banda, entre otros). Vale destacar para mayor comprensión, que QoS es la capacidad de la red para proporcionar una prestación a un nivel garantizado. Abarca todas las funciones, mecanismos y procedimientos en la red y el terminal que garanticen la obtención de la QoS negociada entre el equipo del usuario (UE, por sus siglas en inglés) y la red básica (CN, por sus siglas en inglés). (Soldani, 2006)

El otro concepto es la calidad de experiencia (QoE, por sus siglas en inglés), que se enfoca más bien a cómo repercute en los usuarios la QoS y como se sienten con los servicios prestados. Dicho concepto surge de la necesidad de determinar el grado de satisfacción de los usuarios con el servicio. La QoE está orientado a la calidad percibida, cuando se consume uno o varios de los servicios prestados en relación con la accesibilidad, rendimiento, demora, pérdida de paquetes, capacidad de retención e integridad del servicio, seguridad de acceso, tiempo de respuesta del servicio, tiempo en que tarda en configurarse un servicio determinado, entre otros.

Para los proveedores del servicio streaming sobre redes móviles y sus evoluciones, la QoE es un elemento importante a tener en cuenta. Pues informará en gran medida el éxito o fracaso del servicio. Si se mira en términos comerciales, empresariales y/o económicos, tener los usuarios satisfechos, implica garantía de continuidad de los contratos firmados entre las partes (cliente–proveedor), portando estabilidad financiera y credibilidad en el mercado. Ahora, ¿qué indicadores usar para medir

la QoE del servicio streaming sobre redes móviles entre extremos y cómo hacerlo?

## **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo mediante el análisis documental se describen detalladamente los conceptos que sustentan la herramienta a desarrollar, como fundamentación teórica base para obtener una amplia comprensión del problema a resolver. Se comienza abordando todo lo relacionado con el servicio streaming: características, protocolos de transmisión, arquitectura, entre otros. Luego se profundiza en los conceptos relacionados a la calidad del servicio y la calidad de experiencia, así como en los modelos e indicadores seleccionados para medir la QoE a partir de la QoS. Seguido se presentan modelos y procedimientos relacionados con el tema de la investigación, finalizando con la propuesta de tecnologías y metodología a usar en el desarrollo de la herramienta.

## **DESARROLLO**

Cuando se habla de streaming, se refiere a una tecnología que posibilita la transmisión de audio y video por Internet de forma directa o diferida. Es una tecnología que se utiliza para aligerar la descarga y ejecución de audio y vídeo en la web, debido a que permite escuchar y visualizar los archivos mientras se están descargando (Venegas Morales, Yáñez Cañas, & J. González, 2005). Si no se utiliza streaming para mostrar un contenido multimedia en la red, se tiene que descargar primero el archivo completo en el dispositivo para poder reproducirlo. Por lo tanto, las emisiones en directo no se podrían realizar. Al consumir

un servicio streaming, la información se reproduce a medida que se recibe, o sea, el cliente no tiene que esperar a que toda la información esté disponible. En el momento que existan los datos necesarios para comenzar la reproducción, se iniciará. De esta manera, un cliente de streaming puede no descargar el audio/vídeo, simplemente reproduce la información de cada uno de los paquetes y los descarta.

La información a reproducir se transmite desde un servidor, el cual es el responsable de establecer un canal para el control de los flujos y otro para el envío de los paquetes.

Los clientes tienen la misión de reproducir los datos y proporcionar la interfaz necesaria para la interacción con el servicio. Primero el dispositivo móvil se conecta con el servidor comenzado a recibir la información que se transmite. El cliente, mientras la recibe, construye un buffer donde la guarda. Cuando se ha almacenado una pequeña parte, inicia la reproducción y continúa con la descarga simultáneamente; de modo que cuando termine la descarga, también haya acabado la reproducción. Si en algún momento la conexión sufre descensos de velocidad, se utiliza la información almacenada para evitar interrupciones. Si la comunicación se corta por demasiado tiempo, el buffer se vacía y la reproducción se cortaría hasta que se restaurase la señal. (Quintero Ortiz & Cristian, 2006)

Mientras el cliente reproduce la secuencia de audio/video (del inglés, stream), las peticiones realizadas son controladas usando el protocolo RTSP, explicado en próximos epígrafes, que permite realizar acciones como

cambiar el elemento en reproducción por otro siguiente o correr el contenido a un punto determinado. En cuanto a los datos sincronizados contenidos en el stream, viajan a través de otro protocolo que permite el traspaso de información en tiempo real sobre cualquier tipo de red, llamado RTP.

Se pueden reproducir en una amplia variedad de aplicaciones, ya sean reproductores multimedia o páginas Web que incluyan módulos o complementos (del inglés, plugins) de estos reproductores. Los clientes no están sujetos a un sistema operativo para poder reproducir los datos, pues la mayoría de los sistemas operativos de uso común tienen aplicaciones para poder ejecutar contenido multimedia como streaming. (Prieto & Rodríguez, 2007)

Los servicios streaming cubren las necesidades de varios sectores: educacionales, empresariales, institucionales entre otros. Pueden ser usados con diferentes fines, entre ellos: radio online, retransmisiones deportivas, conferencias, congresos, cursos online, entrevistas, seminarios, presentaciones de productos, consultas médicas a distancia, consultas jurídicas.

En streaming, como en otros servicios telemáticos, es importante saber con qué calidad perciben los usuarios el servicio prestado. Resulta difícil conocer cuándo el servicio está con los elementos técnicos en uso a un nivel que garantice la conformidad de los usuarios. Streaming suele coexistir con otros servicios que se brindan de manera conjunta en forma de un paquete, lo cual pone aún más difícil el proceso de determinar el grado de satisfacción de los usuarios. Para garantizar la QoE en servicios

streaming deben tenerse en cuenta varios aspectos. No basta con tener un buen estado técnico de las conexiones o las tecnologías necesarias para prestar el servicio. Además de los indicadores que puedan ser identificados como elementos de QoS que afecten la QoE, hay que tener en cuenta otros elementos, que van desde la forma en la que se presenta el servicio hasta la disponibilidad del mismo. La investigación se centra en cómo afecta el comportamiento de algunos indicadores de QoS a la QoE. Para ello primero se debe comprender que es cada uno de estos conceptos.

La QoS se define como la capacidad de la red para proporcionar un servicio a un nivel garantizado. Abarca todas las funciones, mecanismos y procedimientos en la red que garanticen la obtención de la calidad de servicio negociada entre los extremos. Según (ITU-T, 2004), es el conjunto de características relacionadas con el rendimiento de los elementos que intervienen en la provisión del servicio, que tienen un efecto en la percepción final del usuario.

QoE es cómo un usuario percibe el estado de un servicio cuando es usado. El término se refiere a la percepción del usuario sobre la calidad de un determinado servicio o red. Se expresa en sentimientos humanos como: “bueno”, “excelente” o “pobre”. Por otra parte, QoS es intrínsecamente un concepto técnico. Se mide, expresado y entendido en términos de redes y elementos de red, que por lo general tienen poco significado para los usuarios. Una red con mejor QoS, en muchos casos dará como resultado una mejor QoE. El objetivo de QoS es obtener una alta calidad de la experiencia. (Soldani, 2006)

La entrega de alta calidad de la experiencia depende de profundizar en el conocimiento de los factores que contribuyen a la percepción de los usuarios de los servicios, y aplicar ese conocimiento para definir los requisitos. Este enfoque, desde arriba hacia abajo, reduce los costes de desarrollo, los riesgos de rechazo y deserción de los usuarios. Además, asegura que el dispositivo o sistema cumpla con los requerimientos de los mismos. (Soldani, 2006)

Para medir la QoE de los servicios streaming es necesario partir de qué indicadores informan cómo se comporta el servicio.

Según (ITU-T, 2001), los siguientes indicadores afectan a los servicios streaming de la manera que se expone a continuación:

- Retardo: Las aplicaciones de tiempo real como las de streaming requieren demoras inferiores a los 150 ms. Si la latencia (tiempo que le toma a un paquete ir de un lado al otro, o de extremo a extremo) sobrepasa estos valores, la transmisión o comunicación se verá afectada con paradas en los cuadros (frames) de video o silencio en el audio. Por la saturación de la red, los enrutadores pueden demorarse en procesar los paquetes, causando demoras en el arribo al no haber suficientes datos en el buffer. Esto provoca indisponibilidad en el servicio, bloqueo o pausa de la aplicación, lo que implica que la reproducción del archivo se vea afectada.
- Jitter (variación del retardo): es la diferencia entre las demoras introducidas por la red. Provoca defectos en la imagen debido a que los componentes de red no actúan

siempre bajo las mismas circunstancias. No introduce demoras iguales, lo que puede provocar que los paquetes lleguen desordenados o a destiempo.

- Ancho de banda (de ahora en adelante AB): es fundamental, de él depende hasta qué punto se podrá brindar QoS a un nivel garantizado. Si el medio de transmisión está limitado en ancho de banda y se necesita transmitir video, telefonía IP, datos y web, se debe tener en cuenta hasta qué punto se podrá reservar ancho de banda para las aplicaciones de tiempo real sin que se vean afectadas las demás.

- Velocidad de transmisión (de ahora en adelante Tx): está estrechamente ligada al AB que al mismo tiempo depende del medio de Tx. El tema de la movilidad es fundamental en este punto. Se necesita un método de acceso al medio eficiente en estos casos para poder aprovechar al máximo el AB. Las interferencias son superiores en los enlaces de radio. La velocidad de desplazamiento de la entidad móvil también define en el desempeño del sistema.

- Demora en el comienzo de la reproducción: hasta que no haya suficiente información en el buffer como para comenzar a reproducir, la reproducción no iniciará. Una aplicación que tarde en responder demasiado tiempo es señal de que el servicio se encuentra colapsado o presentando problemas para responder las demandas. Además, afecta la experiencia de los usuarios que no están dispuestos a esperar demasiado tiempo por el inicio de la reproducción y desertan su solicitud de consumo del servicio.

- Pérdida de paquetes: una cantidad de paquetes perdida

que sobrepase los valores permisibles puede provocar que la reproducción se interrumpa y genere efecto de bloque en el video y discontinuidades en el audio, entre otros efectos.

Una vez conocidos los indicadores de calidad de servicio para poder medir la QoE es necesario saber, en qué rango de valores deben de oscilar sin que afecten la QoE. En la Tabla 1 se definen los umbrales de valores para los indicadores:

Medio	Aplicación	Grado de Simetría	Tasa de datos típica	Parámetros de rendimiento			
				Retardo en un sentido	Variación del retardo	Pérdida de paquetes	Otras
Audio	Voz convencional	Bidireccional	4–64 KB/s	Límite < 400 ms Preferible <150 ms	< 1 ms	< 3%	
Audio	Mensaje de voz	Básicamente unidimensional	4–32 KB/s	< 1 s para reproducción < 2 s para grabación	< 1 ms	< 3%	
Audio	Distribución de audio de alta calidad	Básicamente unidimensional	16–128 KB/s	< 10 s	<< 1 ms	< 1%	
Video	Videoconferencia	Bidireccional	16–384 KB/s	Límite < 400 ms Preferible <150 ms		< 1%	Retardo audio video < 80 ms
Video	Distribución de video	unidimensional	16–384 KB/s	< 10 s		< 1%	

Tabla 1 Objetivos de rendimiento para aplicaciones de audio y video. (ITU-T, 2001)

Determinados los indicadores y los valores umbrales para cada uno, es necesario definir los métodos para medir la QoE. Para hacer la tarea expresada, un estudio realizado arroja que existe una variedad de procedimientos para evaluar la QoE en varios servicios, pero no así en el caso específico de streaming. Por tanto, se propondrá uno y se validará con la herramienta a desarrollar.

Algunos de los modelos y/o métodos para medir la QoE en servicios telemáticos a partir de indicadores de QoS son los llamados métodos de estimación. Son métodos que se basan en la aplicación de modelos que tratan de representar de forma cuantitativa, la relación existente entre los indicadores de QoS y la QoE que perciben los usuarios cuando consumen un servicio. Los modelos se establecen a partir de numerosas pruebas experimentales en diferentes escenarios. Permiten la evaluación continua del servicio. Además, se caracterizan por estar centrados en un servicio específico.

El primer modelo a tener en cuenta es el Modelo E: se creó como modelo de planificación de redes de telefonía y posteriormente usado para la estimación de la calidad percibida en redes operativas. El modelo combina diferentes factores de degradación de la señal de voz, de modo que, a partir de valores de determinados parámetros, se calcula la estimación de la señal ruido (factor R) y luego la estimación de la calidad percibida con el método Puntuación Media de Opinión (MOS, por sus siglas en inglés). (ITU-T, 2011)

El modelo MOS está documentado en (ITU-T, 1996). En (ITU-T, 2003) se establece la terminología relacionada con la escala de evaluación subjetiva, inicialmente aplicada para la evaluación subjetiva de las comunicaciones de voz tradicionales. El método es extendido a aplicaciones multimedia en (ITU-T, 2008), para comunicaciones de audio unidimensionales no interactivas; en (ITU-T, 1999) para audio y video unidimensionales no interactivas como la difusión de televisión, aplicable también al video bajo demanda; y en (ITU-T, 2000) para la aplicación en comunicaciones de audio y video bidireccionales como la videoconferencia y videotelefonía.

Las siguientes tecnologías han sido usadas en el proceso de implementación de la herramienta. Para su selección se tuvo en cuenta el criterio de los especialistas y los requerimientos del cliente hacia el cual está orientado el resultado final de la investigación.

Se escoge como lenguaje de programación Microsoft C# en su versión 4.0 porque está diseñado para crear un amplio número de aplicaciones empresariales que se ejecutan en .NET Framework. Es sencillo, proporciona seguridad de tipos y está orientado a objetos. El código creado mediante C# se compila como código administrado, lo cual significa que se beneficia de los servicios de Common Language Runtime. Estos servicios incluyen interoperabilidad entre lenguajes, recolección de elementos no utilizados, mejora de la seguridad y mayor compatibilidad entre versiones. Permite la creación de aplicaciones para Windows, servicios Web, herramientas de base de datos, componentes, controles y mucho más. (Microsoft Corporation, s.f.)

.NET Framework en su versión 4.0 fue seleccionado por ser un componente integral de Windows que admite la compilación y ejecución de la siguiente generación de aplicaciones y servicios webs XML. Su diseño está encaminado

- proporcionar un entorno coherente de programación orientado a objetos y un entorno de ejecución de código que reduzca al máximo la implementación de software y los conflictos de versiones
- promover la ejecución segura del mismo, que elimine los problemas de rendimiento de los entornos en los que se utilizan scripts o intérpretes de comandos;
- basar toda la comunicación en estándares del sector para asegurar que el código de .NET Framework se puede integrar con otros tipos de código. (Microsoft Corporation, s.f.)

Como entorno de desarrollo integrado se seleccionó Visual Studio 2010 Ultimate por ser un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones móviles, de escritorio, web y servicios web XML. Soporta varios lenguajes de programación como Visual Basic, Visual C#, Visual C++ y ASP.NET. Habilita el uso compartido de herramientas y utiliza las funciones de .NET Framework. (Microsoft Corporation, s.f.)

SQLite es una biblioteca de software que se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo.

Implementa un gestor de bases de datos SQL embebido, sin configuración. Los usuarios más conocidos que la utilizan actualmente en sus aplicaciones son: Adobe, Apple, Mozilla, Google, McAfee, Microsoft, Philips, Sun y Toshiba, entre otros. Con todas las características

habilitadas, el tamaño de la librería es inferior a 250Kb.

Deshabilitando características opcionales, el tamaño puede quedarse por debajo de los 180Kb. Esto la hace muy apropiada para usarla en dispositivos con poca memoria, como teléfonos móviles, PDAs y reproductores MP3. Requiere muy poco soporte de librerías externas o del sistema operativo. Esto la hace adecuada para usarla en pequeños dispositivos que no son tan completos como los ordenadores de escritorio. (SQLite, s.f.)

La Programación Extrema (XP, por sus siglas en inglés) fue escogida como metodología de desarrollo de software debido a que es ágil y se centra en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito. Además, promueve el trabajo en equipo, el aprendizaje de los desarrolladores y propicia un buen clima de trabajo. XP se basa en la realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, la comunicación fluida entre todos los participantes, la simplicidad en las soluciones implementadas y el coraje para enfrentar los cambios. Es adecuada para proyectos con requisitos imprecisos, muy cambiantes y donde existe un alto riesgo técnico. (Beck, 1999)

La herramienta desarrollada permite la monitorización y evaluación continua de los servicios streaming sobre redes móviles entre extremos. Se identificaron indicadores de calidad del servicio necesarios para la monitorización.

Se ha logrado elaborar un modelo de evaluación de los servicios streaming, tomando como ejemplo el modelo E pero ajustándolo a los indicadores definidos, luego la salida del modelo es llevada a la escala de otro modelo conocido

como MOS, el cual da una evaluación cualitativa de calidad percibida por los usuarios. Las fórmulas matemáticas y procedimientos propuestos son descritos a lo largo de este artículo. La herramienta es capaz de consumir los servicios (reproducción de audio y video), capturar los paquetes que viajan por la red correspondientes a los servicios streaming (paquetes RTSP, RTP, RTCP) y mostrarlos con todos sus elementos en forma de árbol jerárquico. También captura los cuadros de videos correspondientes al flujo consumido, el flujo es mostrado en el orden en que se van recibiendo los paquetes. Cada indicador es graficado según su comportamiento y variación en el tiempo, La QoE es evaluada en varios momentos de la reproducción, también es graficado y mostrado la salida de los modelos para cada prueba. La herramienta permite la monitorización de los servicios, la identificación de posibles problemas entre los extremos, y la percepción de la calidad de los servicios prestados por parte de los usuarios. Imágenes de la herramienta en funcionamiento pueden verse en los anexos, el modelo que se propone queda de la siguiente manera.

Se propone para evaluar la calidad de experiencia un modelo que calcule el factor R pero ajustándose a los indicadores descritos. Luego el resultado de ese factor R, que debe ser un valor entre cero y cien es llevado a una escala MOS. Las fórmulas matemáticas necesarias y procedimientos se describen en el próximo epígrafe.

El cálculo de la QoE estimada en un momento del tiempo está dado por el valor del factor R en una escala MOS. Para el cálculo del factor R ajustado a los servicios streaming y a los indicadores descritos anteriormente se propone la



siguiente ecuación:

{ QUOTE  $R = R_0 - D_r - D_{pp} - D_{ab} + A$  }, Siendo { QUOTE  $R_0$  } un valor ideal igual a 100, el cual va a verse degradado en dependencia del comportamiento de los indicadores.

{ QUOTE  $D_r$  }, representa las degradaciones por retardos que se calcula de la siguiente forma: { QUOTE  $D_r = R_{jitter} + R_{frames} + R_{inicio\ de\ la\ reproduccion}$  }

$$R_{jitter} = f(j) = \begin{cases} 0, j \leq 1ms \\ 100, j \geq 400ms \\ 100j/400, 1 \leq j \leq 400ms \end{cases}$$

Siendo { QUOTE  $j$  } el valor del Jitter en un instante de tiempo.

$$R_{frames} = f(d) = \begin{cases} 0, d \leq 1ms \\ 100, d \geq V_p ms \\ 100d/V_p, 1 \leq d \leq V_p \end{cases}$$

Siendo { QUOTE  $V_p$  }

el valor máximo permitido por el cliente streaming para recibir cuadros desde el servidor. En la investigación se usa un valor

{ QUOTE  $V_p = 1000$  } e { QUOTE  $d$  }

igual al valor de la demora entre el último cuadro recibido y el anterior.

{ QUOTE  $R_{inicio\ de\ la\ reproduccion}$  }

es igual al tiempo desde que se envía la petición de reproducir al servidor, más el proceso de llenar el buffer y comenzar la reproducción.

{ QUOTE  $D_{pp}$  }

representa las degradaciones producidas por las pérdidas de paquetes. Se calcula teniendo en cuenta el porcentaje de pérdidas permitido para aplicaciones de video, expuesto en el epígrafe 1.2.3, que es un 3 % máximo.

{ QUOTE  $D_{pp} = C_{pp} * 100/C_{pe}$  }, { QUOTE  $C_{pp}$  }, es la cantidad de paquetes perdidos y { QUOTE  $C_{pe}$  }, es la cantidad de paquetes esperados.

$$D_{ab} = f(ab) = \begin{cases} 100, & ab < 16kb/s \\ 0, & ab \geq 16kb/s \end{cases}$$

Siendo  $ab$  la velocidad del ancho de banda negociado entre la aplicación cliente y el servidor.

El parámetro  $A$  tomará valores de cero para redes Ethernet y de tres para redes móviles.

Una vez calculado el factor  $R$  este valor debe ser llevado a la escala MOS como se describe a continuación.

El modelo relaciona el valor de “ $R$ ” con el “ $MOS$ ”, con un gran nivel de aproximación, según la tabla 2:

Factor R	Categoría	Satisfacción del usuario
$90 \leq R < 100$	Excelente	Muy satisfechos
$80 \leq R < 90$	Alta	Satisfechos
$70 \leq R < 80$	Media	Algunos usuarios insatisfechos
$60 \leq R < 70$	Baja	Muchos usuarios insatisfechos
$50 \leq R < 60$	Mala	Prácticamente todos los usuarios insatisfechos
NOTA – { QUOTE $R$ } por debajo de 50 no es recomendado.		

Tabla 2 Relación del factor  $R$  con en una escala MOS según (22)

Además de los elementos expuestos anteriormente fue necesaria la utilización de una librería la cual se describe posteriormente.

## CONCLUSIONES

A logrado de la investigación se ha logrado caracterizar el servicio streaming obteniendo los fundamentos teóricos necesarios para la elaboración de la herramienta. Se obtuvo una panorámica del estado del arte de las herramientas para evaluar la QoE. Fueron definidos los requisitos necesarios para la implementación de la herramienta. Se logró implementar todos los requisitos propuestos. Se obtuvo la primera versión estable de la herramienta. Cumplido esta fase de investigación se recomienda para las próximas fases incluir otros tipos de indicadores relacionados con el tipo de compresión de audio y video.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPLE COMPUTER. (2007). INC. Mac OS X QuickTime Streaming Server 5.0.

Beck, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Pearson Education.

Deering, S. (2012). IP Multicast Extensions for 4.3BSD UNIX and related systems.

Gómez, A. F., Mateo, A. L., & Ruíz, P. (2007). Arquitectura para el control de emisores en entornos multicast. Recuperado el 10 de diciembre de 2012, de <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/50-51/ponencia13.html>

Internet Engineering Task Force. (2001). RTSP RCF 3226.

ITU-T. (1996). Recomendación P.800: Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.

ITU-T. (1999). Recomendación P.911: Métodos de evaluación subjetiva de la calidad.

ITU-T. (2000). Recomendación P.920: Métodos de prueba interactivos para comunicaciones audiovisuales.

ITU-T. (2001). Recomendación G1010: Categorías QoS para el usuario final en servicios multimedia.

ITU-T. (2003). Recomendación P.800.1: Terminología de las notas medias de opinión.

ITU-T. (2004). Recomendación QoS.02: Manual Calidad de servicio y rendimiento de la red.

ITU-T. (2008). Recomendación P.910: Subjective video quality assessment methods.

ITU-T. (2011). Recomendación G.107: The E-model: a computational model for use in transmission planning.

Kioskea. (2008). Kioskea. Recuperado el 10 de enero de 2013, de Protocolos: <http://es.kioskea.net/contents/internet/protocol.php3>

Li-yuan, L. (2006). The Research of Quality of Experience Evaluation Method in Pervasive Computing Environment., (págs. 178 - 182). Urumqi.

María, S. (2004). Desarrollo Web. Protocolos de comunicación. Recuperado el 15 de enero de 2013, de

<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1617.php>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Lenguaje Visual C#: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa287558%28v=VS.71%29.aspx>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Objetos, clases y estructuras (c#): <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms173109%28v=VS.80%29.aspx>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Información general y conceptual sobre .NET Framework: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/zw4w595w%28v=VS.80%29.aspx>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Características de implementación de .NET Framework: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/410zh1ty%28v=VS.80%29.aspx>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Introducción a Visual Studio: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/vstudio/6x6bk1f4%28v=vs.100%29.aspx>

Microsoft Corporation. (s.f.). MSDN. Recuperado el 16 de enero de 2013, de Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate: <http://www.microsoft.com/es-es/download/details.aspx?id=12187>

Pérez Agüera, J. R., Sánchez Jiménez, R., & Caldera

Serrano, J. (2004). ADAPTACIÓN DE TECNOLOGÍAS STREAMY XML A CENTROS DE DOCUMENTACIÓN EN TELEVISIÓN.

Prieto, A. F., & Rodríguez, L. F. (2007). Streaming de audio a través de dispositivos móviles. Bogotá.

Quintero Ortiz, J. P., & Cristian, C. S. (2006). EVALUACION DE SERVIDORES DE STREAMING DE VIDEO ORIENTADO A.

Rijo Sciara, D. (2004). Fundamentos de Video Streaming (Vol. I). Montevideo, Uruguay.

Schulzrinne, H., Casner, S. L., Frederick, R., & Jacobson, V. (julio de 2003). IETF Tools. Recuperado el 20 de noviembre de 2012, de RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications: <http://tools.ietf.org/html/rfc3550>  
Soldani, D. (2006). QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems. England: John Wiley & Sons.

SQLite. (s.f.). Recuperado el 5 de diciembre de 2012, de <http://sqlite.org/about.html>

Venegas Morales, M. H., Yáñez Cañas, A., & J. González, A. (2005). Transmisión de video de alta calidad a través de redes IP. Valparaíso: Casilla 110-V.



# **PONENCIA V**

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PARA LAS SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE  
SUBTRANSMISIÓN DE CNEL EP UNIDAD DE  
NEGOCIO ESMERALDAS**



# **MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LAS SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO ESMERALDAS**

**Simón R. Sánchez Orozco**

saymonsanz@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Luis E. Hidalgo Solórzano**

lehidalgo@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Jorge D. Mercado Bautista**

mercadobautista@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Violeta E. Reyes Bone**

violetaelizabethreyesbone@yahoo.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Roddy A. Quiñónez Ramoz**

rodnyalfredo@yahoo.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Nicomedes L. Ordoñez Zúñiga**

nicoleonidas@yahoo.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Neiva M. Quiñónez Becerra**

neivimary@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

Este proyecto técnico tiene como finalidad la elaboración de un Modelo de Programación de mantenimiento preventivo y predictivo, el cual sirve a todo el sistema de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas comprendido por las líneas de subtransmisión y Subestaciones. Se realiza un recorrido por las subestaciones y líneas de subtransmisión que comprenden el sistema eléctrico de alta tensión de CNEL EP Unidad de negocio Esmeraldas, con el fin de ver las condiciones en que se encuentran, además se realizó un levantamiento de datos y se contó con información sobre los planes de mantenimiento de CNEL EP U N Esmeraldas. Se diseñan las tareas o actividades idóneas a realizar en cada uno de los equipos y elementos del sistema de subtransmisión, a partir de las normas establecidas. Se elabora una programación de mantenimiento predictivo y preventivo para las líneas de subtransmisión y subestaciones. Esta programación será de mucha utilidad en los futuros mantenimientos del sistema de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

**Palabras clave:** modelo de programación de mantenimiento preventivo y predictivo; sistema de subtransmisión; CNEL EP Unidad de negocio Esmeraldas.

## ABSTRACT

The purpose of this technical project is to prepare a Predictive and Predictive Maintenance Programming Model, which serves the entire sub-transmission system of the CNEL EP Esmeraldas Business Unit comprised

of the Subtransmission and Substation lines. A tour of substations and subtransmission lines comprising the high voltage electrical system of CNEL EP Business Unit Esmeraldas, in order to see the conditions in which they are located, in addition to a data survey was performed and was attended information on the maintenance plans of CNEL EP UN Esmeraldas. The tasks or suitable activities to be carried out in each of the equipment and elements of the subtransmission system are designed, based on the established standards. A predictive and preventive maintenance schedule is prepared for the subtransmission lines and substations. This programming will be very useful in the future maintenance of the subtransmission system of CNEL EP Esmeraldas Business Unit.

**Keywords:** preventive and predictive maintenance programming model; Subtransmission system; CNEL EP Business unit Esmeraldas.

## INTRODUCCION

El 13 de marzo del 2013, el Presidente de la República de Ecuador, economista Rafael Correa Delgado emitió el decreto ejecutivo No. 1459, constituyendo la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, la cual desde ese momento tuvo como misión prestar los servicios públicos de distribución y comercialización de energía eléctrica con el fin de contribuir al desarrollo del país y generar a los consumidores bienestar. Esto lo logra con innovación, un comprometido talento humano, tecnología y respetando al medio ambiente.

En la actualidad el país está culminando un proceso de cambio de la matriz energética y de esta forma lograr el objetivo 11, política 11.1 del plan nacional del buen vivir 2013-2017 el cual busca reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable. (SENPLADES, 2013)

Al lograr dicho objetivo los beneficiados serán los consumidores finales de tipo residencial, comercial o industrial ya que contará con un servicio eléctrico bajo estándares de calidad y continuidad. Para tener este beneficio debe existir un sistema eléctrico de potencia en óptimas condiciones. Las subestaciones y líneas de sub-transmisión se consideran la columna vertebral para culminar con el servicio eléctrico deseado ya que por ellas pasa la energía generada antes de ser distribuida a los diferentes tipos de abonados.

Una subestación es uno de los elementos que conforman un sistema eléctrico de potencia el cual tiene como función modificar los valores de corriente y tensión, además permite la transmisión y distribución de energía eléctrica sirviendo como punto de interconexión. (Pérez, 2011)

El mantenimiento es el conjunto necesario de tareas para que un determinado equipo sea restaurado o conservado de tal manera que permanezca con una condición específica acordada. (www.solomantenimiento.com, s.f)

Mantenimiento es una determinada acción para garantizar mejoras como su productividad, funcionalidad, confort,

imagen, seguridad, higiene y salubridad en los aspectos operativos de relevancia de un sistema. (San clemente & Nieto Alvarado, 2010)

Sin duda el principal el objetivo de las empresas dedicadas a brindar un servicio de energía eléctrica es de garantizar la continuidad del servicio de manera confiable y de calidad. Los sistemas eléctricos son propensos a realizar sus funciones en condiciones desfavorables y por ende pueden sufrir fallas en un determinado momento de naturaleza mecánica, eléctrica u otra.

Para afrontar estas condiciones las empresas invierten grandes cantidades económicas en equipos de control, medición, monitoreo, entre otros. Por lo mencionado anteriormente si llegase a ocurrir algún tipo de falla, representaría para las empresas también grandes pérdidas económicas.

En Ecuador, el proceso de cambio de la Matriz Energética Nacional se identifica con el deseo de cumplir con el objetivo de brindar un servicio continuo, confiable y de calidad, por lo cual todas las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras de energía eléctrica deberán contar necesariamente con modelos de gestión de mantenimiento para dichos equipos y elementos del sistema que son propensos a fallas. (Francisco & Ochoa, 2008)

En los treinta últimos años el tema mantenimiento ha evolucionado más que cualquier otra disciplina gerencial, se le ha dejado de ver como un gasto para apreciarlo ahora como una inversión. El aumento de la población

conlleva a tener a las empresas de generación, transmisión y distribución una mayor demanda de su producto para utilizarlo en el ámbito residencial, comercial e industrial. Por tanto, se construyen constantemente empresas de las antes mencionadas y he aquí la necesidad de realizar un correcto mantenimiento a sus instalaciones para garantizar la calidad del servicio. (Martínez, 2010)

Es evidente la importancia de un modelo de gestión de mantenimiento en las subestaciones y líneas de subtransmisión de CNEL EP., con esto se evitaría determinadas fallas para minimizar tiempos muertos en lo referente a producción y así satisfacer las necesidades de sus clientes.

Este trabajo tiene como objetivo general: Presentar un modelo de gestión de mantenimiento para las subestaciones y líneas de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

## METODOLOGÍA

En el proceso del proyecto se utilizan los datos brindados por el departamento de subestaciones. Los mismos se analizan y sintetizan y se realizan inducciones y deducciones.

## DESARROLLO

Lo primero a realizar, fue determinar el estado actual de los planes de mantenimiento e infraestructura de las subestaciones y líneas de subtransmisión de CNEL EP Unidad de negocio Esmeraldas, lo que evidenció

problemas en este sentido.

En segundo lugar, se establece el banco de tareas para cada tipo de mantenimiento a realizar. Para poder brindar un servicio continuo de energía eléctrica, ya que, hay que tener un plan de mantenimiento muy bien estructurado puesto que, el objetivo es la operación ininterrumpida del sistema de subtransmisión. Por esta razón se puede deducir lo protagónico de un mantenimiento adecuado.

A continuación, se detallan los bancos de tareas y normas en las cuales se amparan los distintos tipos de mantenimientos. Se utilizan las abreviaciones: A = Anual, Semestral = SM, Mensual = M, CR = Cada que se requiera.

**Tabla 1** Banco de tareas para mantenimiento predictivo en transformadores de potencia.

<i>Tabla 1 Banco de tareas para mantenimiento predictivo en transformadores de potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Factor de potencia al aislamiento de devanados	A
2	Relación de transformación	A
3	Resistencia de aislamiento en devanados	A
4	Termografía	A
5	Collar caliente a boquillas de alta tensión	A
6	Prueba de aislamiento de los devanados	A
7	Prueba Rigidez dieléctrica Aceite Transformadores	A
8	Medición y análisis de carga del transformador	A
9	Medición de la resistencia óhmica de los devanados	A
10	Medidas del nivel de ruido	A
11	Pruebas de Factor de potencia, rigidez dieléctrica, Resistividad, Coloración y acidez al aceite aislante	A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>



**Tabla 2** Banco de tareas para mantenimiento predictivo en interruptores de potencia.

<b>Banco de tareas para Interruptores de Potencia.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Tiempo de Operación	A
2	Medida de Desplazamiento	2 A
3	Resistencia de Aislamiento	2 A
4	Consumo y Resistencia de Bobinas de Cierre y Apertura	2 A
5	Medida de Sobre alcance y Rebote	2 A
6	Factor de potencia	2 A
7	Consumo y Resistencia del motor	2 A
8	Sincronismo de apertura y cierre	2 A
9	Prueba de simultaneidad de polos al cierre a la apertura	2 A
10	Termografía	2 A
11	Medida de velocidad y desplazamiento, de indicación del estado del accionamiento mecánico	2 A
12	Medida de resistencia de contacto dinámica	2 A
13	Medida del punto de rocío, está asociado al grado de pureza del SF6 en cuanto a su contaminación	M
14	Análisis químico de subproductos de la descomposición del gas SF6	M
15	Análisis de propiedades eléctricas y físicas del gas, similar a los ensayos al aceite de transformadores. Humedad y rigidez dieléctrica	2 A
16	Collar caliente a boquillas	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 3** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en Seccionadores de Potencia.

<b>Banco de tareas para Seccionadores de Potencia.</b>		<b>Frecuencia.</b>
1	Pruebas de Aislamiento	A
2	Prueba de resistencia de contactos	A
3	Verificación de cierre total y apertura total	A
4	Consumo y Resistencia de Bobinas de Cierre y Apertura	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 4** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo de Transformadores de Corriente.

<b>Banco de tareas para Transformadores de Corriente.</b>		<b>Frecuencia.</b>
1	Factor de Potencia	2 A
2	Verificación Resistencia de devanados	2 A
3	Pruebas de Aislamiento	2 A
4	Verificación de la relación de transformación y polaridad	2 A
5	Curvas de saturación	2 A
6	Curva de Magnetización	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 5** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en Transformadores de Potencial.

<b>Banco de tareas para Transformadores de Potencial o Tensión.</b>		<b>Frecuencia.</b>
1	Pruebas de Aislamiento.	2 A
2	Verificación de la relación de transformación y polaridad.	2 A

3	Curvas de saturación.	2 A
4	Curva de Magnetización.	2 A
5	Factor de Potencia.	2 A
6	Verificación Resistencia de devanados.	2 A
7	Relación de Transformación	A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 6** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo a los Pararrayos.

<i>Banco de tareas para los Pararrayos.</i>		<i>Frecuencia.</i>
1	Factor de Potencia.	2 A
2	Pruebas de aislamiento.	2 A
3	Prueba de corriente de fuga.	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 7** Banco de Tareas para Mantenimiento Predictivo en el Sistema de Puesta a Tierra.

<i>Banco de Tareas para el Sistema de Puesta a Tierra.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Medida de tensiones de paso y contacto.	2 A
2	Medida de la resistencia de puesta a tierra.	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 8** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en Barrajes, Cables desnudos y conectores de alta.

<i>Banco de tareas para Barrajes, Cables desnudos y Conectores de alta.</i>		<i>Frecuencia.</i>
1	Termografía.	2 A
2	Pruebas de aislamiento.	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 9** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en Celdas de alto voltaje.

<i>Banco de tareas para Celdas de alto voltaje.</i>		<i>Frecuencia.</i>
1	Pruebas de aislamiento al barraje.	A
2	Pruebas a los interruptores.	A
3	Termografía.	SM
4	Curva de Magnetización.	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 10** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo de Relés de Protecciones.

<i>Banco de tareas para Relés de Protecciones.</i>		<i>Frecuencia.</i>
1	Comprobación de disparos y alarmas.	M
2	Verificar ajuste de conexiones.	A
3	Calibración de corrientes y de tiempos.	2 A
4	Pruebas dieléctricas.	A
5	Termografía.	2 A

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 11** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en los Bancos de Baterías.

<i>Banco de tareas para los Bancos de Baterías.</i>		<i>Frecuencia.</i>
1	Pruebas de densidad.	2 M
2	Pruebas de temperatura.	2 M

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 12** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Transformadores de Potencia.

<i>Banco de tareas para Transformadores de Potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Verificar niveles de aceite en el conservador, bushings, y tanque (si lo hay).	M
2	Verificar los bushings y terminales.	M
3	Verificar las lecturas de los medidores de temperatura.	M
4	Verificar existencia de fugas de aceites.	M
5	Verificar la operación de ventiladores y pruebas de funcionamiento.	M
6	Verificar la operación de calefactores.	M
7	Coger fallas de pintura.	A
8	Verificar coloración del silicagel.	M
9	Verificar ruidos anormales.	M
10	Chequeo de conexión a tierra.	SM
11	Limpiar la porcelana de los bushings.	A
12	Verificar el ajuste de los terminales de los bushings y conexionado.	A
13	Verificar el ajuste mecánico total del transformador.	A
14	Realizar una prueba dieléctrica del aceite aislante.	SM
15	Pruebas del factor de potencia del aceite.	A

16	Pruebas del factor de potencia de devanados.	A
17	Medición de resistencia de aislamiento devanados y pruebas de absorción dieléctrica.	A
18	Medición de resistencia de aislamiento de los motores del sistema de enfriamiento.	A
19	Pruebas de protección por elevación de temperatura.	A
20	Pruebas de funcionamiento de la válvula de explosión.	A
21	Pruebas químicas de acidez, tensión interfacial, contenido de humedad.	CR
22	Renovación o cambio del Silicagel.	A
<b>Mando a motor.</b>		
23	Revisar operación de calefactores.	M
24	Verificar ausencia de humedad en el gabinete.	M
25	Verificar el estado de dispositivos.	M
26	Chequear el nivel de aceite en el reductor principal.	M
27	Medición de resistencia de aislamiento del motor.	2 A
<b>Regulador automático de voltaje (A.V.R.).</b>		
28	Verificar el estado del AVR, dispositivos, ausencia de humedad en el gabinete.	M
29	Verificación de voltajes de prueba.	SM
<b>Cambiador de Taps bajo carga.</b>		
30	Verificar el nivel de aceite.	M
31	Controlar la estanqueidad de la tapa del regulador.	M
32	Tomar lecturas del manómetro del filtro de aceite y verificar que no sea mayor que cuatro bares.	A
33	Revisar operación de resistencia de calefacción.	M
34	Medición de resistencia de aislamiento del motor del filtro.	2A
35	Observar fugas de aceite.	M
36	Inspección visual del mecanismo, posición del tap y pruebas de operación.	SM
37	Registrar la lectura del contador.	M
38	Realizar una prueba dieléctrica del aceite.	A
39	Verificar los lubricantes de los engranajes.	A

40	Operar el LTC a pleno rango de Taps, observar el mecanismo, el indicador de taps y fines de carrera.	A
41	Verificar el ajuste del conexionado.	A
42	Realizar una prueba de pérdidas dieléctricas en el aceite.	A
<b>Relé Buchholz</b>		
43	Verificar que el relé este lleno de aceite.	M
44	Realizar pruebas de operación.	A
45	Verificar estanqueidad del relé.	A
<b>Relé de Presión</b>		
46	Verificar el estado del relé, pruebas de operación y ausencia de humedad.	A
47	Verificar estanqueidad del relé.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 13** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Interruptores de Potencia.

<b>Banco de tareas para Interruptores de Potencia.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Verificar niveles de aceite en el tanque y bushings.	M
2	Inspección visual del gabinete de control y alrededores.	M
3	Verificar la correcta operación de calefactores.	M
4	Efectuar una prueba de operación (recomendado).	A
5	Efectuar una prueba dieléctrica del aceite aislante y factor de potencia.	A
6	Verificar la operación del contador y registros de lecturas.	A
7	Chequeo de bushings y limpieza.	A
8	Realizar una prueba de carbón si la apariencia del aceite es dudosa, pruebas químicas de acidez, tensión interfacial y humedad.	CR
9	Revisar el motor de operación del comando del interruptor.	A

10	Verificar el ajuste mecánico de los componentes del gabinete de control.	A
11	Revisar el switch auxiliar y contactores.	A
12	Lubricar el mecanismo en los sitios necesarios.	A
13	Pruebas de tiempo de cierre y apertura.	2 A
14	Medición de resistencia de contactos y revisión de los mismos.	A
15	Realizar pruebas por protección.	A
16	Pruebas de factor de potencia totales.	2 A
17	Coger fallas de pintura.	A
18	Revisión de contactos y cámara de extinción de arco.	5 A
<b>SF6</b>		
19	Observar la presión del aire y posibles fugas, chequear la operación del compresor.	M
20	Drenar el agua en el reservorio de aire.	SEMANTAL
21	Chequear la operación del compresor, observar ruidos anormales y la condición de las correas y niveles de aceite.	M
22	<b>Inspección visual y verificación de calefactores del gabinete de control.</b>	<b>M</b>
23	Cambio de aceite del compresor (a las 200 horas de operación).	5 A
24	Chequear el contador de operaciones.	A
25	Inspección y engrase del mecanismo de trabajo.	A
26	Revisar contactores, switches auxiliares, contactos auxiliares y conexionado.	A
27	Pruebas de resistencia de aislamiento de bushings.	A
28	Medición de resistencia de contactos.	A
29	Chequear bushings y limpiarlos.	A
30	Realizar unas pruebas de operación local, remoto y por protección (eléctricas, aire y gas).	A
31	Pruebas de factor de potencia.	2 A
32	Pruebas de tiempo de cierre y apertura.	2 A
33	Verificar hermeticidad de gas (SF6).	M
34	Verificar el consumo de aires en aperturas.	A

35	Revisión de contactos y de la Unidad de ruptura.	CR
36	Medición de la resistencia de aislamiento del motor del compresor.	A
37	Registro del tiempo de funcionamiento continuo del compresor (límite inferior al límite superior).	A
38	Pruebas de operación de la válvula de seguridad.	A
39	Verificar fugas de aceite del amortiguador.	M
38	Realizar una prueba dieléctrica del aceite.	A
39	Verificar los lubricantes de los engranajes.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 14** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Seccionadores de Potencia.

<i>Banco de tareas Seccionadores de Potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Verificar visualmente la posición de las cuchillas y estado de aisladores.	M
2	Verificar el mecanismo del motor.	M
3	Verificar la operación de los calefactores.	M
4	Realizar una operación eléctrica y una manual.	A
5	Operar manualmente y chequear el aislamiento de contactos, ranuras, topes, facilidad de operación, presión de contactos, cable trenzado.	A
6	Chequear los contactos para detectar desgaste de la capa de plata y chisporroteo.	A
7	Limpiar los contactos y lubricarlos.	A
8	Verificar el ajuste de tornillos, pernos, tuercas, pasadores, etc.	A
9	Chequear los cuerpos de arcos o anillos equipotenciales y limpiar materiales desgaste.	A
10	Inspeccionar y lubricar partes móviles.	A
11	Verificar la puesta a tierra y observar algún daño.	A
12	Limpieza de aisladores y coger fallas de pintura.	A
<i>Mecanismo del motor.</i>		

13	Revisión y limpieza de contactos auxiliares, circuitos del motor y fusibles.	A
14	Chequear el conexionado y su ajuste.	A
15	Inspeccionar y lubricar partes móviles.	A
16	Inspeccionar el conmutador del motor y boquillas.	A
17	Chequear la operación correcta de seguros o interbloques.	A
18	Medición de resistencia de aislamiento del motor.	A
19	Medición de la resistencia de contactos.	A
20	Medición, limpieza y lubricación del sistema de puesta a tierra.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 15** Banco de Tareas para Mantenimiento Preventivo en Transformadores de Potencial o Tensión

<i>Banco de Tareas para Transformadores de Potencial o Tensión.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Realizar una inspección visual de los bushings, tanques, niveles de aceite, estructuras y puesta a tierra.	M
2	Chequear la porcelana y observar despostillados, rajaduras, cementación y limpieza.	A
3	Chequear tubería, accesorios, conexionado y fusibles.	A
4	Pruebas del factor de potencia.	2 A
5	Pruebas de resistencia de aislamiento.	A
6	Coger fallas de pintura.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 17** Banco de Tareas para Mantenimiento Preventivo a Pararrayos.

<i>Banco de tareas para los Pararrayos.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Inspección visual del estado, conexionado, porcelana, contactor, etc.	M

2	Chequear las conexiones de líneas y puesta a tierra.	M
3	Chequear estado de porcelana y limpieza.	A
4	Verificar el ajuste de anillos equipotenciales, conexiones aéreas y puesta a tierra.	A
5	Medición de la resistencia de aislamiento.	A
6	Pruebas de factor de potencia.	2 A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 18** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Barrajes, estructuras y puesta a tierra.

<i>Banco de tareas para Barrajes, estructuras y puesta a tierra.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Chequeo de aisladores, barras, conexionado aéreo, cable de guarda, estructuras.	A
2	Medir resistencia de aislamiento.	A
3	Chequeo de las conexiones de puesta a tierra, estructuras, cerramientos, puertas.	A
4	Verificar por muestreo la conexión de puesta a tierra a la maya de tierra.	2 A
5	Realizar pruebas de medición de resistencia de tierra a la maya de tierra.	2 A
6	Realizar pruebas de termovisión.	2 A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 19** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo de Bancos de Capacitores.

<i>Banco de tareas para Banco de Capacitores.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Realizar una inspección visual de los bushings, tanque, niveles de aceite, estructuras y puesta a tierra.	M
2	Chequear la porcelana y observar despostillados, rajaduras, cementación y limpieza.	A

3	Chequear tuberías, accesorios, conexionado y fusibles.	A
4	Pruebas del factor de potencia.	2 A
5	Pruebas de resistencia de aislamiento.	A
6	Medir la corriente del neutro.	A
7	Limpieza de porcelanas, tanques, fusibles, chequeo de ajuste.	3 A
8	Coger fallas de pintura.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 20** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Transformadores para Servicios Auxiliares.

<i>Banco de tareas a Transformadores para Servicios Auxiliares.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Verificar el estado de bushings y accesorios.	M
2	Inspección del transformador, limpieza y ajuste del conexionado.	A
3	Pruebas dieléctricas del aceite.	A
4	Medición de resistencia de aislamiento.	A
5	Coger fallas de pintura.	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 21** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo en Cables y Ductos.

<i>Banco de tareas a Transformadores para Servicios Auxiliares.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Chequear la condición de los cables en canaletas, ductos, pozos de revisión (roturas, corrosión, señales de calentamiento, etc.).	A
2	Inspeccionar la cubierta de los cables en las curvaturas de las canaletas.	A

3	Chequear que las canaletas, ductos y pozos de revisión estén sin basura, polvo, humedad, verificar que los drenajes estén limpios.	A
---	--	---

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 22** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Tableros Dúplex (Protección, control y medición).

<b>Banco de tareas para Tableros Dúplex (Protección, control y medición).</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Inspección visual del estado de instrumentos de medición, protección, de control, señalización (ruidos anormales, vibraciones, etc.).	M
2	Inspección del conexionado y ajuste.	A
3	Verificación de estado de cuadros de alarmas y bocinas.	M
4	Calibración de instrumentos de medición.	2 A
5	Verificar el estado de fusibles, contactores, térmicos, manillas de operación, selectores.	A
6	Mantenimiento preventivo de relés.	A
7	Limpieza general de tableros.	M

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 23** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo a Tableros de Servicios Auxiliares (C.A. y C.C.) Cargadores de Baterías.

<b>Banco de Tareas para Baterías.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Verificar que el voltaje D.C. este dentro del rango normal.	M
2	Verificar que la lectura del amperímetro del cargador este dentro de los límites normales.	M
3	Registrar la densidad, voltaje y temperatura de la celda piloto.	M

4	Control de temperatura y densidad del banco (cada celda).	SM
5	Verificar los niveles de electrolito y añadir agua destilada si es necesario.	M
6	Aplicar una carga igualadora por el tiempo que recomienda el fabricante.	A
7	Verificar el estado de las placas de las baterías.	M
8	Efectuar la limpieza de las cubetas.	A
9	Limpieza de conexiones y cubrirlas con vaselina u otro lubricante apropiado.	A
10	Inspeccionar y reparar rajaduras de las cubetas.	CR
11	Verificar la precisión de los instrumentos.	A
12	Con el cargador desconectado, operar equipos para prueba con servicio de emergencia de baterías.	A
13	Verificar la operación de las alarmas (bajo voltaje).	A

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 25** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en el Sistema de Aire Acondicionado.

<b>Banco de tareas para Sistema de Aire Acondicionado.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Chequear los motores para detectar polvo, agua, limallas, limpieza y buen funcionamiento.	M
2	Chequear lubricación en rodamientos, preferible con el motor parado.	A
3	Medición de la resistencia de aislamiento de los bobinados.	A
4	Con el motor en operación observar su comportamiento, aceleración, ruidos inusuales, vibración, chisporroteo, humedad.	M
5	Inspeccionar acoplamiento, cadenas, observar alineación, vibración, ruido.	M
6	Chequear calefactores.	M

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

**Tabla 26** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en Transformadores de Potencia.

<i>Banco de tareas para Transformadores de Potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de radiadores averiados.	CR
2	Cambio de bujes averiados.	CR
3	Cambio de ventiladores.	CR
4	Cambio del regulador.	CR
5	Cambio del aceite.	CR
6	Cambio del Transformador de potencia.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 27** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo de Interruptores de Potencia.

<i>Banco de tareas para Interruptores de Potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de contactos de potencia Fijo y Móvil.	CR
2	Cambio del SF6.	CR
3	Cambio del mecanismo de operación.	CR
4	Cambio del Interruptor de Potencia.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 28** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo de Seccionadores de Potencia.

<i>Banco de tareas para Seccionadores de Potencia.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de contactos.	CR
2	Cambio del mecanismo de operación.	CR
3	Cambio de Brazos de corriente.	CR

4	Cambio de aisladores soporte.	CR
5	Cambio de sistema de engranaje.	CR
6	Cambio del Seccionador de Potencia.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 29** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a Transformadores de Corriente.

<i>Banco de tareas para Transformadores de Corriente.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio del Aceite.	CR
2	Cambio del Transformador de Corriente.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 30** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a Transformadores de Potencial o de Tensión.

<i>Banco de tareas para Transformadores de Potencial o de Tensión.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio del Aceite.	CR
2	Cambio del Transformador de Potencial o Tensión.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 31** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a los Pararrayos.

<i>Banco de tareas para los Pararrayos.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de Pararrayo.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>



**Tabla 32** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a la Malla de Puesta a Tierra.

<i>Banco de tareas para Malla de Puesta a Tierra.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio o refuerzo del conductor de la malla y de las colas.	CR
2	Cambio de las conexiones.	CR
3	Reposición de gravilla.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 33** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a Barrajes y conectores.

<i>Banco de tareas para Barrajes y conectores.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio del conductor o del barraje tubular.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 34** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a Tableros de control, medidas y protecciones.

<i>Banco de tareas para Tableros de control, medidas y protecciones.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de borneras.	CR
2	Cambio del tablero.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 35** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en Celdas de alto voltaje.

<i>Banco de tareas para Celdas de alto voltaje.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de Interruptor de potencia.	CR
2	Cambio de borneras.	CR
3	Cambio de aisladores soporte.	CR
4	Cambio de la Celda.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 36** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo a los Bancos de Baterías.

<i>Banco de tareas para Celdas de alto voltaje.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de Interruptor de potencia.	CR

Fuente: <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-A-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-SUBESTACIONES.pdf>

**Tabla 37** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en las Estructuras.

<i>Banco de tareas para las Estructuras.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Inspección visual sobre la condición de las fundaciones y terreno alrededor de las torres, tales como suelos dispersivos, falla de talud ante eventos sísmicos y erosión del terreno.	A
2	Inspección visual para determinar en las estructuras la existencia de elementos y tornillos dañados, pérdida del galvanizado, manchas de oxidación, surgimiento de burbujas y escamas, expansión y pérdida de su sección.	A

Fuente: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1064/6213192G984.pdf?sequence=1>

**Tabla 38** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo en los Aislamientos.

<i>Banco de tareas para los aislamientos.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Inspección termográfica.	A
2	Localización de descargas parciales.	A
3	Inspección visual para detectar la existencia sobre el material aislante líneas de fugas estrechas de forma continua o discontinua y líneas de fugas anchas y continuas.	A
4	Inspección visual para detectar la existencia sobre el material aislante líneas de fugas anchas y continuas.	A
5	Inspección visual para detectar en el caso de aisladores de porcelana, la existencia de rotura o agrietamiento en la superficie aislante.	A
6	Inspección visual para detectar en el caso de aisladores de vidrio la carencia de la parte aislante.	A
7	Inspección visual del elemento metálico para determinar la existencia de pérdida del galvanizado, manchas de oxidación, surgimiento de burbujas y escamas, expansión y pérdida de su sección.	A

Fuente: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1064/6213192G984.pdf?sequence=1>

**Tabla 39** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo a los cables conductores.

<i>Banco de tareas para los cables conductores.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Inspección termográfica.	A
2	Inspección visual para detectar la existencia en el conductor líneas de fugas estrechas de forma continua o discontinua y líneas de fugas anchas y continuas.	A

3	Inspección visual para detectar la existencia en el conductor líneas de fugas anchas y continuas.	A
---	---	---

**Tabla 40** Banco de tareas para Mantenimiento Predictivo de los Sistemas de Protección.

<i>Banco de tareas para los Sistemas de Protección.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Inspección termográfica.	A
2	Localización de descargas parciales.	A
3	Medida de la resistencia de puesta a tierra.	A
4	Inspección visual de todas las partes componentes del cable guarda.	A
5	Inspección visual para detectar en el caso de aisladores de porcelana, la existencia de rotura o agrietamiento en la superficie aislante.	A

Fuente: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1064/6213192G984.pdf?sequence=1>

**Tabla 41** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo de Fajas de Servidumbre.

<i>Banco de tareas en fajas de servidumbre.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Realizar rocería, poda o tala de árboles.	SM
2	Limpieza de las bases o sitios de torres.	SM
3	Verificar que no exista deforestación indiscriminada.	SM

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 42** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo en las Estructuras.

<b>Banco de tareas para las Estructuras.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Cambio o refuerzo de estructuras, o de algunos de sus elementos.	CR
2	Tratamiento de protección anticorrosiva, especialmente en las bases y señalización de estructuras.	CR
3	Realizar obras de protección como trinchos, muros de contención, gaviones, cunetas, empradizados entre otras en caso de anomalías tales como erosiones, riesgos de avalancha o derrumbe, que atenten contra la estabilidad de los sitios de la torre o de las zonas circundantes.	CR

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 43** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo en los Aislamientos.

<b>Banco de tareas para los aislamientos.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Cambio de aisladores rotos.	CR
2	Cambio de accesorios defectuosos de las cadenas de aisladores.	CR
3	Lavado de los aisladores.	A

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 44** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo en los Cables Conductores.

<b>Banco de tareas para los Cables Conductores.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Cambios de empalmes, blindajes o camisas de reparación instalados.	CR

2	Cambio de uno o varios conductores defectuosos.	CR
3	Instalación de balizas de señalización.	CR
4	Verificar conexiones flojas, rotas, fisuradas, desgastadas, deformadas o corroídas, pines faltantes que puedan generar desprendimiento del herraje con el conductor.	A

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 45** Banco de tareas para Mantenimiento Preventivo en los Sistemas de Protección.

<b>Banco de tareas para los Sistemas de Protección.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Cambio de accesorios defectuosos de cable de guarda.	CR
2	Cambio de accesorios defectuosos de puestas a tierra.	CR
3	Verificar el ajuste entre la estructura, los cables de puesta a tierra y los elementos de conexión a tierra.	A
4	Verificar las distancias entre los conductores y cables de guarda.	A

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 46** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en las Fajas de Servidumbre.

<b>Banco de tareas para la faja de servidumbre.</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Ejecución de rocería, poda o tala de árboles.	CR

Fuente: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf

**Tabla 47** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en las Estructuras.

<i>Banco de tareas para las Estructuras.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio total o parcial de estructura defectuosa.	CR
2	Corregir fallas de pintura de cualquier tipo.	CR

Fuente:[http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 48** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en los Aisladores.

<i>Banco de tareas para los aislamientos.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Cambio de cadenas de aisladores defectuosos.	CR
2	En aisladores de Polímero, realizar cambio del mismo al existir ausencia mayor al 10% de sus aletas.	CR
3	Cambio de herrajes de suspensión y retención	CR

Fuente:[http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 49** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en los Cables Conductores.

<i>Banco de tareas para los Cables Conductores.</i>		<i>Frecuencia</i>
---	--	-------------------

1	Reparación de conductor con empalme, blindaje y manguito	CR
2	Cambio de conductor con todos sus accesorios.	CR

Fuente:[http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

**Tabla 50** Banco de tareas para Mantenimiento Correctivo en los Sistemas de Protección.

<i>Banco de tareas para los Sistemas de Protección.</i>		<i>Frecuencia</i>
1	Reparación de cable de guarda con empalme y blindaje	CR
2	Mejoramiento del sistema de puesta a tierra.	CR
3	Sustitución del cable de guarda.	CR

Fuente:[http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/SECTOR%20ENERG%C3%89TICO/Guia%20para%20proyectos%20de%20transmisi%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.pdf)

Y en tercer lugar se elabora la Programación de Mantenimiento Predictivo y Preventivo que será útil para el Sistema de Subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

## CONCLUSIONES

Se realizó un modelo de gestión de mantenimiento idóneo para las subestaciones y líneas de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas, enmarcado en un cronograma de actividades listas para su ejecución.

En las visitas al Sistema de Subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas se observó que no todos los sistemas se encuentran en condiciones óptimas, lo que refleja la ausencia de un adecuado plan de mantenimiento en ellas, ya que no cumplen con todas las actividades que se deben realizar a dicho sistema.

Se pudo inferir en la importancia y la cantidad de tareas o actividades que se deben de realizar para cada equipo del sistema de subtransmisión, por ende, la Programación de Mantenimiento realizada en el presente proyecto será muy útil a CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

Se propone un cronograma de actividades que contemplan los mantenimientos adecuados para cada equipo del sistema de subtransmisión, el mismo que puede ser adaptado o modificado en base a los recursos y herramientas con los que cuenta CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANCISCO, C. J., & OCHOA, J. A. (2008). OCHCAR. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de [HTTP://MRIUC.BC.UC.EDU.VE/BITSTREAM/HANDLE/123456789/53/OCHCAR.PDF?SEQUENCE=4](http://MRIUC.BC.UC.EDU.VE/BITSTREAM/HANDLE/123456789/53/OCHCAR.PDF?SEQUENCE=4)

MARTINEZ, F. M. (2010). BENEFICIOS DE REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de [HTTP://REPOSITORIO.UIS.EDU.CO/JSPUI/BITSTREAM/123456789/7722/2/134729.PDF](http://REPOSITORIO.UIS.EDU.CO/JSPUI/BITSTREAM/123456789/7722/2/134729.PDF)

PEREZ, J. G. (2011). DESCRIPCION Y FUNCION DEL EQUIPO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de [HTTP://CDIGITAL.UV.MX/BITSTREAM/123456789/29582/1/MARPEREZYVIDALLOPEZ.PDF](http://CDIGITAL.UV.MX/BITSTREAM/123456789/29582/1/MARPEREZYVIDALLOPEZ.PDF)

SANCLEMENTE, J. P., & NIETO ALVARADO, L. G. (2010). UPS-GT000156. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de [HTTP://DSPACE.UPS.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/2119/15/UPS-GT000156.PDF](http://DSPACE.UPS.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/2119/15/UPS-GT000156.PDF). SENPLADES. (24 de Junio de 2013). Plan Buen Vivir 2013-2017. Obtenido de Políticas y lineamientos estratégicos 11.1: <http://www.planificacion.gob.ec/>

[www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com). (s.f). DICCIONARIO TECNICO MECANICO - DICCIONARIO DE MECANICA INDUSTRIAL. Obtenido de [HTTP://WWW.SOLOMANTENIMIENTO.COM/DICCIONARIO\\_MECANICO.HTM](http://WWW.SOLOMANTENIMIENTO.COM/DICCIONARIO_MECANICO.HTM)

# **PONENCIA VI**

**UTILIZACIÓN EFECTIVA DEL ENFRIADOR  
DE CATALIZADOR**

# UTILIZACIÓN EFECTIVA DEL ENFRIADOR DE CATALIZADOR

**Jairo V. Obando Perea**

vladimir.ob91@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Carlos M. Montaña Torres**

cm96478@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Rita D. Caicedo Zambrano**

ritacaicedo@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**María C. Santos Falcónez**

santoscelina97@yahoo.es

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Nixon E. Proaño Bone**

nixon\_pb0603@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Edinson E. Castro Uriarte**

ezeuriarte@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

El equipo enfriador de catalizador, es un intercambiador de calor basado en la utilización de agua fresca, que además de enfriar el catalizador regenerado, debido a la combustión del coque que se produce por la conversión

de la carga en el reactor, generará vapor de presión media. El crudo reducido generará una mayor cantidad de residuo de carbón en el regenerador, y que por ende al ser combustionado la cantidad de calor liberado será mayor. El objetivo de este trabajo es determinar la cantidad de calor que se liberará según la variación del % en peso de crudo reducido y gasóleo, y calcular la cantidad de agua que se producirá en el Catalyst Cooler al mantener el sistema Reactor-Regenerador a temperatura óptima de operación. Para ello se revisa la literatura, se determinan ecuaciones de transferencia de calor y se detallan los equipos. Se realizan los cálculos sobre la cantidad de coque que se producirá en función de la variación del porcentaje en peso de gasóleo y crudo reducido, además de calcular la cantidad de calor que se generará al combustionar el coque que está adherido al catalizador y que ingresará al regenerador para ser descoquizado y ser recirculado hacia el reactor para un nuevo proceso de conversión. Esto aprovecha energía térmica que antes se desperdiciaba provocando impactos ambientales y pérdidas económicas.

**Palabras clave:** enfriador de catalizador; energía térmica.

## ABSTRACT

The catalyst cooler equipment is a heat exchanger based on the use of fresh water, which in addition to cooling the regenerated catalyst, due to the combustion of the coke that is produced by the conversion of the charge in the reactor, will generate pressure vapor half. The reduced crude will generate a greater amount of carbon residue in the regenerator, and therefore, when combusted, the amount

of heat released will be greater. The objective of this work is to determine the amount of heat that will be released according to the variation in% by weight of reduced crude oil and gas oil, and calculate the amount of water that will be produced in the Catalyst Cooler by keeping the Reactor-Regenerator system at optimum temperature of operation. To do this, the literature is reviewed, heat transfer equations are determined and equipment is detailed. Calculations are made on the amount of coke that will be produced as a function of the variation in the weight percentage of diesel and reduced crude oil, in addition to calculating the amount of heat that will be generated by combustion of the coke that is adhered to the catalyst and that will enter the regenerator to be decoked and recirculated to the reactor for a new conversion process. This takes advantage of thermal energy that was previously wasted causing environmental impacts and economic losses.

**Keywords:** catalyst cooler; thermal energy.

## INTRODUCCIÓN

La Refinería Estatal de Esmeraldas, como empresa refinadora de petróleo, ha mantenido estándares de seguridad aceptables, y su capacidad de refinación es de 110 000 bls / día siendo así la que mayor aporta con derivados para abastecimiento interno en el Ecuador. No obstante, se precisa aumentar la producción y a su vez lograr una disminución de costos en generación de vapor.

La unidad de fraccionamiento catalítico, conocido por sus siglas en inglés como Fluid Catalyst Cracking (FCC) o en



español como Craqueo Catalítico Fluidizado, que es donde se obtienen los productos livianos de cadena corta con doble enlace (jet fuel, gasolina, LPG, nafta liviana y nafta pesada) debe ser regenerado permanentemente ya que en el reactor se produce la coquización de la superficie activa.

Esta operación se realiza en el regenerador por medio de una combustión que genera gran cantidad de energía calórica, hasta la presente esta energía se desperdicia y produce impactos ambientales. En el presente trabajo se diseña un sistema que permita aprovechar esta energía desperdiciada para utilidad en la propia REE.

El Catalyst Cooler es un equipo el cual permite retirar el exceso de calor en el regenerador debido al aumento de temperatura, para producir vapor, mediante la utilización de agua. Este equipo fue hecho expresamente para plantas que utilizan un porcentaje de crudo reducido en la carga del reactor de la unidad FCC, pero también se utiliza para introducir propileno al reactor. (Vicente, 2009) (Davison, 2011)

Los componentes de un Catalyst Cooler son:

- Una cámara de combustión orientada verticalmente.
- Una cámara de liberación situado superadyacente y por encima de la cámara de combustión y en comunicación con el mismo.
- Una sección de recogida de catalizador en la parte inferior de la cámara de desprendimiento.
- Un intercambiador de calor de carcasa y tubo de orientación vertical a distancia de las cámaras de combustión y la separación, tiene una entrada de catalizador en una porción

superior del lado de la carcasa del intercambiador de calor y una salida de catalizador en una porción inferior del lado de la carcasa del intercambiador de calor.

- Un conducto de catalizador caliente que conecta la parte de recogida de catalizador inferior de la cámara de desprendimiento con la entrada de intercambiador de calor, de tal manera que el catalizador regenerado caliente puede fluir desde la cámara de desprendimiento al intercambiador de calor.
- Un conducto de catalizador enfriado que conecta la salida de catalizador del intercambiador de calor con una porción inferior de la cámara de combustión, de tal manera que se enfrió el catalizador puede fluir desde el intercambiador de calor a la parte inferior de la cámara de combustión.
- Un conducto de entrada de gas de fluidización conectado a una porción inferior del lado de la carcasa del intercambiador de calor, de tal manera que el gas de fluidificación puede pasar en el lado de la carcasa y mantener un catalizador de lecho fluidizado en el mismo.
- Una válvula de control colocado en el conducto de entrada de gas de fluidización, y un sistema de control que comprende medios para detectar la temperatura en una ubicación seleccionada en la cámara de combustión, medios de control de temperatura que tiene un punto de consigna ajustable de conexión con los medios de detección de temperatura y el desarrollo de una señal de salida, y medios para transmitir la señal de salida a la válvula de control mediante el cual este último se ajusta sensible a la temperatura, con lo que regula el flujo de gas de fluidización en el intercambiador de calor; y los conductos de entrada y salida conectados a los tubos del intercambiador de calor, de tal manera que un fluido de enfriamiento puede fluir a través de los tubos. (USA

Patente n° 4434245, 2002)

Este trabajo presenta como objetivo: Evaluar la entalpía generada por la combustión del coque adherido en el catalizador del reactor de la unidad FCC, para aprovecharlo en la producción de vapor, mediante el equipo Catalyst Cooler.

## METODOLOGÍA

Se hacen los cálculos necesarios y se analizan los resultados.

## DESARROLLO

Los cálculos en esta investigación hacen referencia al volumen de coque que se producirá por la reacción y que consecuentemente se adherirá al catalizador limpio que se dirigirá al regenerador para combustionar el coque y de esta manera limpiar el catalizador para ser recirculado al reactor y luego ser utilizado nuevamente.

Todo este coque que se produce en el regenerador generará una mayor cantidad de calor, el cual será calculado utilizando datos operacionales como son el caudal de coque que se calculó previamente y la capacidad calorífica del coque para obtener un total de calor generado en la combustión.

Debido al calor extra generado existirá un aumento de temperatura, el cual, generaría daños al sistema reactor-regenerador, a más de causar deficiencia al momento de

la reacción entre catalizador y el hidrocarburo. Para esto es necesario calcular el volumen de agua que se requerirá ingresar al Catalyst Cooler para mantener la temperatura óptima del regenerador que está entre los 420°F.

Esto se lo logra mediante datos de carbón Conradson de los componentes de la mezcla.

Se asume que es un valor lineal la producción de coque que se tendrá en el regenerador y el cual dependerá el porcentaje de gasóleo y crudo reducido que se tenga respectivamente en la mezcla la cual varía desde el 0% al 20% en peso de crudo reducido.

Si la carga a FCC es de 231 499.4 lb / h tenemos que la generación de coque será respectivamente:

Multiplicando la carga por el carbón Conradson de los componentes de la mezcla tenemos que:

$$\{ \text{QUOTE Coque producido por gasóleo} = 0.0607\% \times 231\,499 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 140,52 \text{ lb/h} \}$$

$$\text{Coque producido por Crudo Reducido} = 18,90 \times 231 \frac{499,4 \text{ lb}}{\text{h}} = 43\,753,38 \text{ lb/h}$$

Este cálculo se realiza para determinar la cantidad de coque que se producirá al momento de reacción de la carga en el reactor y que se adherirá al catalizador utilizado para acelerar el proceso, para luego ser combustionado en el regenerador para su remoción, teniendo así los caudales de coque que se producirán independientemente para el coque y el crudo reducido.

Se toman las variaciones de los porcentajes más representativos en cuanto a los componentes de la carga, por lo cual tomaremos los siguientes: 20% gasóleo-80% crudo reducido, 90% gasóleo-10% crudo reducido y finalmente 97% gasóleo-3% crudo reducido que es el valor inicial y el cual se utilizaría sin la implementación del Catalyst Cooler en el Regenerador.

Según el porcentaje en peso de cada uno de los componentes, el coque producido por la mezcla se dará por la siguiente ecuación:

$$Coque_{mezcla} = \%wt_{gasoleo} * coque_{gasoleo} + \%wt_{crudo\ reducido} * coque_{crudo\ reducido}$$

$$\text{Teniendo así que: } \{ \text{QUOTE } \%wt_{gasoleo} \} = 80\%$$

$$\{ \text{QUOTE } \%wt_{crudo\ reducido} \} = 20\%$$

$$\{ \text{QUOTE } coque_{gasoleo} \} = 140.52 \text{ lb / h}$$

$$\{ \text{QUOTE } coque_{crudo\ reducido} \} = 43\ 753.38 \text{ lb / h}$$

Entonces la masa de coque que se tendrá en el regenerador según la variación de la composición de la carga será respectivamente:

- Mezcla 80% gasóleo, 20% Crudo Reducido.

$$coque_{mezcla(80\%-20\%)} = 80\% * 140.5201 \frac{lb}{h} + 20\% * 4\ 3753.3866 \frac{lb}{h}$$

$$coque_{mezcla} = 8\ 863.09 \text{ lb coque/h}$$

- Mezcla 90% gasóleo, 10% Crudo Reducido.

$$coque_{mezcla(90\%-10\%)} = 90\% * 140.5201 \frac{lb}{h} + 10\% * 4\ 3753.3866 \frac{lb}{h}$$

$$coque_{mezcla} = 4\ 501.81 \text{ lb coque/h}$$

- Mezcla 97% gasóleo, 3% Crudo Reducido.

$$coque_{mezcla(90\%-10\%)} = 90\% * 140.5201 \frac{lb}{h} + 10\% * 43753.3866 \frac{lb}{h}$$

$$coque_{mezcla} = 1\ 448.9 \text{ lb coque/}$$

- Mezcla 97% gasóleo, 3% Crudo Reducido.

$$coque_{mezcla(90\%-10\%)} = 90\% * 140.5201 \frac{lb}{h} + 10\% * 43753.3866 \frac{lb}{h}$$

$$coque_{mezcla} = 1\ 448.9 \text{ lb coque/}$$

En el cálculo anterior se determinó la masa de coque que se producirá respectivamente en el reactor debido a la variación del porcentaje de los componentes que conforman la mezcla.

Del documento Manual de balance de energía en la Unidad FCC de la Refinería Estatal de Esmeraldas se consta que el poder calorífico del coque es 16 500 BTU / lb-coque al tener una combustión completa de CO, este valor será constante para cada una de las masas determinadas.

Entonces para determinar los BTU's liberados al combustionar el coque se obtendría de la siguiente forma:

$$Q \text{ [BTU/h]} = \text{Poder Calórico}_{\text{coque}} \left[ \frac{\text{BTU}}{\text{lb}_{\text{coque}}} \right] * m_{\text{coque}} \left[ \frac{\text{lb}_{\text{coque}}}{\text{h}} \right]$$

Con los datos determinados anteriormente se pueden obtener los siguientes valores:

- Para la mezcla 80% gasóleo, 20% crudo reducido se tiene que:

- Para la mezcla 80% gasóleo, 20% crudo reducido se tiene que:

$$\{ \text{QUOTE } Q = 16\,500 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}_{\text{coque}}} * 8\,863,1 \text{ lb}_{\text{coque}} \}$$

$$Q = 146\,241\,041.6 \text{ [BTU]}$$

- Para la mezcla 90% gasóleo, 10% crudo reducido se tiene que:

$$Q = 16\,500 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}_{\text{coque}}} * 4\,501,81 \text{ lb}_{\text{coque}}$$

$$Q = 74\,279\,811.91 \text{ [BTU]}$$

- Y, para una mezcla de 97% gasóleo, 3% crudo reducido tenemos

$$Q = 16\,500 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}_{\text{coque}}} * 1\,448.9 \text{ lb}_{\text{coque}}$$

$$Q = 23\,906\,951.14 \text{ [BTU]}$$

Con los cálculos anteriores obtuvimos el calor que se libera en el regenerador debido a la combustión para limpiar el catalizador gastado y con coque adherido.

La cantidad de calor liberada dependerá de la masa de coque que se combustione en el regenerador, por ende, mientras mayor porcentaje de crudo reducido tengamos en la mezcla mayor calor se generará.

Sin embargo, a partir de los 23 906 951.14 [BTU] que equivale a la mezcla del 97% gasóleo y 3% crudo reducido es necesaria la utilización del Catalyst Cooler, debido a este exceso de calor produciría fallas en la regeneración y daños a los equipos debido a las altas temperaturas.

Debido a que en el Catalyst Cooler se producirá vapor de presión media, la presión de saturación del agua será de 150psi.

Es por lo que para calcular el calor total se utilizaría la siguiente ecuación:

$$H_s = 1119 * 150^{0.01267}$$

$$\{ \text{QUOTE } H_s = 1192.34 \} \text{ [BTU / lb-vapor]}$$

El valor de Hs determina la cantidad de calor que se

necesita para generar vapor de media en el Catalyst Cooler, y se calcula en base a la presión de saturación a la cual se desea generar el vapor.

Y resulta de dividir la cantidad de calor que se generará en el regenerador sobre el calor latente o de vaporización. Este valor será constante debido a que la presión no variará ya que se necesitará vapor de 150 psi (vapor de media).

Para calcular la masa de agua que ingresa al Catalyst Cooler se utiliza la siguiente ecuación:

- Para 80% gasóleo, 20% crudo reducido:

$$m_{vapor} = \frac{146\,241\,041.6 [BTU]}{1\,192.34 \left[ \frac{BTU}{lb_{agua}} \right]}$$

$$\{ QUOTE m_{vapor} = 122\,650.15 [lb\ vapor/h] \}$$

- Para 90% gasóleo, 10% crudo reducido:

$$m_{vapor} = \frac{74\,259\,811.91 [BTU]}{1\,192.34 \left[ \frac{BTU}{lb_{agua}} \right]}$$

$$m_{vapor} = 62\,297.36 [lb\ vapor/h]$$

- Para 97% gasóleo, 3% crudo reducido:

$$m_{vapor} = \frac{23\,906\,951.14 [BTU]}{1\,192.34 \left[ \frac{BTU}{lb_{agua}} \right]}$$

$$m_{vapor} = 20\,050.40 [lb\ vapor/h] \quad \text{que no varía}$$

dependiendo de las condiciones tenemos que: La masa de vapor de media presión (150 psi) que se generará en el Catalyst Cooler es igual a la masa de agua que ingresará y que se encuentra a temperatura normal.

A diferencia del volumen de vapor y de agua que si dependerán de las condiciones de presión y temperatura a la que se encuentre.

$$masa_{vapor} = masa_{agua}$$

$$80\% \text{ gasóleo, } 20\% \text{ crudo reducido} \longrightarrow \{ QUOTE m_{agua} = 122\,650.15 [lb\ agua/h] \}$$

$$90\% \text{ gasóleo, } 10\% \text{ crudo reducido} \longrightarrow \{ QUOTE m_{agua} = 62\,297.36 [lb\ agua/h] \}$$

$$97\% \text{ gasóleo, } 3\% \text{ crudo reducido} \longrightarrow \{ QUOTE m_{agua} = 20\,050.40 [lb\ agua/h] \}$$

Estos valores determinan la masa de agua que se necesita ingresar al Catalyst Cooler para estabilizar el calor y la temperatura permisible en el regenerador.

Para calcular el volumen de agua se requiere la densidad en  $\{ QUOTE \frac{lb}{m^3} \}$ , por lo que es necesario transformar los  $0,999 \{ QUOTE \frac{gr}{cm^3} \}$ .

$$0,999 \frac{gr}{cm^3} * \frac{1000cm^3}{lt} * \frac{1000lt}{m^3} * \frac{lb}{453,6gr} = 2202,38 \frac{lb}{m^3}$$

Con la densidad del agua y la masa en libras se pueden obtener los volúmenes de agua respectivamente:

$$\{ QUOTE \rho = \frac{m}{v} \}$$

Despejando tenemos que:

$$\left\{ \rho = \frac{m}{v} \right\}$$

Reemplazando los valores tenemos:

- 80% gasóleo, 20% crudo reducido

- 80% gasóleo, 20% crudo reducido

$$m = 122\,659.1 \text{ lb-agua}$$

$$\left\{ \rho = \right\} \left\{ 2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3} \right\}$$

$$v = \frac{122\,650.15 \frac{\text{lb agua}}{\text{h}}}{2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3}}$$

$$v = 55.7 \text{ m}^3 \text{ agua/h}$$

- 90% gasóleo, 10% crudo reducido

$$m = 62\,297.35 \text{ lb-agua}$$

$$\left\{ \rho = \right\} \left\{ 2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3} \right\}$$

$$v = \frac{62\,297.35 \frac{\text{lb agua}}{\text{h}}}{2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3}}$$

$$v = 28.28 \text{ m}^3 \text{ agua/h}$$

- 97% gasóleo, 3% crudo reducido

$$m = 122\,659.1 \text{ lb-agua}$$

$$\left\{ \rho = \right\} \left\{ 2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3} \right\}$$

$$v = \frac{20\,050.40 \frac{\text{lb agua}}{\text{h}}}{2\,202.38 \frac{\text{lb}}{\text{m}^3}}$$

$$v = 9.10 \text{ m}^3 \text{ agua/h}$$

El periodo de funcionamiento del Catalyst Cooler es de 8 horas, por tanto el volumen de agua deber ser multiplicado por 8.

Ya que el agua de enfriamiento es recirculada y debido a que existen pérdidas por condensación y por purgas estas se engloban en un 6 % donde el volumen de agua que se repondrá será de:

$$[472.25, 239.87, 77.20 \text{ [m}^3 \text{ /día ]}].$$

Con los volúmenes de agua calculadas se puede realizar los cálculos para determinar las dimensiones de los tanques que abastecerán al Catalyst Cooler teniendo en cuenta un volumen diario de agua y que recircula con pérdidas del 6%.

Este cálculo se hará por tanteo variando los diámetros del tanque y obteniendo la altura de la ecuación para hallar el volumen de un cilindro el cual es:

$$\text{volumen del tanque} = \pi * r^2 * h$$

Despejando h tenemos que:

$$h = \frac{\text{volumen del tanque}}{\pi * r^2}$$

Dónde: h: Altura del tanque. Y r: Radio del tanque.

Para el cálculo de las dimensiones se tomarán en cuenta valores con una mezcla de 80% de gasóleo y 20% de crudo reducido y 90% gasóleo y 10% crudo reducido, ya que con el 100% de gasóleo no es necesaria la utilización del Catalyst Cooler.

Entonces tenemos los siguientes datos:

- Para una mezcla 80% gasóleo, 20% crudo reducido:

$$\text{Volumen} = \{ \text{QUOTE } 472.25 \text{ m}^3/\text{día} \}$$

$$\Phi = 8.25 \text{ m}$$

Reemplazando los valores tenemos que:

$$h = \frac{472.25 \text{ m}^3/\text{día}}{3.141516 * 4.125^2}$$

$$h = 8.83 \text{ m}$$

- Para una mezcla 90% gasóleo, 10% crudo reducido:

$$\text{Volumen} = \{ \text{QUOTE } 239.87 \text{ m}^3/\text{día} \}$$

$$\Phi = 6.7 \text{ m}$$

$$h = \frac{239.87 \text{ m}^3/\text{día}}{3.141516 * 4.35^2}$$

$$\{ \text{QUOTE } h = \} 6.8 \text{ m}$$

- Para una mezcla 97% gasóleo, 3% crudo reducido:

$$\text{Volumen} = \{ \text{QUOTE } 77.20 \text{ m}^3/\text{día} \}$$

$$\Phi = 4.5 \text{ m}$$

$$h = \frac{77.20 \text{ m}^3/\text{día}}{3.141516 * 2.25^2}$$

$$\{ \text{QUOTE } h = \} 4.85 \text{ m}$$

## CONCLUSIONES

- Es de gran importancia para la Refinería Estatal de Esmeraldas la instalación del Catalyst Cooler en la unidad FCC debido a que significa un ahorro en lo referente a gastos en generación de vapor puesto que este equipo generará vapor a partir del exceso de calor que se libere en el regenerador.

- El vapor que se producirá en el Catalyst Cooler será circulado a todas las unidades que requieran calentamiento de los productos, es decir, impliquen transferencias de calor por medio de intercambiadores que utilicen vapor.

- Se realizaron balances de materia y energía en el

regenerador de la unidad FCC, para definir el caudal óptimo de agua [m<sup>3</sup> / día] que debe ingresar al Catalyst Cooler el cual se convertirá en vapor seco de 150 psi.

- Actualmente la carga de gasóleo al reactor de la unidad FCC contiene un 3% de crudo reducido proveniente de la destilación atmosférica. Para incrementar la producción de gasolinas se implementará una mezcla de 80% de gasóleo y 20% de crudo reducido. Esto provoca mayor coquización del catalizador y mayor calor de combustión en el regenerador, el cual será aprovechado para producir 122 650 libras de vapor por hora a 150 psi, esta energía antes se desperdiciaba

- El caudal de agua que ingresará al Catalyst Cooler será de 55.7 [m<sup>3</sup> / h] a la máxima capacidad de crudo reducido.

- Se calculó el volumen de coque que se producirá en el reactor adherido al catalizador, el cual será combustionado en el regenerador.

- Se pudo determinar que el Catalyst Cooler es necesario a partir de la utilización de un 4% hasta el 20% de crudo reducido en la mezcla de la carga de entrada a la FCC ya que en los valores del 0 al 3% el volumen de agua que se utiliza es despreciable.

- El Catalyst Cooler es un equipo que permite mantener el equilibrio térmico en el sistema Reactor-Regenerador de la unidad FCC por lo que se puede variar la cantidad de agua líquida a ingresar para producir vapor de acuerdo a la cantidad de coque adherida al catalizador en el reactor, en la producción de gasolinas.

- El caudal que ingresa al Catalyst Cooler es 55.7 [m<sup>3</sup> / h] y tras 8 horas de funcionamiento, y más el 6% de pérdidas se tiene un volumen total de agua de 472.24 [m<sup>3</sup>] que debe estar disponible para ingresar al proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Davison, G. (2011). FCC Conference. En FCC Catalyst Coolers. Munich.

UOP, H. (2002). USA Patente n° 4434245.

Vicente, P. (2009). Balance de Energía en Calderas. Caracas.



# PONENCIA VII

**SOFTWARES MATEMÁTICOS PARA EL  
APRENDIZAJE**

## **SOFTWARES MATEMÁTICOS PARA EL APRENDIZAJE**

**Karen N. Angulo Acunso**

karen\_nat\_7@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Galo E. Maldonado Ibarra**

gemi\_sistelec@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Franklin A. Ochoa González**

adolfrankch@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Franklin H. Santos Cedeño**

santosfranklin62@yahoo.es

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Wiston B. Reyes Castillo**

wistonreyescastillo@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Inés Vera Molina**

ines.vera@uleam.edu.ec

Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador

**Amira Trujillo Eljuri**

amira.trujillo@uleam.edu.ec

Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador

## RESUMEN

Los softwares utilizados para la simulación de sistemas permiten al usuario representar el fenómeno y proyectar su funcionamiento bajo variables establecidas, de igual manera los softwares matemáticos se utilizan para realizar o ilustrar problemas matemáticos, facilitando la resolución de los mismos. La incorporación de tecnología informática a la enseñanza de la Matemática la cual cubre la necesidad de poner a disposición de docentes y estudiantes nuevas herramientas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y contenidos. Ayuda a resolver problemas y lo que es más importante contribuye al desarrollo de nuevas capacidades cognitivas. Durante los años universitarios el estudiante se enfrenta a una variedad de problemas matemáticos que tienen un cierto grado de complejidad en su resolución, además de ser difíciles de comprender; por esta razón se han desarrollado un sinnúmero de programas que permiten la resolución rápida de problemas matemáticos, simulación y modelamiento matemático de fenómenos. El estudiante actual debe tener la oportunidad de desarrollar habilidades en el uso de estas herramientas para complementar su formación académica. Este trabajo tiene como objetivo mostrar los diferentes softwares matemáticos como herramientas didácticas del aprendizaje. Para ello se hace un análisis documental y se revisan los sitios web de Internet. Se describen los softwares GEOGEBRA, MATLAB, MAPLE, CALCULUS SOLVED, GEONExT, Regla y Compás C.a.R., CaRMetal.

**Palabras clave:** softwares educativos; matemáticas; herramientas didácticas.

## ABSTRACT

The softwares used for the simulation of systems allow the user to represent the phenomenon and project its operation under established variables, in the same way the mathematical softwares are used to make or illustrate mathematical problems, facilitating the resolution of them. The incorporation of computer technology to the teaching of Mathematics covers the need to make available to teachers and students new tools that facilitate the teaching and learning of concepts and contents. It helps to solve problems and what is more important contributes to develop new cognitive abilities. During the university years the student faces a variety of mathematical problems that have a certain degree of complexity in their resolution, besides being difficult to understand; for this reason, countless programs have been developed that allow quick resolution of mathematical problems, simulation and mathematical modeling of phenomena. The current student must have the opportunity to develop skills in the use of these tools to complement their academic training. The aim of this work is to show the different mathematical software as learning didactic tools. To do this, a documentary analysis is made and Internet websites are reviewed. The GEOGEBRA, MATLAB, MAPLE, CALCULUS SOLVED, GEONExT, Regla and Compás C.a.R., CaRMetal softwares are described.

**Keywords:** educational softwares; mathematics; teaching tools.

## INTRODUCCIÓN

Los softwares utilizados para la simulación de sistemas permiten al usuario representar el fenómeno y proyectar su funcionamiento bajo variables establecidas, de igual manera los softwares matemáticos son utilizados para realizar o ilustrar problemas matemáticos, facilitando la resolución de los mismos.

La incorporación de tecnología informática a la enseñanza de la Matemática cubre la necesidad de colocar a disposición de docentes y estudiantes nuevas herramientas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de conceptos al igual que contenidos, ayudando a resolver problemas y lo que es más importante contribuyendo así a desarrollar nuevas capacidades cognitivas.

De igual manera a incluir herramientas didácticas que potencialicen el proceso de enseñanza - aprendizaje dentro de su práctica pedagógica, pues es una de las premisas de todo profesional de la educación. Si bien la matemática es una ciencia “dura”, muchas veces, particularmente cuando se trata de su operatividad y técnica, aportar nuevas herramientas didácticas resultando plausible. (Mora Arroyo, 2012)

La incorporación de tecnología informática a la enseñanza de la Matemática cubre la necesidad de poner a disposición de docentes y estudiantes nuevas herramientas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y contenidos. Ayuda a resolver problemas y lo que es más importante contribuye a desarrollar nuevas capacidades cognitivas.

(Caraballo & Zulema González, 2009) Durante los años universitarios el estudiante se enfrenta a una variedad de problemas matemáticos que tienen un cierto grado de complejidad en su resolución, además de ser difíciles de comprender; por esta razón se han desarrollado un sinnúmero de programas que permiten la resolución rápida de problemas matemáticos, simulación y modelamiento en el mismo de fenómenos.

El estudiante actual debe tener la oportunidad de desarrollar habilidades en el uso de estas herramientas para complementar su formación académica. En el proceso de formación de un ingeniero es imprescindible el uso de softwares de simulación y modelamiento de fenómenos inmersos en el desarrollo de sistemas de ingeniería, por esta razón es necesario que los estudiantes y profesionales conozcan de la existencia de la variedad de programas de simulación y desarrollen habilidades en su utilización.

En la actualidad se han desarrollado diferentes softwares que permiten al estudiante y profesional resolver problemas matemáticos con mayor rapidez y eficacia, es por esta razón que se propone incentivar el uso de este tipo de programas por parte docentes de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres para que sean incluidos en su metodología de enseñanza, conduciendo a los estudiantes hacia la actualización tecnológica y aprovechamiento de las herramientas existentes en ingeniería.

La enseñanza de matemáticas depende cada vez más del uso de software como herramienta didáctica de aprendizaje, estas nuevas tecnologías permiten al docente

complementar la teoría impartida en clase con experimentos y simulaciones prácticas en las que el estudiante puede visualizar el comportamiento de fenómenos matemáticos. Este trabajo tiene como objetivo mostrar los diferentes softwares matemáticos como herramientas didácticas del aprendizaje.

## **METODOLOGÍA**

Este trabajo se basa en el análisis documental de diferentes fuentes de información que permiten el análisis y síntesis para la descripción de los softwares matemáticos

## **DESARROLLO**

Caraballo y Zulema González (2009) clasifican los Programas de Matemática Dinámica en dos categorías:

- Sistemas de Álgebra Computacional (CAS), que permiten cálculos simbólicos y numéricos, al igual que representaciones simbólicas. Por ejemplo: Maple, Mathematica, MatLab, entre otros. Dentro de los comerciales y Máxima, Sage, Euler, Octave, entre otros. En los GNUGPL.
- Sistemas de Geometría Dinámica (DGS). Estos entornos permiten la introducción directa en la ventana gráfica de objetos geométricos y la representación dinámica de los mismos. Aquí estarían Cabri, Cinderella, Regla y Compás y otros.
- En los últimos tiempos algunos programas DGS han evolucionados a una categoría a la que podemos llamar

Matemática Dinámica (MD) incorporando características de los programas CAS. Combinan las representaciones gráficas y simbólicas ofreciendo ambas al mismo tiempo. Aclaremos que no tiene la potencia de los programas CAS ya que están diseñados para la educación mientras que los otros programas están diseñados para uso profesional. Un programa MD por un lado es un sistema de geometría dinámica, permite realizar construcciones tanto con puntos, vectores, segmentos, rectas, secciones cónicas como con funciones que a posteriori pueden modificarse dinámicamente. Por otro lado, se pueden ingresar ecuaciones y coordenadas directamente, tiene la potencia de manejar sus objetos con variables vinculadas a números, vectores y puntos, permite hallar derivadas e integrales de funciones y ofrece un repertorio de comandos propios del análisis matemático, para identificar puntos singulares de una función, raíces, extremos, entre otros.

Algunas características generales de estos programas:

- Son gratuitos y de código abierto (GNU GPL).
- Están disponibles en español, incluyen la ayuda.
- Presentan foros en varios idiomas.
- Ofrecen Wikis donde se puede compartir las realizaciones propias con los demás.
- Usan la multiplataforma de Java, lo que garantiza su portabilidad a sistemas de Windows, Linux, Solaris o MacOS X.

Las realizaciones son fácilmente exportables a páginas Web mediante applets, por lo que se crean páginas dinámicas en pocos segundos.

Algunos de los softwares matemáticos importantes de utilizar son:

## GEOGEBRA

Es un software libre que vincula dinámicamente el álgebra, la geometría y el cálculo usado para la enseñanza de las matemáticas en el campo escolar. El funcionamiento de GEOGEBRA permite observar tres pantallas de diferentes perspectivas: que son de vista gráfica, algebraica y de hoja de cálculo. Los tres entornos de visualización se encuentran mutuamente vinculados de tal manera que se asimilan los cambios realizados en cada uno de ellos. Figura 1

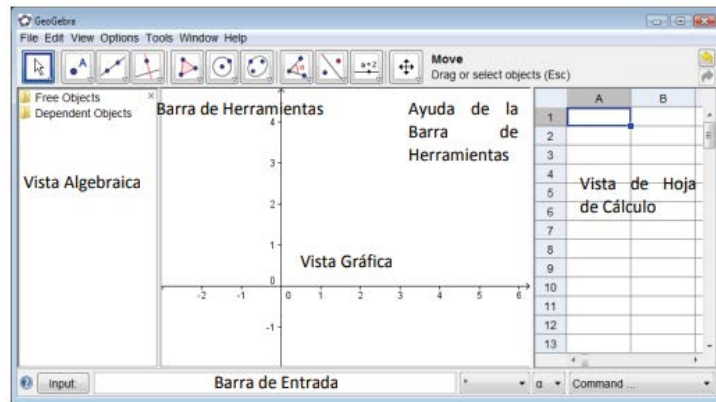


Figura 1 GEOGEBRA Fuente: <https://app.geogebra.org/help/docues.pdf>

## MATLAB SOFTWARE.

Es un simulador que proporciona un entorno interactivo que permite desarrollar algoritmos o crear modelos matemáticos. Combina el entorno de escritorio mejorado para el análisis iterativo y procesos de diseño mediante lenguajes de programación de modelos matemáticos en forma de matrices. Su utilización no solo se limita al plano estudiantil, frecuentemente es usado en el desarrollo de modelos matemáticos en el campo industrial en el análisis

de datos y funcionamiento de dispositivos. (Figura 2)

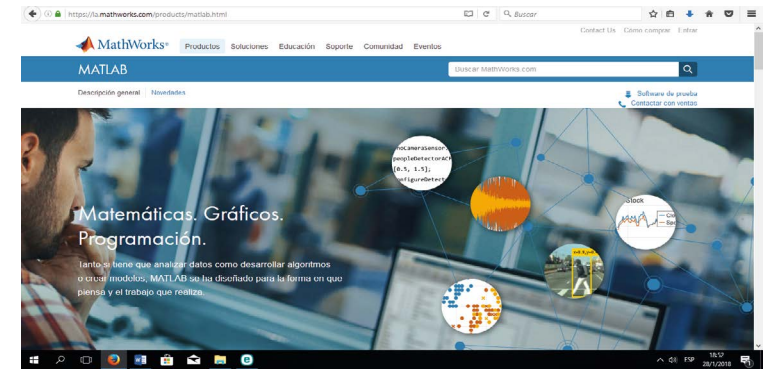
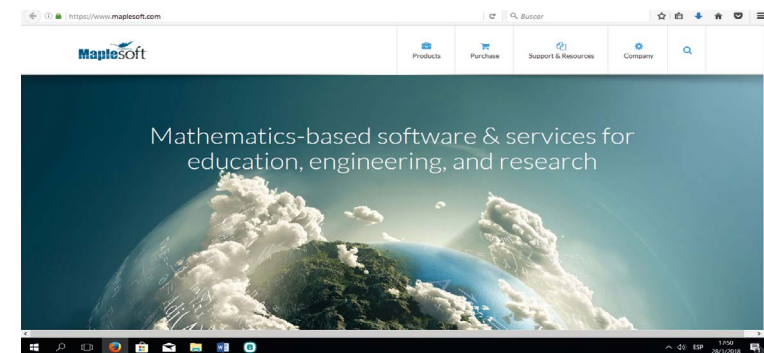


Figura 2 MATLAB Fuente: <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>

## MAPLE

Es un software de modelación matemática que permite la solución rápida en los problemas matemáticos académicos y de ingeniería. Contiene una variedad de herramientas que permiten ejecutar comandos de acuerdo a la aplicación que se requiera realizar. Un software cognitivo que permite contribuir en el desarrollo de habilidades de pensamiento. Figura 3



## CALCULUS SOLVED

Herramienta de programación que permite realizar el cálculo de integradas y derivadas, pilares fundamentales en el aprendizaje de un estudiante de ingeniería. Figura 4.

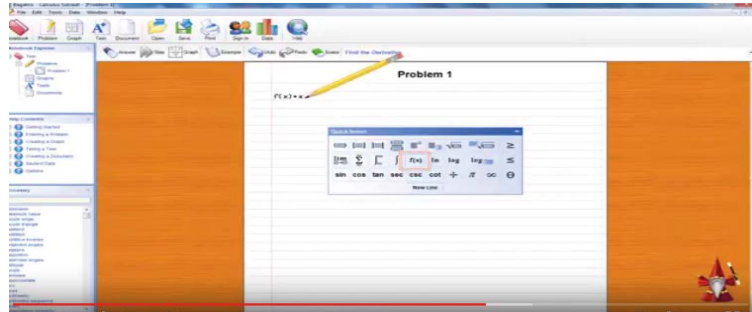


Figura 4 Calculus Solved

## GEONEXT

Establece nuevas formas de enseñar y aprender Matemática. Ofrece oportunidades de visualización, que no podrían realizarse sobre el papel o pizarrón y con las herramientas de construcción tradicionales. Posibilita el aprendizaje autónomo y cooperativo de la Matemática en el aula. Favorece el descubrimiento activo, acerca al pensamiento matemático. Puede ser usado gratuitamente en la escuela y en el hogar. Por lo tanto, puede ser proporcionado a los alumnos sin problemas de derecho de autor. Puede ser usado desde la escuela elemental, en la enseñanza media, hasta en los primeros cursos de educación superior al igual que en la universidad de múltiples formas. Actúa como una herramienta para crear construcciones geométricas, comparado con las construcciones en papel, los objetos geométricos pueden ser cambiados y variados dinámicamente. Figura 5

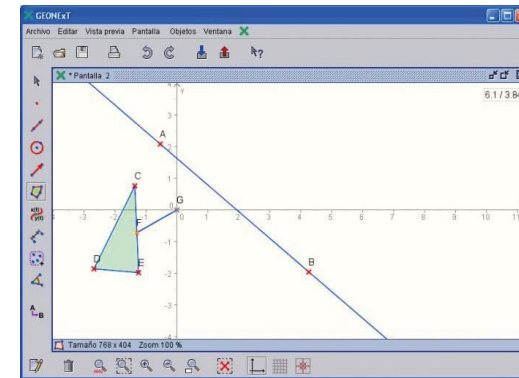


Figura 5 GEONExT

## Regla y Compás C.a.R.

C.a.R. (Compass and Ruler o también Construct and Rule) fue un programa de geometría dinámica desarrollado por Grothmann a partir del año 1989. La construcción se basa en algoritmos potentes y fiables para manejar los objetos y las relaciones geométricas entre ellos, lo que permite elaborar construcciones geométricas muy complejas. Las prestaciones de este programa son muy numerosas. La posibilidad, en las últimas versiones, de manejar funciones y otros objetos hacen que C.a.R. pueda ser considerado, más allá de la geometría dinámica, como un programa de matemática dinámica, es por esto la doble interpretación de las iniciales (Regla y Compás o también Reglas y Construcciones) Figura 6

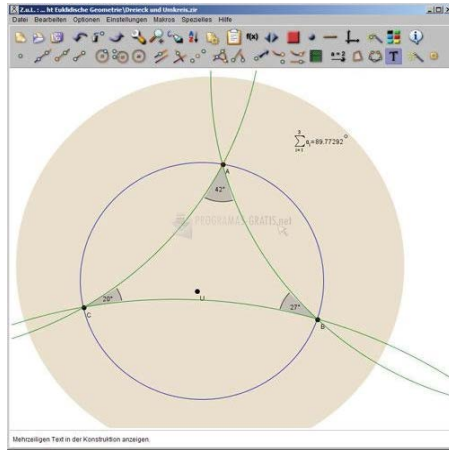


Figura 6 Regla y Compás o también Reglas y Construcciones

### CaRMetal

Es una reestructuración de Regla y Compás. El programa CaRMetal deriva de C.a.R. recogiendo todas -o casi todas- sus prestaciones proponiendo una aproximación diferente desde el punto de vista de la interface gráfica. No se trata de un simple maquillaje de la aplicación - lo que en sí tendría poco interés - sino de un cambio importante en la forma de acceder a las prestaciones. Esta nueva interface proporciona un acceso directo y efectos inmediatos a un buen número de acciones que necesitaban en C.a.R. pasos intermedios. Las construcciones se hacen en CaRMetal con la ayuda de una paleta principal y de dos “inspectores”: uno se ocupa de la gestión de las macros y el otro se encarga de las propiedades de los objetos. Figura 7

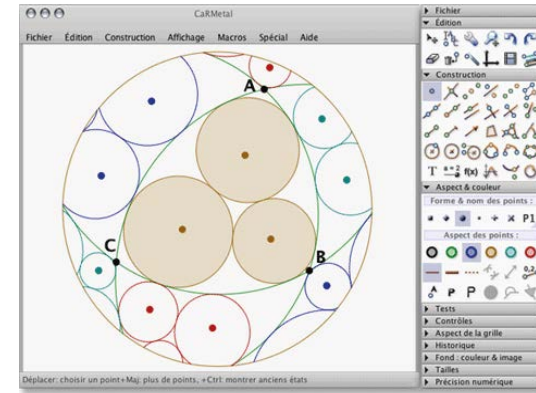


Figura 7 CaRMetal

### CONCLUSIONES

Es importante mencionar que las interfaces de estos programas son automáticas, libres y que tienen sus propios tutoriales. Pueden ser utilizados para la resolución de problemas, la modelación, entre otras aplicaciones.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caraballo, H., & Zulema González, C. Z. (2009). Herramientas para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática. Software libre. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales.

Mora Arroyo, O. (2012). Diseño de herramientas didácticas en ambientes virtuales de aprendizaje mediante unidades de aprendizaje integrado en Matemáticas. Colombia: Trabajo de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.



# **PONENCIA VIII**

## **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE COGENERACIÓN**

# PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE COGENERACIÓN

**Franklin M. Reina Quiñónez**

ingfranklinreynaq@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Paul R. Vizcaíno Valencia**

pavisva@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Mirtha L. AguilarMora**

milore322@hotmail.es

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Alvez R. Mera Mosquera**

meraromel@hotmail.es

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

El siguiente trabajo aborda las características fundamentales de las plantas de cogeneración en los procesos industriales. Para ello, presenta las conceptualizaciones de los términos vinculados al tema, de igual forma, describe el empleo de dichas plantas mediante la explicación de sus elementos estructurales, sus principales tipos y las diversas configuraciones posibles. Todo ello se realiza a través de diferentes métodos de investigación teóricos.

**Palabras clave:** plantas de cogeneración; procesos

industriales; turbinas de gas; motor de gas; turbinas de vapor.

## ABSTRACT

The following work addresses the fundamental characteristics of cogeneration plants in industrial processes. For this, it presents the conceptualizations of the terms linked to the subject, likewise, it describes the use of said plants by explaining their structural elements, their main types and the different possible configurations. All this is done through different theoretical research methods.

**Keywords:** cogeneration plants; industrial processes; gas turbines; gas engine; steam turbines.

## INTRODUCCIÓN

En todas los espacios sociales del mundo, las niñas y Los debates sobre los temas medioambientales en la Organización de Naciones Unidas y fundamentalmente en una de sus agencias especializadas, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), cobran cada día mayor auge.

¿Cómo utilizar la energía de forma eficiente? ¿Cómo aprovechar todos los recursos energéticos sin dañar la capa de ozono? La pregunta carece de una respuesta exacta, pero sí de ciertas variantes posibles.

En las industrias, son innumerables los procesos químicos y físicos que tienen lugar, lo que lleva consigo alteraciones medioambientales. Sin embargo, se han creado alternativas para que estas alteraciones sean mínimas, una de ellas son las plantas de cogeneración.

“El término cogeneración se emplea para designar la producción secuencial de energía térmica y energía eléctrica a partir de una fuente primaria de energía, estando normalmente esta producción de energía (térmica y eléctrica) ligada a un proceso Industrial, Comercial o de Servicios. Las plantas de Cogeneración producen, pues, de forma simultánea electricidad y calor para diversas aplicaciones. El atractivo fundamental de este tipo de plantas se basa en que tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas, con mínimos consumos de combustible primario y con un menor impacto ambiental”. (Energiza, s/f)

“La cogeneración se define como la producción simultánea de energía mecánica transformada en electricidad y energía térmica útil. Este proceso es eficiente porque contribuye al ahorro energético y disminuye los niveles de contaminación, convirtiéndose en una efectiva herramienta para la lucha contra el cambio climático.

Se sabe que la termodinámica obliga a la evacuación de una cierta cantidad de calor en todo proceso térmico de producción de electricidad, ya que todo el calor absorbido no puede transformarse en trabajo, y el objetivo de la cogeneración es que no se pierda esta gran cantidad de energía. Esta producción simultánea supone que puede ser utilizada simultáneamente, lo que implica proximidad

de la planta generadora a los consumos, al contrario del sistema convencional de producción de electricidad en centrales termoeléctricas independientes, donde también se desprende calor, pero este no es aprovechado y ha de ser eliminado al ambiente”. (Khellaf, 2016)

Si bien toda planta que utilice y transforme energía le resulta imposible no dañar el medio ambiente, el ser humano de cierta forma ha intentado crear vías y medios para afectar lo menos posible la capa de ozono, las plantas de cogeneración son un ejemplo de ello. “El atractivo fundamental de este tipo de plantas se basa en que tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas, con mínimos consumos de combustible primario y con un menor impacto ambiental”. (Energiza, s/f)

Este trabajo se propone como objetivo general:

- Describir las principales características de las plantas de cogeneración.

Para ello, se abordarán 4 interrogantes fundamentalmente:

- ¿Qué son las plantas de cogeneración?
- ¿Cuáles son los principales tipos de plantas de cogeneración?
- ¿Cuáles son los elementos comunes a todas las plantas de cogeneración?
- ¿Cuáles son las configuraciones posibles para las plantas de cogeneración?

## **METODOLOGÍA**

Para cumplir con ello, se utilizan diferentes métodos

teóricos:

- Revisión bibliográfica a través de diferentes palabras claves, estrategias de búsquedas, recursos de información.
- Análisis-Síntesis
- Inducción-Deducción
- Hipotético deductivo
- Histórico y lógico

## **DESARROLLO**

Según Santiago García Garrido, la cogeneración significa “producción simultánea de dos o más tipos de energía. Normalmente las energías generadas son electricidad y calor, aunque puede ser también energía mecánica y calor (y/o frío). La producción simultánea supone que puede ser utilizada simultáneamente, lo que implica proximidad de la planta generadora a los consumos, en contraposición al sistema convencional de producción de electricidad en centrales termoeléctricas independientes, donde también se desprende calor, pero éste no es aprovechado y ha de ser eliminado al ambiente”. (García, s/f)

Las normas generales de la termodinámica exigen el desecho de una cierta cantidad de energía que se transforma en calor, pues no toda se utiliza en los procesos. Precisamente el objetivo de las plantas de cogeneración es aprovechar esa energía que se desprende.

En la literatura revisada aparecen los diferentes tipos de plantas de cogeneración: (Renove Tecnología S.L, s/f)

### • COGENERACIÓN CON MOTOR DE GAS

Utilizan gas, gasóleo o fuel-oil como combustible. Son muy eficientes eléctricamente, pero son poco eficientes térmicamente. El sistema de recuperación térmica se diseña en función de los requisitos de la industria y en general se basan en la producción de vapor a baja presión (hasta 10 bares), aceite térmico y en el aprovechamiento del circuito de alta temperatura del agua de refrigeración del motor. Son también adecuadas la producción de frío por absorción, bien a través del vapor generado con los gases en máquinas de doble efecto, o utilizando directamente el calor del agua de refrigeración en máquinas de simple efecto.

Este tipo de instalaciones es conveniente para potencias bajas (hasta 15 MW) en las que la generación eléctrica es muy importante en el peso del plan de negocio. Los motores son la máquina térmica que más rendimiento tiene, pues es capaz de convertir actualmente hasta el 45% de la energía química contenida en el combustible en energía eléctrica, y se espera que en los próximos años este rendimiento aumente.

### • COGENERACIÓN CON TURBINA DE GAS

En los sistemas con turbina de gas se quema combustible en un turbogenerador. Parte de la energía se transforma en energía mecánica, que se transformará con la ayuda del alternador en energía eléctrica. Su rendimiento eléctrico es inferior al de los motores alternativos, pero presentan la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentra concentrado en su práctica totalidad en sus gases de escape, que está a una temperatura de unos 500°C, idónea para producir vapor en una caldera de

recuperación

Cuando se presenta en el denominado ciclo simple, el sistema consta de una turbina de gas y una caldera de recuperación, generándose vapor directamente a la presión de utilización en la planta de proceso asociada a la cogeneración. Su aplicación es adecuada cuando los requisitos de vapor son importantes (>10 t/h), situación que se encuentra fácilmente en numerosas industrias (alimentación, química, papelera). Son plantas de gran fiabilidad y económicamente rentables cuando están diseñadas para una aplicación determinada.

El diseño del sistema de recuperación de calor es fundamental, pues su economía está directamente ligada al mismo, ya que a diferencia de las plantas con motores alternativos el precio del calor recuperado es esencial en un ciclo simple de turbina de gas.

### • COGENERACIÓN CON TURBINA DE VAPOR

En estos sistemas, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. El uso de esta turbina fue el primero en cogeneración. Actualmente su aplicación ha quedado prácticamente limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa subproductos residuales que se generan en la industria principal a la que está asociada la planta de cogeneración.

Dependiendo de la presión de salida del vapor de la turbina se clasifican en turbinas a contrapresión, en donde esta presión está por encima de la atmosférica, y las turbinas

a condensación, en las cuales ésta está por debajo de la atmosférica y han de estar provistas de un condensador. En ambos casos se puede disponer de salidas intermedias, extracciones, haciendo posible la utilización en proceso a diferentes niveles de presión

#### • **COGENERACIÓN EN CICLO COMBINADO CON TURBINA DE GAS Y VAPOR**

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor es lo que se denomina “Ciclo Combinado”.

En el gráfico adjunto puede verse que los gases de escape de la turbina pueden tirarse a la atmósfera si no se requiere aprovechamiento térmico, a través del bypass, o pueden atravesar la caldera de recuperación, donde se produce vapor de alta presión. Este vapor puede descomprimirse en una turbina de vapor produciendo una energía eléctrica adicional. La salida de la turbina será vapor de baja presión, que puede aprovecharse como tal o condensarse en un condensador presurizado, produciendo agua caliente o agua sobrecalentada, que será utilizado en la industria asociada. Si la demanda de vapor es mayor que la que pueden proporcionar los gases de escape, puede producirse una cantidad de vapor adicional utilizando un quemador de postcombustión, introduciendo una cantidad adicional de combustible (gas natural) directamente a un quemador especial con el que cuenta la caldera. Esto puede hacerse porque los gases de escape son aun suficientemente ricos en oxígeno (en un ciclo combinado con motor alternativo no podría hacerse, ya que los gases de escape son pobres en oxígeno).

En un ciclo combinado con turbina de gas el proceso de

vapor es esencial para lograr la eficiencia del mismo. La selección de la presión y la temperatura del vapor vivo se hace en función de las turbinas de gas y vapor seleccionadas, selección que debe realizarse con criterios de eficiencia y economía. Por ello se requiere una ingeniería apropiada capaz de crear procesos adaptados al consumo de la planta industrial asociada a la cogeneración, que al mismo tiempo dispongan de gran flexibilidad que posibilite su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño.

Una variante del ciclo combinado expuesto, en el que la turbina de vapor trabaja a contrapresión (esto es, descomprime el vapor entre una presión elevada y una presión inferior, siempre superior a la atmosférica) es el ciclo combinado a condensación, en el que el aprovechamiento del calor se realiza antes de la turbina de vapor, quedando ésta como elemento final del proceso. El vapor de salida se condensa en un condensador que trabaja a presión inferior a la atmosférica, para que el salto térmico sea el mayor posible.

#### • **COGENERACIÓN CON MOTOR DE GAS Y TURBINA DE VAPOR**

En este tipo de plantas, el calor contenido en los humos de escape del motor se recupera en una caldera de recuperación, produciendo vapor que es utilizado en una turbina de vapor para producir más energía eléctrica o energía mecánica. El circuito de refrigeración de alta temperatura del motor se recupera en intercambiadores, y el calor recuperado se utiliza directamente en la industria asociada a la planta de cogeneración. El rendimiento eléctrico en esta planta es alto, mientras que el térmico disminuye considerablemente.”

A partir de las fuentes de información revisadas se puede decir que los elementos comunes en una planta de cogeneración son: (Energiza, s/f)

Fuente de energía primaria. Suele ser gas natural, gasoil o fuel oil.

1. El elemento motor. Es el elemento encargado de convertir energía térmica en mecánica. Dependiendo del tipo de planta, puede tratarse de turbinas de gas, turbinas de vapor o motores alternativos.
2. El sistema de aprovechamiento de energía mecánica. En general suele estar formado por alternador y transformadores de tensión, pero también puede tratarse de compresores, bombas, etc, donde la energía mecánica se aprovecha directamente.
3. El sistema de aprovechamiento de calor. Puede tratarse de calderas recuperadoras de calor en gases de escape, calderas convencionales, secaderos o intercambiadores de calor.
4. Sistemas de refrigeración. Una parte de la energía térmica contenida en el combustible no será aprovechada en la planta y debe ser evacuada. Las torres de refrigeración. Los aerocondensadores o los intercambiadores suelen ser elementos habituales de estos sistemas.
5. Sistema de tratamiento de agua. Tanto el sistema de refrigeración como el de aprovechamiento de calor requieren unas especificaciones en las características físico-químicas del fluido que utilizan (generalmente agua) que requiere de una serie de sistemas para su tratamiento y control.
6. Sistema de control, que se encarga del gobierno de las

instalaciones, normalmente muy automatizadas.

7. Sistema eléctrico, que permite tanto la alimentación de los equipos auxiliares de la planta, como la exportación/importación de energía eléctrica necesaria para cumplir el balance. La fiabilidad de esta instalación es muy importante, así como la posibilidad de trabajo en isla, lo que permite alimentar la fábrica en situación de deficiencia de la red externa y estar disponible inmediatamente en el momento que se restablezcan las condiciones del servicio”.

Asimismo, Khellaf (2016) plantea los siguientes elementos principales de un sistema de cogeneración:

- Turbinas de vapor, Turbinas de gas y Motores de combustión interna. Este se encarga de convertir la energía del combustible en energía mecánica, que es aprovechada para generar energía eléctrica.
  - Caldera de recuperación de calor. Su función es recuperar el calor de los gases calientes de la combustión en la turbina de gas, para producir vapor o fluidos calientes.
  - Sistemas auxiliares: Bombas, Compresores, Tratamientos de Agua, etc. Estos son los equipos secundarios con los que debe contar el sistema de cogeneración para su óptimo funcionamiento.
  - Sistema de control: Necesario para la automatización de la operación del sistema de cogeneración optimizándolo y dándole seguridad.
- Las configuraciones posibles para las plantas de cogeneración son:

1. Cogeneración superior: Es aquella en la que una fuente de energía primaria (como: gas natural, diésel, carbón, biomasa, biogás u otro combustible similar) se utiliza directamente para la cogeneración de energía (primer

escalón). A partir de la energía química del combustible se genera la energía mecánica que se transforma en electricidad. La energía térmica residual del equipo, como vapor, gases calientes o agua caliente, es suministrada a los procesos industriales ya sea para secado, cocimiento o calentamiento (segundo escalón). Este tipo de cogeneración es el más empleado.

2. Cogeneración inferior: La energía primaria se utiliza directamente para satisfacer los requerimientos térmicos del proceso del primer escalón y la energía térmica residual o de desecho, se usará para la generación de energía eléctrica en el segundo escalón. Los ciclos inferiores están asociados con procesos industriales en los que se presentan altas temperaturas (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, s/f) (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, s/f)

## CONCLUSIONES

Después de haber caracterizado las plantas de cogeneración a partir de diferentes aspectos es indispensable enfatizar en las ventajas de las mismas y como Ecuador no se queda afuera de ellas.

El proyecto de San Carlos se convirtió en el primer plan ecuatoriano de cogeneración eléctrica a partir de biomasa en lograr un registro internacional en la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como proyecto de Desarrollo Limpio MDL. Desde el 2012, como parte de su compromiso con el medioambiente, están en marcha otros tres programas:

Agricultura de precisión: consiste en la optimización del

uso del suelo mediante un manejo diferenciado de los tipos de suelo.

Optimización del Uso del Agua: mediante la mejora en los procesos, se logró disminuir el consumo del agua.

Recuperación de Aceite Usado: creación de una planta destinada al reciclaje y re-uso del aceite usado en las maquinarias y vehículos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Energiza. (s/f). Las Plantas de Cogeneración. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://www.energiza.org/puesta-en-marcha-de-instalaciones/36-las-plantas-de-cogeneracion>

García, S. (s/f). Las plantas de cogeneración. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://www.energia.renovetec.com/centrales-de-ciclo-combinado/298-plantas-de-cogeneracion>

Khellaf, S. (2016). Modelado y simulación de una planta de cogeneración mediante el simulador de procesos HYSYS. Sevilla: Proyecto de Fin de Carrera.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s/f). Cogeneración. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://www.energia.gob.ec/coogeneracion/>

Renove Tecnología S.L. (s/f). Plantas de cogeneración. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/las-plantas-de-cogeneracion>





# **PONENCIA IX**

## **IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE COGENERACIÓN**



# IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE COGENERACIÓN

**José A. Henao Espinoza**

joalhees86@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Luis F. Palacios García**

palaciosfercho@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Alejandro O. Bedoya Fuentes**

oswabedoya@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Jury A. Ramírez Toro**

pancho\_yury78@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Marco V. Navarrete Villacis**

marcoagueda.educacion.gob.ec@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Beatriz García Fortty**

lobaaula@live.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

Este trabajo aborda la relevancia de las plantas de cogeneración. En la actualidad, es importante el total aprovechamiento de los recursos energéticos y el cuidado medioambiental, dos elementos fundamentales de las mencionadas plantas. Por tal motivo, en este trabajo

se explican los campos de utilización de las plantas de cogeneración, su utilidad en los procesos industriales, así como su preeminencia en el cuidado de la capa de ozono.

**Palabras clave:** plantas de cogeneración; recursos energéticos; medioambiente; procesos industriales.

## ABSTRACT

This work addresses the relevance of cogeneration plants. At present, it is important to make full use of energy resources and environmental care, two fundamental elements of these plants. For this reason, this paper explains the fields of use of cogeneration plants, their usefulness in industrial processes, as well as their preeminence in the care of the ozone layer.

**Keywords:** cogeneration plants; energy resources; environment; industrial processes.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el completo aprovechamiento de los recursos naturales y, junto a ello, el menor daño al medio ambiente, ha tomado gran protagonismo. El mundo de hoy, víctima de los peores desastres naturales y medioambientales en la historia de la Tierra, necesita realmente respirar.

Por tal motivo, la creación de las plantas de cogeneración ha llegado como una alternativa y un excelente recurso para los países con el fin de beneficiarse de forma sana.

“El gran desarrollo industrial a nivel mundial ha generado una demanda creciente de energía, eléctrica y térmica. De hecho, para el año 2025 se estima un consumo de 23.072 Billones de kWh, casi el doble de lo que se consume actualmente. Para poder abastecer esta gran cantidad de energía, será necesario implementar nuevas y mejores estrategias energéticas. Por otro lado, las reservas de combustibles fósiles, Petróleo, Gas Natural y Carbón, no son infinitas, por lo que es necesario encontrar otras fuentes primarias de energía o generar técnicas y tecnologías que permitan un aprovechamiento más eficiente de los combustibles disponibles. La utilización de combustibles fósiles es la primera fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases contaminantes. En el mundo un 65% de la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles, 16% a partir de Energía Nuclear y solo un 19 % se genera a partir de recursos renovables, en consecuencia, la generación de electricidad es uno de los procesos más contaminantes a nivel mundial. De este análisis se concluye la necesidad de buscar métodos alternativos de generación limpia de electricidad, como lo son la energía Hidráulica y la Eólica, y tecnologías que utilicen eficientemente los combustibles fósiles, como la cogeneración, para poder reducir las emisiones”. (Khellaf, 2016)

“Las plantas de cogeneración son una alternativa inteligente para la generación eléctrica en instalaciones en las que además se requiere energía térmica. El aprovechamiento de la energía contenida en el combustible es muy alto, y puede alcanzar hasta el 85%, incluso más. Por ello, desde el año 1997 las centrales eléctricas de cogeneración de hasta 100 MW de potencia han estado primadas, de manera que en sitios donde se necesitara simultáneamente

energía eléctrica y térmica resultaran rentables este tipo de instalaciones”. (García, s/f)

“Cogeneración es el proceso de producción simultánea de energía térmica (Calor útil) y energía eléctrica y/o mecánica, que hace parte integrante de una actividad productiva destinada a procesos industriales o comerciales”. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, s/f)

La cogeneración se define como la producción de energía eléctrica y energía térmica mediante un mismo proceso de generación. Existen dos formas típicas de cogeneración, aquella en la que se opera según demanda térmica, donde la electricidad es el subproducto, y aquella en la que se opera según demanda eléctrica, donde el calor en forma de vapor es el subproducto.

Según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable: “Por lo general el calor se suministra a los procesos a través de la quema de combustibles fósiles, lo que causa gran impacto al medio ambiente. Al implantar la cogeneración, la eficiencia de sus procesos aumenta sustancialmente y además disminuye la energía eléctrica consumida de la red; y en varios casos incluso existe la venta de energía. Desde este punto de vista existe un consumo más eficiente de los recursos naturales y se genera menor impacto ambiental”. (s/f)

De igual forma, García puntualiza este aspecto: “El atractivo fundamental de este tipo de plantas se basa en que tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas, con mínimos consumos de combustible primario y con un menor impacto ambiental”. (s/f)

La cogeneración es una técnica que se utiliza desde principios de siglo XX en Estados Unidos y Europa, por lo que ha tenido suficiente tiempo como para evolucionar a las tecnologías eficientes que se utilizan actualmente.

Los sistemas de cogeneración más utilizados hoy día se basan en motores de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor. Sin embargo, gracias a los avances de la tecnología, hoy día existe en el mercado sistemas de cogeneración basados en microturbinas de gas y celdas de combustible. Dependiendo de los requerimientos de energía eléctrica y térmica que tenga un determinado proceso, se elegirá la tecnología más adecuada. Si las potencias eléctricas son relativamente pequeñas se preferirá emplear sistemas de motores de combustión interna o si los costos de inversión lo permiten, microturbinas y celdas de combustible, pero si los requerimientos de potencia eléctrica son mayores, los sistemas de turbinas de vapor o de gas denominados ciclos combinados son más adecuados. (Khellaf, 2016)

Este trabajo se propone como objetivo general:

- Abordar la importancia de las plantas de cogeneración en los procesos industriales.

Para ello se analizarán los siguientes acápite:

- Campos de utilización de las plantas de cogeneración
- Utilidad como proceso industrial
- Importancia medioambiental

## METODOLOGÍA

Para este trabajo se hace un análisis de información, poniendo la atención en los contenidos de los documentos descargados de Internet a través de los diferentes motores de búsqueda, analizando sus significados y valorando la autoridad de las fuentes.

## DESARROLLO

Los campos de utilización de las plantas de cogeneración pueden ser diversos. Se emplea en la salud, la siderúrgica, la química, turismo, textil, entre otras donde se utilice la energía eléctrica y la térmica.

En las plantas termoeléctricas tradicionales se genera una determinada energía eléctrica y se desecha otra que posee baja energía. Esta última, usualmente es emitida a través de chimeneas y formas de escape, y este proceso afecta el medio ambiente. Sin embargo, en las plantas cogenerativas se aprovecha también esta energía, supuestamente inútil.

Khellaf (2016), plantea que el principio físico que explica la cogeneración es bastante simple. “En un proceso simple de producción de energía eléctrica convencional el rendimiento energético alcanza la cifra del 33%.

Esto significa que el 67% de la energía consumida se desperdicia en forma de calor residual. Si perfeccionamos más la tecnología usada y contemplamos la generación de energía eléctrica en centrales de ciclo combinado, el rendimiento energético puede alcanzar el 84%, y la cogeneración consiste en reducir estas pérdidas utilizando

el calor residual para la industria”.

En este sentido García (s/F) explica que el proceso consiste en:

Una central termoeléctrica tradicional, transforma la energía química contenida en un combustible fósil en energía eléctrica. Normalmente se quema un combustible fósil (carbón, fuelóleo, gasóleo, gas natural) para producir una energía térmica, la cual es convertida en energía mecánica, que mediante un alternador se transforma en energía eléctrica, de alta calidad. Tradicionalmente la energía térmica se transformaba en mecánica mediante un ciclo de vapor o mediante una turbina de gas ((plantas llamadas de punta o de picos, por su facilidad para suministrar energía con rapidez en los momentos de mayor demanda). En las plantas más eficientes de este tipo el rendimiento en la producción de electricidad no supera el 45%; el resto se tira a la atmósfera en forma de gases de escape, a través de chimeneas y en los sistemas de condensación y enfriamiento del ciclo termodinámico.

La proporción de energía química convertida en energía eléctrica es baja porque la mayoría del calor se pierde al ser el calor desechado de baja temperatura, o en otras palabras, tiene poca capacidad para desarrollar un trabajo útil en una central eléctrica (baja energía).

En época reciente se ha dado un paso muy importante en el aumento del rendimiento de las centrales eléctricas con la introducción del ciclo combinado con gas natural, que consiste en el aprovechamiento del calor en dos niveles, con dos ciclos uno de gas (con turbina de gas) y otro

de vapor (con turbina de vapor). El resultado es que el rendimiento eléctrico conjunto llega al 60%.

Pero la mayoría de los procesos industriales, comerciales o de servicios requieren calor a una temperatura relativamente baja, de forma que estos procesos sí que pueden aprovechar ese calor que de otra forma se desecharía: de esta manera, estos procesos pueden simultanear la producción de electricidad y el aprovechamiento de ese calor residual.

Este diferente concepto de aprovechamiento energético es el que realizan las plantas de cogeneración, llegando a un rendimiento global que pueden oscilar entre el 75% y el 90% de la energía química contenida en el combustible.

Khellaf (2016), expone que en la tecnología de la cogeneración coexisten dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema, uno cuyo fluido de trabajo es vapor de agua y otro cuyo fluido de trabajo es un gas resultante de una combustión. Es un sistema en cadena de dos tecnologías donde la segunda aprovecha el subproducto de la primera, así un mismo combustible se aprovecha para dos procesos de generación eléctrica. Esta tecnología emplea dos tipos de turbinas, una de gas y otra de vapor, implicando termodinámicamente la unión de un ciclo Brayton (turbina de gas) y un ciclo Rankine (turbina de vapor).

Se puede decir que las ventajas de las plantas de cogeneración son disímiles. Según la literatura (Zitronenergy, s/f) estas plantas proporcionan:

- Ahorro de energía y un menor consumo de combustible.
- Generación de electricidad y agua caliente (calor) con

sólo un combustible.

- Producción de energía eléctrica más económica que la red.
- Contribuye a la sustentabilidad y ecología, reduciendo considerablemente emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Retorno de inversión entre 2 y 5 años (depende de la tecnología y combustible).

Khellaf (2016) coincide con Zitronenergy en algunas de las ventajas de la cogeneración:

- Ahorro de energía primaria: El consumo de combustible para producir un kWh eléctrico con una instalación de cogeneración es inferior al de una central térmica convencional.
- Ahorro económico, a consecuencia de lo anterior.
- Mejora medioambiental, permitiendo un desarrollo sostenible, reduciéndose las emisiones al disminuir el consumo de energía primaria.
- Elimina pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica.
- Disminuye la dependencia energética del exterior.
- Posibilita industrializar zonas alejadas de las redes de distribución eléctrica.

Por otro lado, García (s/f) plantea dos utilidades fundamentales:

- a. Se aprovechan varios tipos de energía, por lo que tiene un potencial de rendimiento mayor que una central convencional. A su vez este mayor rendimiento da origen a tres de sus mayores ventajas: menor consumo de combustible, coste de producción y menor impacto ambiental.

b. Se produce la energía donde se consume, por lo que hay menores pérdidas por transporte y aumenta la autonomía de las fábricas.

Asimismo, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (s/f) esboza seis beneficios de la cogeneración:

1. Disminución de emisiones al ambiente, principalmente de CO<sub>2</sub>, por la cantidad de combustible fósil que evita quemarse al aumentar la eficiencia de los procesos térmicos.
2. Reducción de costos e incremento de la competitividad en usuarios industriales y comerciales.
3. Al ser una forma de generación distribuida disminuye notablemente las pérdidas en el transporte de electricidad.
4. Incremento en la seguridad energética.
5. Generación de empleo.
6. Reducción de costos de disposición final de biomasas residuales y de compra de combustible.

## CONCLUSIONES

Las plantas de cogeneración tienen grandes beneficios, empezando por una disminución considerable del consumo de combustible.

Durante la operación de las plantas termoeléctricas convencionales, grandes cantidades de energía son traspasadas a la atmósfera, a través de los circuitos de enfriamiento de las máquinas o de los gases de escape. La mayor parte de esta energía calórica puede ser recuperada y utilizada para cubrir necesidades térmicas, incrementando

la eficiencia total del ciclo.

Es bueno señalar las experiencias en Ecuador en cuanto a las plantas de cogeneración y para ello se muestra la noticia publicada 13 de marzo del 2017:

“El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables- INER cumpliendo con los objetivos planteados en el proyecto “Estudio de Incremento de Eficiencia Energética en Plantas Termoeléctricas” conjuntamente con CELEC EP Termopichincha presentaron el prototipo de la Planta Piloto de Ciclo Orgánico Rankine (ORC siglas en inglés) en la Central Termoeléctrica Quevedo, ubicada en el Km. 4,5 vía a El Empalme en la ciudad de Quevedo provincia de Los Ríos, que aprovecha el calor residual producido por los motores de la central térmica, que se disipa en el ambiente como gases calientes. El calor recuperado eleva la temperatura de un fluido orgánico que tiene su punto de ebullición a menor temperatura que el agua y cuyo vapor mueve un generador que provee energía eléctrica adicional a la planta.

Con la introducción de esta tecnología se puede mejorar la eficiencia de las Centrales Termoeléctricas del país, además, puede ser utilizada en cualquier industria que tenga una demanda intensiva de energía, como las acereras, cementeras, industria de cerámica.

Para Martín Cordobéz, Director Ejecutivo encargado del INER, el éxito en la construcción de la planta de ORC representa un importante aporte para la investigación del país, pero además, constituye una alternativa real para mejorar la eficiencia energética en la industria, reduciendo

impactos ambientales por emisión de gases de efecto invernadero.

Juan Carlos López, Gerente de CELEC EP Termopichincha resaltó que, la Unidad de Negocio está empeñada en buscar la eficiencia de la energía de los combustibles y los procesos de investigación del INER para producir la mayor eficiencia energética son de mucha importancia, es así, que en la fase de cooperación, las dos instituciones con la implementación del prototipo de la planta de ORC en los motores de la Central Termoeléctrica Quevedo obtendrán una mayor eficiencia térmica en las plantas de generación.

El acto de presentación del prototipo estuvo a cargo de la Ing. Patricia Recalde, Directora Nacional de Biomasa y Cogeneración del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, quien destacó el trabajo realizado por el INER en favor de la ciencia y la investigación enfocada en el desarrollo energético del país y el compromiso de CELEC EP Termopichincha por aportar a la eficiencia energética en el sector eléctrico materializando un proyecto tan importante como la planta de ORC que redundará en beneficio de la ciudadanía.

Para el 15 de marzo de 2017 se tiene previsto realizar las pruebas finales del ORC”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García, S. (s/f). Las plantas de cogeneración. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://www.energia.renovetec.com/centrales-de-ciclo-combinado/298-plantas-de->

cogeneracion

Khellaf, S. (2016). Modelado y simulación de una planta de cogeneración mediante el simulador de procesos HYSYS. Sevilla: Proyecto de Fin de Carrera.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s/f). Cogeneración. Recuperado el 17 de febrero de 2017, de <http://www.energia.gob.ec/coogeneracion/>

Zitroneenergy. (s/f). La cogeneración como una excelente alternativa eficiente. Recuperado el 02 de febrero de 2017, de <http://zitroneenergy.com/plantas-de-cogeneracionEXCELENT>



# **PONENCIA X**

**EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO, EFICAZ  
PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

# **EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO, EFICAZ PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

**Franklin C. Reina Pérez**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Franklin M. Reina Quiñónez**

ingfranklinreynaq@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Nakira P. Valencia Ortiz**

nakypame@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Byron F. Chere Quiñónez**

cherokyfernando@hotmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## **RESUMEN**

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) es aquel que corresponde al conjunto de instalaciones los cuales permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. El mantenimiento predictivo juega cada día más un rol fundamental en los SEP. Se propone como objetivo general caracterizar el Mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos. Con el fin de cumplir dichos objetivos, se utilizó el análisis de las fuentes de información documentales. En el trabajo se conceptualiza y tipifica el mantenimiento, de igual modo explicar en

qué consiste el mantenimiento predictivo, sus ventajas, aplicaciones, técnicas y algunas estrategias a seguir para llevarlo a cabo.

**Palabras clave:** mantenimiento predictivo; sistemas eléctricos de potencia.

## ABSTRACT

An electrical power system (SEP) corresponds to the set of facilities that allow generating, transporting and distributing the electrical energy under adequate conditions of voltage, frequency and availability. Predictive maintenance plays an increasingly important role in SEPs. This paper aims to characterize the Predictive Maintenance in Electrical Systems. In order to meet these objectives, the analysis of the sources of documentary information was used. In the work is conceptualized and typified the maintenance. It explains what the predictive maintenance, its advantages, its applications, its techniques and some strategies to follow to explain it.

**Keywords:** predictive maintenance; electrical power systems.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) son claves para el bienestar y el progreso de la sociedad moderna. Éstos permiten el suministro de energía eléctrica con la calidad adecuada para manejar motores, iluminar hogares y

calles, hacer funcionar plantas de manufacturas, negocios, así como para proporcionar potencia a los sistemas de comunicaciones y de cómputo. El punto de inicio de los sistemas eléctricos son las plantas generadoras que convierten energía mecánica a energía eléctrica; esta energía es entonces transmitida a grandes distancias hacia los grandes centros de consumo mediante sistemas de transmisión; finalmente, es entregada a los usuarios mediante redes de distribución. (CINVESTAV, s/f)

Los problemas de calidad eléctrica pueden provocar el funcionamiento incorrecto o la desconexión de equipos y el cese de actividad en los procesos, y las consecuencias abarcan desde unos costes excesivos en energía hasta detenciones completas de producción. (Fluke, s/f)

“Los transformadores de potencia conforman la columna vertebral de los sistemas de transmisión y distribución de la energía eléctrica de un país, de ahí su importancia estratégica ya que una salida inesperada de ellos puede conducir a grandes pérdidas por indisponibilidad y afectar a grandes regiones de un país cualquiera. Su salida implica pérdidas incalculables a la economía y al medio ambiente, de ahí la importancia de mantener su disponibilidad, confiabilidad y seguridad. La confiabilidad de un sistema de energía depende del adecuado funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen, entre los que se encuentra el transformador de potencia. Es por esta razón que en las empresas de energía eléctrica surge la necesidad de implementar estrategias de mantenimiento predictivo en los transformadores de potencia, para poder garantizar que los parámetros de operación de dichos equipos se mantengan en valores aceptables que aseguren

la prestación del servicio y a su vez, que éstos alcancen su vida útil”. (Saldivia, Acevedo, & Pérez, 2013)

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) corresponde al conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. Su continuidad depende de las variables del mantenimiento que se realizan en cada una de las etapas de estos sistemas, es decir, generación, transmisión y distribución. Por esta razón, el mantenimiento predictivo juega cada día más un rol fundamental en los SEP. (González Riva, s/f)

Este trabajo se propone como objetivo general caracterizar el Mantenimiento Predictivo en Sistemas Eléctricos.

## **METODOLOGÍA**

Con el fin de cumplir dichos objetivos, se utilizó el análisis de las fuentes de información documentales. Se determinan las palabras claves, las estrategias de búsqueda y los recursos de información a utilizar. De igual manera se ejecutan las búsquedas para localizar tesis y artículos de revistas que responden al tema. Los documentos pertinentes se analizaron lo que permitió inducir, deducir, comparar y organizar los contenidos.

## **DESARROLLO**

Existen diferentes tipos de mantenimiento. “El mantenimiento predictivo el cual permite monitorear y dar seguimiento al estado en el que se encuentra el equipo, con la finalidad de predecir las fallas que pudieran presentarse

en un futuro. El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante su período de vida útil. Se apoya en los instructivos del equipo y en experiencias de operación, que determinan que el equipo tiene menos probabilidades de falla después de pasar el período de puesta en servicio”. (Adame Guerrero & Delgado Hernández, 2008)

Otros autores hablan de mantenimiento correctivo. “Es la reparación que se realiza al bien, servicio o instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa que ha producido la falla. El mantenimiento correctivo tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados y que no pueden funcionar operativamente en la subestación, el reemplazo también se da cuando estos han cumplido las horas de trabajo para las que fue fabricado.” (Dispac, 2015)

El mantenimiento preventivo “consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves. Este se utiliza para estudiar la evolución temporal de parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, para así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que éste nunca tenga consecuencias graves. Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la empresa mientras se está aplicando”. (Ordoñez & Nieto, 2010)

López (s/f) establece tres ventajas del MPSE:

1. Mejoramiento de la Confiabilidad de Operación
2. Uso eficiente del Ciclo de Vida (equipos y componentes)
3. Reducción del Mantenimiento Correctivo

De igual forma Ordoñez y Nieto (2010) adicionan, entre otras, como ventajas:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que ha producido la parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria.
- La compra de nuevos equipos.

Asimismo, López (s/f) escribe sobre las diversas oportunidades que brinda el MPSE:

1. Implementar sistemas informáticos que permitan un mejor manejo de la información para los analistas y mayor acceso a los clientes.
2. Concentrar la información en una sola área MPSE.
3. Hacer seguimiento a todos los Equipos Eléctricos críticos.
4. Conocer las pruebas y estándares aplicables a los equipos de la empresa
5. Obtener parámetros aplicables a la realidad de la empresa en todos los equipos críticos.
6. Implementar frecuencias de inspección de acuerdo a estándares y/o recomendaciones de fabricantes en todos los equipos críticos.
7. Desarrollo y aplicación de nuevas técnicas y herramientas de diagnóstico.

8. Implementación de bases de datos de los parámetros medidos.
9. Mejoramiento del manejo de la información.
10. Desarrollo de técnicas y procedimientos de medición en todos los equipos medidos.
11. Implantación y mejoramientos de indicadores de confiabilidad para todos los equipos medidos.
12. Establecimiento de una cultura de mantenimiento basada en la evaluación y diagnóstico de las máquinas (López, s/f)

Según López (s/f), el MPSE tiene su aplicación en:

- Maquinarias eléctricas rotatorias, mediante el Estator (termografía, vibraciones, parámetros eléctricos) y el Rotor (vibraciones, parámetros eléctricos)
- Maquinarias eléctricas estáticas, a través de mecanismos Eléctricos y el Elemento activo (termografía, vibraciones, parámetros eléctricos, análisis de aceite).

Además, se aplica a los parámetros eléctricos:

#### **El de la Operación:**

- Condiciones de Operación
- Consumo de potencia
- Armónicos de corriente y tensión
- Flujos de dispersión

#### **El del Aislamiento**

- Resistencia de aislamiento
- Índice de polarización
- Perdidas dieléctricas
- Descargas parciales

- Corrientes de absorción
- Corrientes de fuga

La distorsión armónica es uno de los más importantes componentes a evaluar en la operación. Ella es una consecuencia normal de un sistema de alimentación que suministra cargas electrónicas como ordenadores, variadores de velocidad, balastos electrónicos de iluminación y sistemas de control, en ésta se puede producir una corriente elevada de neutro, una temperatura dañina para los motores y transformadores, así como una menor eficacia” (Fluke, s/f)

Los equipos a monitorear son los transformadores, interruptores, motores, baterías, protecciones catódicas, líneas eléctricas, mallas a tierras, y la calidad de energía. En cada uno de estos equipos, López (s/f) establece las técnicas a emplear para el mantenimiento:

#### **En los motores:**

- Resistencia de aislamiento
- Resistencia DC
- Análisis de corrientes
- Tangentes Delta
- Surge Test
- Termografía

#### **En los transformadores:**

- Resistencia de aislamiento
- Resistencia DC
- Análisis de aceite
- Factor de potencia
- Relación de transformación
- Termografía

#### **En los interruptores:**

- Resistencia de contacto
- Medición de resistencia de aislamiento
- Pruebas de integridad al vacío
- Tiempo de apertura y cierre
- Hi Pot

#### **En las líneas eléctricas:**

- Termografía
- Efecto corona
- En las mallas a tierra:
- Resistencia de puesta a tierra
- Continuidad de puesta a tierra

#### **En las baterías:**

- Temperatura
- Densidad electrolito
- Inductancia

#### **En la calidad de suministro:**

- Armónicos
- Transientes
- Voltaje de la corriente

#### **En las protecciones catódicas:**

- Ph y temperatura
- Resistividad de aguas
- Potencia REDOX
- Potencia espontánea de corrosión

González Rivas (s/f) muestra otras técnicas que se utilizan para el mantenimiento predictivo de los SEP:

- Termografía Infrarroja (Imágenes IR).
- Ultrasonido (Formación de arcos y corona).
- Coronografía (Efecto Corona).
- Análisis de aceites y gases (Equipos primarios).
- Monitoreo de Descargas Parciales (Switchgear, barras y subestaciones).
- Análisis de Vibraciones (Equipos eléctricos).
- Resistencia de puesta a tierra.
- Aislamiento.
- Pruebas Hi-Pot.
- Calidad de energía.
- Armónicos.
- Variables eléctricas.

Saldivia y colectivo de autores (2013) proponen estrategias para el mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos de potencia.

ESTRATEGIA NO. 1: Desarrollar un programa de inspección de variables eléctricas en los transformadores de potencia.

“Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia No. 1, se plantea el dictado de talleres teórico prácticos al personal que opera y ejecuta las labores de mantenimiento, referentes a transformadores de potencia y profundizar en la descripción y en las funciones de cada uno de los elementos que los conforman con la finalidad de mejorar los conocimientos de operatividad de los transformadores. De igual manera se plantea el dictado de talleres referentes a las pruebas eléctricas que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados, análisis de tendencias y

su influencia en la vida útil de los componentes. Los talleres los podrían realizar los Ingenieros de planta que posean la capacidad, destreza y el conocimiento suficiente para ello. Las variables eléctricas que se proponen someterlas a estudio serán: Resistencia de aislamiento, resistencia de los devanados, aterramiento, ruidos, descargas parciales, corriente de excitación, factor de potencia, capacitancia, temperatura (medición y espectro infrarrojo), continuidad de contacto del cambiador de tomas, relación de transformación, inspección visual, inspección al igual que verificación del sistema de enfriamiento, calibración y ajuste del relé de falla así mismo, calibración de medidores. Para la ejecución de las pruebas eléctricas dada a las cuales son muy específicas y se requiere de un alto equipamiento técnico, se propone la contratación de una empresa de servicios bajo la supervisión de personal calificado de la empresa, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento, quien se encargara del procesamiento, respaldo de la información en bases de datos y generación de informes basados en gráficos de tendencia, que orienten a la alta gerencia y sirvan de base para la toma de decisiones sobre las acciones de mantenimiento.” (Ordoñez & Nieto, 2010)

ESTRATEGIA NO. 2: Desarrollar el estudio de las propiedades del aceite dieléctrico como parte del plan de mantenimiento de los transformadores de potencia.

“Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia No. 2, se plantea dictar talleres teórico-prácticos referentes a las pruebas fisico-químicas y gases disueltos en el aceite que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados,

análisis de tendencias y su influencia en la vida útil de los componentes. Se deben establecer límites de control de acuerdo a los recomendados por los fabricantes de los transformadores, por los fabricantes del aceite dieléctrico y las normas (IEC 60599, 1999). Los talleres los dictará el mismo personal de planta nivel Ingeniero, que posea la capacidad y el conocimiento suficiente para ello. Las variables eléctricas que serán sometidas a estudio serán: contenido de agua, gases disueltos, esfuerzo dieléctrico, acidez y color. Para la ejecución de las pruebas eléctricas será contratada una empresa de servicios, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento para encargarse del procesamiento de la información para que a través de gráficos de tendencia sirva de base para la toma de decisiones. La frecuencia será anual y la definirá la persona encargada de la planificación del mantenimiento de acuerdo a las actividades previstas.” (Ordoñez & Nieto, 2010)

## CONCLUSIONES

No cabe dudas que el mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos de potencia es imprescindible, pero a su vez depende de un personal capacitado y experto para ello y el adecuado uso de equipos e instrumentos necesarios, los que deberán estar certificados y calibrados, de manera de garantizar datos y muestras obtenidas con resultados de manera confiable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adame Guerrero, A., & Delgado Hernandez, M. (2008). Mantenimiento en sistemas eléctricos de distribución.

México: Trabajo de tesis para obtener el Título de Ingeniero Eléctrico.

Cinvestav. (s/f). Especialidad de Sistemas Eléctricos de Potencia. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de <http://www.gdl.cinvestav.mx/potencia/>

Dispac. (2015). Manual de mantenimiento para subestaciones eléctricas Empresa Distribuidora Del Pacífico.

Fluke. (s/f). Mantenimiento predictivo: Analizadores de calidad eléctrica. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de <http://www.fluke.com/fluke/mxes/soluciones/mantenimiento-de-planta/mantenimiento-predictivo/analizadores-de-calidad-electrica>

González Riva. (s/f). Mantenimiento Predictivo en Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) .

López, R. (s/f). Mantenimiento predictivo de sistemas eléctricos.

Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). Mantenimiento de sistemas eléctricos. Guayaquil: Proyecto de grado para la obtención de Título de Ingeniero Eléctrico.

Saldivia, F., Acevedo, E., & Pérez, R. (2013). Estrategias de mantenimiento predictivo aplicables a transformadores de potencia de una empresa eléctrica. 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. México.



# **PONENCIA XI**

**LA SEGURIDAD INFORMÁTICA Y LA  
SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN**

# LA SEGURIDAD INFORMÁTICA Y LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

**Juan A. Figueroa Suárez**

juanfigueroa\_s@gmail.com

Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador

**Richard F. Rodríguez Andrade**

richardrodand@hotmail.com

Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador

**Cristóbal C. Bone Obando**

colonboneo@gmail.com

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

**Jasmin A. Saltos Gómez**

jasmin.saltos@utelvt.edu.ec

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador

## RESUMEN

Muchos profesionales hablan indistintamente de la seguridad informática y de la seguridad en la información. Sin embargo, cada disciplina tiene su particularidad aun cuando están estrechamente relacionadas. Este trabajo tiene como objetivo mostrar la distinción y relación entre estos dos temas. Para ello se realiza un análisis documental.

**Palabras clave:** seguridad de la información; seguridad informática.

## ABSTRACT

Many professionals speak indiscriminately of computer security and information security. However, each discipline has its particularity even though they are closely related. This paper aims to show the distinction and relationship between these two themes. For this, a documentary analysis is carried out.

**Keywords:** information security; computer security.

## INTRODUCCIÓN

Es frecuente que el público en general (haciendo referencia a las personas que no están ligadas profesionalmente a la informática) entienda seguridad informática y seguridad de la información como sinónimos entre sí. De hecho, hasta el momento no ha sido sencillo lograr un consenso en relación con estas definiciones, de tal manera que sean aceptadas por la mayoría de profesionales de la seguridad de las tecnologías de información y comunicación. (Rojas Valduciel, 2016)

Este trabajo tiene como objetivo exponer la distinción y relación que existe entre la seguridad informática y la seguridad de la información.

Para ello se realiza un análisis documental a partir de las fuentes que aparecen en internet, evaluación la autoridad y calidad de los documentos encontrados.

## DESARROLLO

### La Seguridad Informática

Según ISOTools Excellece, con sus siglas en inglés IT security, es la disciplina que se encarga de llevar a cabo las soluciones técnicas de protección de la información. Ésta, protege el sistema informático, tratando de asegurar la integridad y la privacidad de la información que contiene. Por lo tanto, se podría decir, que se trata de implementar medidas técnicas que preservarán las infraestructuras y de comunicación las cuales soportan la operación de una empresa, es decir, el hardware y software empleados por la empresa”. (ISOTools Excellence, 2017)

Los Consultores en Seguridad de la Información (2016) hablan de la seguridad informática o también llamada seguridad de tecnologías de la información, definiéndola como “el área de la informática que consiste en asegurar que los recursos del sistema de información (material informático o programas) de una organización, sean utilizados de manera correcta”. (Consultores en Seguridad de la Información, 2016)

En este sentido, González (2011) plantea que la Seguridad Informática, es la “disciplina que se encargaría de las implementaciones técnicas de la protección de la información, el despliegue de las tecnologías antivirus, firewalls, detección de intrusos, detección de anomalías, correlación de eventos, atención de incidentes, entre otros elementos, que articulados con prácticas de gobierno de tecnología de información establecen la forma de actuar y asegurar las situaciones de fallas parciales o totales,

cuando la información es el activo que se encuentra en riesgo”. (Gonzalez, 2011)

Y Rojas Valduciel (2006), considera que la seguridad informática es el conjunto de métodos, procesos o técnicas para la protección de los sistemas informáticos (redes e infraestructura) y la información en formato digital que éstos almacenen. Y expone que “Dentro de esta categoría, se puede mencionar la seguridad computacional, la cual se ciñe a la protección de los sistemas y equipos para el procesamiento de datos”. (Rojas Valduciel, 2016)

Las prácticas de este tipo de seguridad son diversas, y consiste en lo general en la restricción del acceso al sistema o parte del él. En cuanto al acceso solo es permitido a ciertas personas que se encuentren acreditadas, así como su modificación dentro de los límites de su autorización. Las amenazas que se encuentran, son debido a que el propio usuario no tiene en cuenta las vulnerabilidades que existen al hacer un mal uso del sistema. Por ejemplo, al descargar archivos peligrosos o borrar archivos importantes para el sistema. Al mismo tiempo, programas maliciosos como virus o malware.

“La totalidad de los especialistas en seguridad basan sus conocimientos y experticias sobre el aspecto técnico tradicional de la seguridad, esto es en las áreas IT, aunque bastantes de ellos consideran las cuestiones propias como el nuevo aspecto en las comunicaciones y que hace que actualmente se hable de TIC. Además de tener un enfoque técnico prácticamente, los especialistas únicamente se manejan con las vulnerabilidades y en parte con amenazas en forma de ataques (...) Con el fin de establecer una

evaluación de riesgos, se necesita realizar una evaluación a los activos, además de identificar cualquier amenaza que pueda aprovechar y explotar las vulnerabilidades de estos activos”. (ISOTools, 2015)

## **La Seguridad de la Información**

Para ISOTools Excellence (2017), la definición de la Para ISOTools Excellence (2017), la definición de la seguridad de la información tributa a una disciplina “que se encarga de la implementación técnica de la protección de la misma, el despliegue de las tecnologías que establecen de forma que se aseguran las situaciones de fallas parciales o totales, cuando la información es el activo el cual se encuentra en riesgo, es la disciplina que nos habla de los riesgos, de las amenazas, de los análisis de escenarios, de las buenas prácticas y los esquemas normativos, que nos exigen niveles de aseguramiento de procesos y de tecnología para elevar el nivel de confianza en la creación, utilización, almacenaje, transmisión, recuperación y disposición final de la información”. (ISOTools Excellence, 2017)

Information Security es la disciplina que se encarga de proporcionar la evaluación de riesgos y amenazas, trazar el plan de acción y adecuación para minimizar los riesgos, bajo la normativa o las buenas prácticas con el objetivo de asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad del manejo de la información de activos.

La seguridad de la información es la disciplina que se encarga de garantizar la:

- Confidencialidad,

- Integridad y
- Disponibilidad de la información.

Es habitual que la seguridad de la información se apoye en la política de seguridad que se desarrolla mediante la elaboración de un plan director de seguridad. La dirección será la encargada de marcar todas las líneas de actuación en materia de seguridad y mediante el plan director para determinar las medidas tanto técnicas como procedimentales que garantice los objetivos marcados por la política de seguridad.

Las medidas técnicas serán llevadas a cabo por el equipo de seguridad informática, administradores de sistemas y seguridad, los roles de seguridad, que implantan las medidas necesarias para el cumplimiento de la política de seguridad y el análisis de riesgos en el que se debería basar la política.

La implementación de la norma ISO 27001 de seguridad de la información, además de reducir el impacto de los riesgos y amenazas, entre otros beneficios, mejora la planificación y la gestión de la seguridad de la empresa. Establece garantías de continuidad del negocio en caso de contingencia, proporciona una imagen de prestigio frente a terceros y da cumplimiento de normativas nacionales.

“Esto va enfocado no solo al cuidado de la información, también a la mejora de los procesos de la empresa, agregando más medidas de seguridad como es la organización y las cuestiones legales conforme a las normas que rige ISO/IEC 27001, esto aumentando que sea aún más sólido, confiable, íntegro y mucho más fácil la

disposición de su sistema de la información”. (Consultores en Seguridad de la Información, 2016)

González (2011), concibe la seguridad de la Información como la disciplina que nos habla de los riesgos, de las amenazas, de los análisis de escenarios, de las buenas prácticas y esquemas normativos, que nos exigen niveles de aseguramiento de procesos y tecnologías para elevar el nivel de confianza en la creación, uso, almacenamiento, transmisión, recuperación y disposición final de la información.

Y Rojas Valduciel (2016), enfoca la seguridad de la información como las medidas y actividades que procuran proteger los activos de información, entendiéndose éstos como los conocimientos o datos que tienen valor para una organización, en sus diferentes formas y estados, a través de la reducción de riesgos a un nivel aceptable, mitigando las amenazas latentes.

“La Seguridad de la Información es muy extensa, por lo que no es sólo una cuestión técnica sino que supone una responsabilidad de la alta dirección de la empresa, así como de sus directivos. En el caso de no involucrarse las unidades activas y los líderes de negocio, como podrían ser, ejecutivos, directivos, etc. de las entidades, no podrá existir un plan de Seguridad de la Información, a partir de todos los riesgos determinados. Todo ello se lleva a cabo en el seno del sistema de dirección y control propio del gobierno corporativo. Se tiene que considerar los sujetos, los procesos y las funciones de negocio, además de la protección de todos los activos/recursos de la entidad impulsora, propietaria y beneficiaria de la Seguridad de

la Información, dentro de un marco de responsabilidades compartidas. Se tienen que considerar la totalidad de los riesgos técnicos de TIC, además de que la seguridad se desarrolle por toda la empresa, es decir, son riesgos organizacionales, operacionales y físicos. Los riesgos operacionales son hoy en día más cruciales en lo referente a Seguridad de la Información. Las vulnerabilidades de este tipo de riesgo se expanden durante una amplia gama de grises, en conexión con el comportamiento humano y los juicios subjetivos de las personas, la resistencia al cambio, la cultura empresarial, la forma de comunicarse, entre otros. (ISOTools, 2015)

“La seguridad de la información es más que un problema de seguridad de datos en los computadores; debe estar básicamente orientada a proteger la propiedad intelectual y la información importante de las organizaciones y de las personas. Los riesgos de la información están presentes cuando confluyen dos elementos: amenazas y vulnerabilidades. Las amenazas y vulnerabilidades están íntimamente ligadas, y no puede haber ninguna consecuencia sin la presencia conjunta de éstas. Las amenazas deben tomar ventaja de las vulnerabilidades y pueden venir de cualquier parte, interna o externa, relacionada con el entorno de las organizaciones. Las vulnerabilidades son una debilidad en la tecnología o en los procesos relacionados con la información, y como tal, se consideran características propias de los sistemas de información o de la infraestructura que la contiene. Una amenaza, en términos simples, es cualquier situación o evento que puede afectar la posibilidad de que las organizaciones o las personas puedan desarrollar sus actividades afectando directamente la información o los

sistemas que la procesan”. (Tarazona, s/f)

Básicamente, podemos agrupar las amenazas a la información en cuatro grandes categorías:

- Factores Humanos (accidentales, errores)
- Fallas en los sistemas de procesamiento de información;
- Desastres naturales y;
- Actos maliciosos o malintencionados.

Algunas de estas amenazas son:

- Virus informáticos o código malicioso
- Uso no autorizado de Sistemas Informáticos
- Robo de Información
- Fraudes basados en el uso de computadores
- Suplantación de identidad
- Denegación de servicios (DoS)
- Ataques de Fuerza Bruta
- Alteración de la Información
- Divulgación de Información
- Desastres Naturales
- Sabotaje, vandalismo
- Espionaje

## CONCLUSIONES

Es evidente la diferencia entre seguridad informática y seguridad de la información, pero también es indiscutible que ambos temas se encuentran muy ligados entre sí. A pesar de ser disciplinas diferentes, la una no puede ir sin la otra.

La seguridad informática se describe como la distinción táctica y operacional de la seguridad, mientras que la seguridad de la información es la línea estratégica de la seguridad.

Ésta atiende sólo a la protección de las instalaciones informáticas y de la información en medios digitales mientras que la seguridad de la información integra toda la información independientemente del medio en el que esté

La seguridad de la información, para conseguir el objetivo se apoya a la seguridad informática, es decir, la seguridad de la información será la encargada de regular y establecer las pautas a seguir para la protección de la información.

La seguridad de la información, para conseguir el objetivo se apoya a la seguridad informática, es decir, la seguridad de la información será la encargada de regular y establecer las pautas a seguir para la protección de la información donde va mucho más allá de la seguridad informática, puesto que intenta proveer de medidas de seguridad a otros medios donde se localiza la información como:

- Impresos en papel
- Discos duros
- Medidas de seguridad respecto de las personas que la conocen

Mientras la seguridad de la información integra toda la información independientemente del estado en el que se encuentre, la seguridad informática se enfoca en la

protección de infraestructura (redes, sistemas operativos, ordenadores).

La Seguridad Informática se encarga de la parte operativa de la Seguridad, es decir, las medidas técnicas que aseguran la Seguridad de la Información.

Rojas Valdúciel (2016) establece algunas diferencias:

- La seguridad de la información se orienta a proteger los activos de información sin importar su forma o estado, valiéndose de metodologías, normas, técnicas, herramientas, estructuras organizacionales, tecnología y otros elementos, para la aplicación y gestión de las medidas de seguridad apropiadas en cada caso. Por tanto abarca a la seguridad informática.
- La seguridad informática, se limita a proteger activos de información en formato digital y los sistemas informáticos que los procesan y almacenan, indistintamente si están interconectados o no.

El desarrollo que se ha experimentado en cuanto a seguridad informática al de seguridad de la información, implica incrementar el campo de visión del marco de riesgos de negocio respecto a la perspectiva tradicional de seguridad técnica, fundamentada en las vulnerabilidades.

En el entorno de la seguridad de la información los riesgos de negocio incluyen, no sólo las vulnerabilidades y las amenazas, sino que incluyen también el conjunto de factores que determinan los riesgos:

- Activos

- Vulnerabilidades
- Amenazas

Los riesgos de negocio que incluyen los riesgos organizacionales, operacionales, físicos y de sistemas TIC.

Se puede conseguir un enfoque completo de seguridad de la información en la parte en la cual se considera los recursos necesarios para minimizar los riesgos dentro de un plan de seguridad, no se puede considerar un gasto sino una inversión para la empresa. Solicita de un análisis y determinar de una manera cuantificable el retorno de las inversiones en seguridad.

Es importante establecer en las organizaciones un sistema de Gestión de la Seguridad de la Información con vistas a la protección de la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información y de los bienes que la contienen o procesan. De esta manera, las organizaciones y personas se pueden proteger de: (Tarazona, s/f)

- Divulgación indebida de información sensible o confidencial, de forma accidental o bien, sin autorización.
- Modificación sin autorización o bien, de forma accidental, de información crítica, sin conocimiento de los propietarios.
- Pérdida de información importante sin posibilidad de recuperarla.
- No tener acceso o disponibilidad de la información cuando sea necesaria

La información debe ser manejada y protegida adecuadamente de los riesgos o amenazas que enfrente. La información valiosa se puede encontrar en diferentes formas: impresa, almacenada electrónicamente, transmitida por diferentes medios de comunicación o de transporte, divulgada por medios audiovisuales, en el conocimiento de las personas, entre otros.

Los estándares ISO 17799 e ISO 27001 le dan a una organización las bases para desarrollar un marco efectivo de gestión de la seguridad de la información, que le permita proteger sus activos de información importantes, minimizando sus riesgos y optimizando las inversiones y esfuerzos necesarios para su protección.

Una de las formas de protección consiste en la aplicación de controles, que en la práctica pueden ser políticas, procesos, procedimientos, organización (definición de una estructura organizacional de seguridad), elementos de software y hardware, mecanismos de protección de la infraestructura física y de seguridad, así como la adecuada selección y entrenamiento del personal que opera y utiliza los recursos de información o informáticos.

La norma ISO 17799 presenta una serie de áreas para ser gestionadas, mediante la aplicación de controles o mecanismos de protección, las cuales van desde la seguridad en los sistemas, pasando por los aspectos de seguridad física, recursos humanos y aspectos generales de la organización interna en las organizaciones. (Tarazona, s/f)



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consultores en Seguridad de la Información. (2016). Seguridad Informática vs Seguridad de la Información. Recuperado el 03 de marzo de 2017, de <https://www.maestrodelacomputacion.net/seguridad-informatica-seguridad-de-la-informacion/>

Gonzalez, J. (2011). ¿Seguridad Informática o Seguridad de la Información? Recuperado el 02 de febrero de 2016, de <http://www.seguridadparatodos.es/2011/10/seguridad-informatica-o-seguridad-de-la.html>

ISOTools Excellence. (2017) ¿Seguridad informática o seguridad de la información? Recuperado el 05 de marzo de 2017, de <http://www.pmg-ssi.com/2017/01/seguridad-de-la-informacion/>

Rojas Valduciel, H. (2016). Seguridad de la Información, Seguridad Informática y Ciberseguridad: ¿Son sinónimos? Recuperado el 20 de febrero de 2017, de <https://infobyteabyte.wordpress.com/2016/04/20/seguridad-de-la-informacion-seguridad-informatica-y-ciberseguridad-son-sinonimos/>

## PARTICIPANTES

Carlos Joao Vera Lozano  
Stefany Renata Arturo Proaño  
Piero Israel Plaza Valencia  
Josías Enrique Jara Muñoz  
Elmer Leandro Valencia Bautista  
Jorge Israel Zavala Quiñónez  
Nora Antonella Gavilanes Saud  
Andrea Antonella Neria Conforme  
Cristian Smith Solórzano Medranda  
David Vivero Nazareno  
Renzo Joshue Fonseca Acosta  
Jennifer Karina Estupiñan Plaza  
Héctor Manuel Arias Orejuela  
Jennifer Valeria Mosquera Saavedra  
Kiabeth Maritte Maffares Mideros  
Cesar Steven Parrales González  
Jean Pierre Salazar Hernández  
Juan Ríos Quintero  
Lissette Carolina Panezo Oña  
Evelin Katuska Preciado García  
Gabriela Mercedes Estupiñan Bajaña  
Jairo Joel Corozo Pérez  
John Byron Mina Quiñónez  
Delia Castillo Ramírez  
Lenin Stalin Cuero Reina  
Hoover Geovanny Banguera Roa

Cristóbal Guillermo Borja Romero  
Andrik Julián Marín Franco  
Lissette Karolina Morales Meza  
Daniel Darío Vivero Angulo  
Romina Betzabeth Garrido Hurtado  
Karla Carolina Godoy Hurtado  
Carlos Patricio Arroyo Vilela  
Johnny Javier Ayala Zambrano  
Tomas Antonio Bernal Pacheco  
Luis Ernesto Charcopa Paz  
Luis Alberto Salvatierra Cadena  
Kevin Joao Robles Bernal  
Edward Andrés Castro Zambrano  
Karol Gabriela Cervantes Tenorio  
Jacqueline Abigail Yagloa Gallegos  
Carlos Julio Torres Galarza  
Alexis Adrián Torres Camacho  
Eliza Aminta Quiñónez Godoy  
Ángelo Javier Naranjo Arévalo  
Lourdes Elizabeth Tenorio Orejuela  
Brigitte Carolina Macías Guagua  
Eddy Andrés Salto Villacis  
John Alejandro Montaña Sánchez  
Dixon Tyrone Vaca Ortiz  
Sheila Annabelle Loor Yugcha  
Andrés Vicente Minda Torres  
Jonathan Geovanny Velásquez Mora  
Miguel Ángel Villavicencio Parrales  
Washington Isaac Quintana Marcial  
Julisa Milagro Vernaza Nazareno  
Irene Indira Sanhueza Quiñónez  
Carmen Gissela Intriago Briones  
Jorge Patricio Boderó Cadena

Bryan Javier Torres Aveiga  
Oswaldo David Segura Garcés  
Marlon Fernando Muzo Caiza  
Erickson Josué Pérez Caicedo  
Steven Alexander Nazareno Rodríguez  
Juan Fernando Ulloa Santillán  
Vanessa Alexandra Olguín Jiménez  
Camilo Anderson Trejo Pinargote  
Manuel Eduardo Benítez Baquerizo  
Luisa Godoy Martínez  
Jorge Enrique Vera Valdez  
Gustavo Efraín Santillán Pacheco  
Chuber Alexander Jara Bautista  
Alex David Estupiñan Reasco  
Gonzalo Francisco Jhayya Martínez  
Bryan Alberto Espín Triana  
Luis David Maila Arboleda  
Andrés Asdrubal Aragundi Nazareno  
Eduardo Abraham Díaz Salazar  
Christian Paul Restrepo Lemache  
Joselyn Valeria Rosero Peña  
Diego Alejandro Zambrano Angulo  
Gabriel Alejandro Santillán Sosa  
Jorge Luis Benítez Barros  
Jencarlos Adrián De la Cruz Palma  
Jonathan Hernando Orellana Peralta  
Víctor Alexis Chila Borja  
Cristina Elizabeth Cotera Bermello  
Jonathan Xavier Vera Orellana  
Karen Lizbeth Murillo Delgado  
Paul Alexander Palacios Quiñónez  
Heydi María Solórzano Medranda  
Liz Mariel Solórzano Medranda

Juan Carlos Cantos Palacios  
Frank Elvis Castillo Anchundia  
Marcos Vinicio Caicedo Valencia  
Dixon Tyrone Vaca Ortiz  
Randy Ibrahim Quintero Bone  
Edwin Darío Ango Ramos  
Dayanara Marisol Quiñónez Ordoñez  
Viviana Elizabeth Vera Saavedra  
José Reinaldo Velasco Carvajal  
Marcos Roberto Barbosa Montenegro  
Jean Carlos Quiñónez Bautista  
Heberth Kendrick Sosa Bautista  
Tyron Joel Orobio Arboleda  
Cristhian Joel Lucas Obregón  
Luis Enrique Meza Mina  
Renato Alejandro Cuero Santos  
Josías Miguel Farfán Bone  
Jennifer Katerine Arboleda Elizalde  
Luis David Espinoza Motoche  
Annabelle Patricia Reyes Simisterra  
Manuel Tomas Francis Bone  
Charly Xavier Tufiño Gómez  
Joao Fernando Medina Quinde  
Jhonny Rodrigo Bravo Chichande  
Paul Steven Moreira Clavijo  
Andrea Corozo Viva  
Geani Andrés González Zambrano  
Johan Leonardo Salazar Chila  
Hans Marcelo Carrión Estupiñan  
Jean Carlos Valencia Angulo  
Jhandry Paul Zambrano Cotera  
Kevin Rene Intriago Moreira  
Andrea Lara Barrio

Lisbeth Karime Angulo Vallejo  
Johanna Arlette Cunnighan Quiñónez  
Emily Sabrina Hualca Díaz  
Maira Alejandra Cortez Zamora  
Antonella Lissette Gracias Solís  
Erika Ginelly Holguín Ardila  
Gianny Javier Plaza Santos  
Gilber Robín Cevallos Henao  
Martha Andreina Montes Molina  
Bryan Klinger Zambrano  
Ian Carlos Crespo Bone  
Kevin Dyon Vera Sol  
Jonathan Jair Quiñónez Barrio  
Jhon Eduardo McLaughlin Patiño  
Luis Fernando Trejo Pinargote  
Darlis Cristina Portocarrero Salazar  
Susana Katherine Andrade Valencia  
Jean Carlos Cabezas Estupiñan  
Dayan Lenier Bautista Batioja  
Byron Andrés Bustos Montaña  
Anthony Jhair Loza Valverde  
Paúl Ernesto Porras Camacho  
Jefferson Paul Ayoví Vera  
Mara Ginelli Alcívar Reina  
Luis David Tarira Rojas  
Karol Zuleyka Orozco Tamayo  
Doris Jimena Villaquiran Muñoz  
Dennise Gabriela Patiño Altafuya  
Carmen Liliana Bautista Reyes  
Hugo Jonathan Cuadros Sánchez  
Andrys Carolina Minota Angulo  
Yiro Néstor Cevallos Colorado  
Ángela Gabriela Patiño Ramírez

Wilmer Elsie Peralta Delgado  
Judiley Elizabeth Grefa González  
Bryan Wladimir Zambrano Carrasco  
Elías Alfredo Panchana Villamar  
Marcos Gustavo Morejón Portocarrero  
Nilo Felipe Enríquez Hernández  
José Luis Guzmán López  
Yull Estalin Ramírez Quintero  
Erick Eduardo López Chávez  
Ricardo Diego Benítez Santos  
Garys Stiwar Zúñiga Estupiñan  
Rubén Darío Palomino Rojas  
María José Quiñónez Vernaza  
Luis Javier Yépez Cruel  
Víctor Darío Arteaga Bedoya  
Carlos David Gruezo Hurtado  
Jessica Gabriela Astudillo Llashag  
Jira Cecilia Castillo Peñarrieta  
Lenin David Gámez Vallejo  
Ángel Marcelo Gaguancela Sabando  
José Luis Guzmán López  
Rubén Darío Arroyo Gómez  
Ángelo Javier Naranjo Arévalo  
Harold Steven Díaz Frutos  
Ángel Aníbal Hurtado Zambrano  
Segundo Ayrton Velásquez García  
Miguel Alfonso Bateoja Álvarez  
Dodi Alfayed Paredes Montaña