

USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN REDES DIGITALES MODERNAS CON TECNOLOGÍA POWER OVER ETHERNET, EN UNO DE LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

Salinas Aviles Oscar H¹, M.T.I Martha Elena Lunz Ortiz¹, Dra. María Fernández Díaz Ayala¹, M.T.I Verónica Sánchez López¹, Ing. Nancy Yamilet Colin Mancilla²

Resumen— Se diseñó, probó e implementó una rutina de programación en equipos Power over Ethernet (PoE), los cuales llevan la energía eléctrica en el cable de Ethernet. Se realizó la investigación sobre comandos ya establecidos, y nuevos comandos, para diseñar la rutina que permitió programar el encendido y apagado de los terminales PoE, como son puntos de a inalámbrico y teléfonos IP, principalmente. Se realizaron estudios con respecto al consumo, por ejemplo en un horario de oficina, jornada de cuarenta horas semanales, el 76.2 % del tiempo los teléfonos están encendidos sin dar el servicio para el cual fueron diseñados. De acuerdo con la Agencia Internacional de energía, esto equivale a que cada teléfono IP, emita aproximadamente 3 kilogramos de dióxido de carbono, a la atmósfera, cuando no se está usando. La infraestructura de redes digitales modernas, son el tercer sector, que más energía consumen en un edificio público o privado.

Palabras clave—uso eficiente de energía, power over ethernet, programación, automatización de procesos

Introducción

En la infraestructura de redes digitales modernas, existe la llamada tecnología Power over Ethernet (PoE) (CISCO NetAcad, 2015), en el cuál la energía eléctrica que alimenta las terminales finales: puntos de acceso a internet de forma inalámbrica, los conocidos teléfonos IP (Internet Protocol), cámaras de videovigilancia, entre otros. La idea inicial de investigación fue, ¿entonces es posible programar el tiempo útil de servicio de estas terminales finales? Los equipos conocidos como “switch” o conmutador (CISCO NetAcad, 2010), son elementos que permiten la interconexión de dispositivos de red para compartir información, dispositivos como los antes mencionadas, además de computadoras e impresoras, los *switch* conectan dispositivos en una red, no con otras redes, de modo que en sus puertos sse pueden conectar varios y diferentes dispositivos para comunicarse entre sí. La tecnología PoE, agrega la alimentación eléctrica de estos elementos, de manera que no es necesario conectarlos a la red eléctrica para su funcionamiento. De manera que al estar conectados a un *switch* es posible apagar de manera programada los puertos donde estén conectadas las terminales finales.

El uso eficiente de la energía eléctrica forma parte de los proyectos conocidos como sustentables: aspecto ambiental, aspecto económico y aspecto social. Una de las herramientas para poder realizar este tipo de proyectos es la automatización de procesos (CISCO IoT essentials, 2017). La cual consiste en diseñar sistemas electrónicos, que permitan realizar actividades rutinarias, de manera automática, con la nula o casi nula intervención del ser humano. De manera que programar el tiempo de servicio útil de las terminales finales, como los teléfonos IP, o los puntos de acceso, es decir, programar que los puertos del *switch* al cual están conectados el encendido y apagado de los puertos, y consecuentemente el de los equipos de telefonía por ejemplo. De esta manera se tiene impacto positivo para la institución, ya que el disminuir, reducir o eliminar el consumo no necesario dentro del campus, se traduce de manera inherente en ahorro económico. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, sigla del inglés International Energy Agency) (IEA, 2019), en México pos cada kilo Watt hora se emiten aproximadamente 0.490 kilogramos de dióxido de carbono, es decir si un equipo no se está utilizando y está prendido durante una hora, ya se emitió aproximadamente medio kilogramo de este gas de efecto invernadero, a la atmósfera terrestre.

¹ Salinas Aviles Oscar Hilario es Profesor de tiempo completo en el área de Telecomunicaciones y redes en la División Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación (DATIC) de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ), oscarsalinas@utez.edu.mx (autor corresponsal), Emiliano Zapata, Morelos. ¹ La M.T.I Martha Elena Luna Ortiz, es jefa del departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la UTEZ, marthaluna@utez.edu.mx, La Dra. María Fernanda Díaz Ayala, es profesora de tiempo completo del área de redes y telecomunicaciones de la DATIC – UTEZ, mariadiaz@utez.edu.mx. La M.T.I Verónica Sánchez López, es profesora de tiempo completo del área de redes y telecomunicaciones de la DATIC – UTEZ, veronicasanchez@utez.edu.mx

La automatización de este proceso, mediante el diseño e implementación de una rutina de programación que permita encender y apagar los puertos del o de los *switch* PoE, es la propuesta que se hace como proyecto de desarrollo sostenible o sustentable, en apego al programa universitario campus sustentable de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos. Los equipos PoE con los cuales se cuenta en el campus, son de una marca en específico, la cual es la que tiene convenio con la universidad; esto no implica que el trabajo desarrollado en este proyecto pueda ser expandible o aplicable a otras marcas, cada una debe tener la opción únicamente cambiaría el entorno de programación de la rutina de programación y los comandos desde luego. Los equipos utilizados fueron: switch PoE S3400 – 24T4FP; los equipos de telefonía IP 7962G y puntos de acceso CISCO Aironet 3501.

Los equipos PoE trabajan bajo el estándar IEEE 802.3af-2003 (IEEE to PoE, 2009), el cual establece que la energía utilizada es de 15.4 W de corriente directa, con un mínimo de 44 volts de corriente directa y 0.35 Amperes de intensidad de corriente. Este estándar especifica para la tecnología PoE dos diferentes tipos de metodología: suministro de energía a los equipos, de cualquier tipo de usuario ya sea final o intermedio, equipos energizados que acepten energía de cualquier fuente de poder.

Descripción del Método

Script o rutina de programación

El que se suministre la energía al equipo con el mismo cable de cobre que realiza el intercambio de información, fue el motivo para plantearse la pregunta: ¿Y si se puede programar el encendido y apagado automático y programado de los equipos con un “script” insertado en el “switch” de la LAN (sigla del inglés Local Area Network)? Lo cual dio inicio a la propuesta que se presenta en el actual documento. En los equipos CISCO utilizados, se realizó una investigación exhaustiva, incluso buscando personal de soporte de CISCO México, con instalaciones en la ciudad de México, quienes pusieron en contacto a los investigadores con personal de soporte técnico de CISCO, en la ciudad de San Francisco California, de esa manera ellos compartieron la información sobre el comando “EnergyWise” (Energywise CISCO, 2017), el cual monitorea y administra el uso de energía de las terminales finales conectadas al *switch* PoE. El comando permite configurar directivas, denominadas periódicos o recurrencias, para poder utilizar la configuración de la hora del día y así automatizar el proceso de gestión de la energía en estos equipos, Figura 1.

```
S1(config)#
S1(config)#
S1(config)#HABILITAR ENERGYWISE
S1(config)#
S1(config)#energywise domain cisco security shared-secret 0 secret
S1(config)#energywise endpoint security shared-secret 0 cisco
S1(config)#
S1(config)#exit
S1#
.Jul 12 11:53:40.620: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by consolesh0
% Type "show ?" for a list of subcommands
S1#show ener
S1#show energywise v
S1#show energywise version
EnergyWise is Enabled
IOS Version: 12.2(55)SE5
EnergyWise Specification: (rel2_6)1.1.24
S1#
```

Figura 1. Vista del entorno de programación de la recurrencia en el *switch* PoE.

Como se puede observar en la Figura 1, es necesario habilitar primero el comando “energywise”, en el switch PoE, debido a que este permite la gestión del suministro de energía a los puertos de salida del switch PoE. Para gestionar la alimentación eléctrica de dispositivos terminales, energywise utiliza un conjunto de niveles de potencia, que van desde cero a diez, Figura 2 (Energywise CISCO, 2017).

Mode	EnergyWise Level	PC Power State	EnergyWise Label
Operational	10	G0	Full
	9	G0	High
	8	G0	Reduced
	7	G0	Medium
	6	G0	Frugal
	5	G0	Low
Standby	4	G1, S1	Ready
	3	G1, S2	Standby
	2	G1, S3	Sleep
	1	G1, S4	Hibernate
Nonoperational	0	G2, G3	Shut

Figura 2. Niveles de energía de energywise, para gestionar la alimentación de dispositivos PoE

El atributo “importance” clasifica los dispositivos terminales, en diferentes niveles, “rankeando” los mismos en niveles que van del 1 al 100, siendo uno lo menos importante y el 100 lo más importante, Figura 3.

ATTRIBUTE	IP PHONE	ACCESS POINT
Importance	60	75
Level	10	10
Keywords	Hr,Bldgl,Private	Hr,Bldgl,Private

Figura 2. Nivelación por importancia de dispositivos o terminales finales (autoría propia).

La configuración de la recurrencia, implica los siguientes comandos:

- Time-range, time-range-name; este asigna un nombre al rango de tiempo (time-range), e introduce el modo de configuración al time-range.
- Periodic days_of_the_week hh:mm, establece la hora y el día de inicio de la recurrencia, de manera semanal.
 - –daily-enter, si la recurrencia se implementa o cubre de lunes a domingo.
 - –weekdays-enter, si la recurrencia se implementa o cubre de lunes a viernes.
 - –weekend-enter, si la recurrencia se implementa o cubre sábado y domingo.
 - hh:mm, especifica la hora, formato de veinticuatro horas, en horas y minutos.
- Interface – id, especifica el puerto o un rango de puertos, que se va a configurar, y entra al modo de configuración de la interfaz.

Como se puede ver no es complejo el programar, única y prácticamente es configurar el comando energywise, el cual, como reiteración, se conoció producto de la búsqueda del diseño de la rutina de programación y del contacto con personal de CISCO México, y CISCO San Francisco.

Uso eficiente de energía

El utilizar los equipos que consumen energía eléctrica de manera eficiente, implica el tenerlos apagados cuando no se utilizan, y encenderlos cuando es necesario. En el caso de los equipos tipo PoE en las oficinas de los

docentes y administrativos de la universidad, su tiempo de uso en promedio es de nueve o diez horas al día, de lunes a viernes, y los fines de semana, así como días no hábiles su uso es cero, es decir las personas no lo ocupan en esos periodos descritos. En el caso de los puntos de acceso a internet inalámbrica, también conocidos como “antenas”, el servicio que proveen se utiliza de siete de la mañana a nueve de la noche, es decir un promedio de catorce o quince horas al día, en el caso de los días sábado, hay actividades medio día, de modo que se suman otras ocho horas de uso, cuadro 1.

Equipo PoE	Horas de uso (Semana completa)	Porcentaje de utilidad (%)	Porcentaje de inutilidad (%)
Teléfono IP	50	29.76	70.23
Punto de acceso	83	49.40	50.59

Cuadro 1. Porcentaje de uso eficiente del servicio que ofrecen los equipos PoE en oficinas.

Como se puede observar en el cuadro 1, la oportunidad de impactar tanto ambiental como económicamente es obvia, con la implementación de esta automatización de procesos, con la rutina de programación. Debido a que en el caso de las terminales de telefonía IP, aproximadamente siete de cada diez horas de estar encendido, el dispositivo no se está utilizando, visto de otra manera, sólo se usa de manera eficiente tres horas de cada diez, las demás es desperdicio de energía y dinero. Para los puntos de acceso a internet inalámbrica el caso es ligeramente diferente, ya que es aproximadamente la mitad y la mitad, es decir de cada diez horas encendido, cinco se usa y cinco no. En cualquiera de los dos casos, el impacto es significativo. Si eso se traduce en emisiones de dióxido de carbono (CO₂), tomando los datos de la IEA, para México, cuadro 2. Los resultados mostrados en el cuadro dos, son por cada dispositivo, y por una semana de trabajo.

Equip PoE	Emisiones de CO ₂ (encendido y sin uso) [kg]
Teléfono IP	1085
Punto de acceso	782

Cuadro 2. Porcentaje de uso eficiente del servicio que ofrecen los equipos PoE en oficinas.

De acuerdo con la información técnica de los equipos el consumo es de 18.4 Watts (48 volts y 0.38 Amperes de corriente directa (Consumo en Watts = V *I) (Salinas, Díaz, Puig, & Caballero, 2017). Ese es el consumo puntual de los equipos, el consumo para el cálculo de cobro y de emisiones se hace con base en el kilo Watt – hora (kWh), el cual se calcula multiplicando el consumo en Watts, por la cantidad de horas que está encendido el aparato. Por ejemplo un foco o lámpara de 20 Watts se está prendida 10 horas, entonces consumo 200 Wh, y eso es lo que cobra la compañía de energía eléctrica y es el dato de emisión que reporta la IEA (IEA, 2019): en México por cada kWh generado se emite aproximadamente medio kilogramo de CO₂. En el edificio de docencia donde se implementa el proyecto existen veinte equipos de este tipo, a los cuales se les puede automatizar el apagado y encendido mediante el script subido a los *switch* PoE. Esto se traduce en dejar de emitir a la atmósfera aproximadamente una tonelada del gas de efecto invernadero, CO₂ anualmente. Tomando una tarifa promedio de 0.98 pesos, esto se traduce en un ahorro económico de alrededor de mil ochocientos pesos, en este edificio.

Comentarios Finales

Este tipo de oportunidades de mejora, o de desarrollo de proyectos que tengan relación directa con el cuidado del medio ambiente, o desarrollo sostenible no es muy común que se hagan en la infraestructura de telecomunicaciones, por lo menos no de acuerdo con lo investigado por los autores. De hecho el comando *energywise*, hace casi totalmente todo, únicamente se debe crear la recurrencia y ajustar a los tiempos de cada empresa o institución. Todo surge de una pregunta básica en el ambiente de investigación: ¿Y si?

Resumen de resultados

Los resultados y beneficios se obtienen desde el momento en que la recurrencia es programada y configurada en el *switch* PoE. De modo que el uso eficiente de energía se traduce inmediatamente en reducción en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y ahorro económico para la institución. Se realizó con éxito la prueba de factibilidad de la idea; se hizo una prueba piloto de un mes para la obtención de datos; el análisis del comportamiento

de los usuarios: conformidades, no conformidades, y de alguna manera su aprobación, la cual se dio de manera unánime; así como el funcionamiento de los dispositivos, ya que el departamento de ingeniería de hardware del departamento de soporte técnico, tenía algunas dudas sobre el frecuente encendido y apagado de los equipos, lo cual no era algo usual; no se reportó ningún problema con respecto a este tema.

Conclusiones

Es posible implementar una rutina de programación que permite automatizar el proceso de encendido y apagado, de las terminales de trabajo en las oficinas de administrativos y docentes, en infraestructura de redes digitales, con tecnología PoE. Con la implementación de esta recurrencia, así llamada por el creador CISCO, se tiene una disminución en el impacto ambiental, así como económico en el gasto por el pago de consumo de energía eléctrica en uno de los edificios del campus universitario. Se agrega valor en la formación integral de los estudiantes, al involucrarlos en el desarrollo de proyectos de esta naturaleza; este valor agregado los diferenciará en los lugares de trabajo donde se vayan a desarrollar profesionalmente.

Recomendaciones

Los investigadores recomiendan a la autoridades de la Universidad, extender la implementación a los demás edificios del campus, yendo de uno en uno, para observar con detenimiento el comportamiento, técnico, social y en la infraestructura.

Cualquier tecnólogo puede y debe proponer ideas que impacten positivamente en el desarrollo sostenible del campus donde labora, o el entorno en general donde se encuentra. Este tipo de proyectos de impacto ambiental no está limitado a ningún área del conocimiento.

Referencias

- Agency, I. E. (2016). *International Energy Agency*. Retrieved June 01, 2016, from Energy Efficiency Indicators Highlights 2016: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyIndicatorsHighlights_2016.pdf
- CISCO, NetAcad. "Conmutación y conexión entre redes y dentro de redes", consultada por Internet el 10 de abril del 2019. https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/network-switch-how.html
- CISCO, NetAcad. "What is Power over Ethernet?", consultada por Internet el 10 de abril del 2019. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/what-is-power-over-ethernet.html>
- CISCO, NetAcad. "Switches PoE y redes inteligentes modernas", consultada por Internet el 10 de abril del 2019. https://www.cisco.com/c/es_mx/products/switches/index.html?CCID=cc000009&OID=0&DTID=psegl000015&POSITION=SEM&COUNTRY_SITE=mx&CAMPAIGN=nb-06&CREATIVE=MX_SEM_NBR_NB06-Switches-SPA_EM_B_RLSA-GGL_0_All-Visitors_Targeting_MLT-Cisco-Switch&REFERRING_SITE=Google&KEYWORD=switch%20poe%20cisco&gclid=CjwKCAjw-5v7BRAmEiwAJ3DpuHud4Nl7svcfv3-L4TWji5lasyP9MlazLUjyOy6R8ritoeY6DWPxCBoC7TcQAvD_BwE#~recursos
- CISCO, NetAcad. "CISCO Energywise IOS Deployment guide", consultada por Internet el 11 de abril del 2019. <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/energywise/phase2/deployment/guide/ewdeploy/ewise.html>
- Eisen, Morty, "Introduction to PoE and the IEEE802.3af and 802.3at Standards", consultada por Internet el 10 de abril del 2019. Dirección de internet: https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/introduction_to_poe_802.3af_802.3at.pdf
- Salinas, O. H., Díaz, M., Puig, J., & Caballero, A. (2017). Power factor correction for the efficient use of electrical energy, a success case at Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos. *ECORFAN Journal - Democratic Republic of Congo*, 2 (2), 22-32.

Notas Biográficas

El **Dr. I Oscar Hilario Salinas Aviles** es profesor investigador de tiempo completo de la División Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación, de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, en el área de infraestructura de redes y telecomunicaciones digitales modernas. Integrante de cuerpo académico y perfil deseable PRODEP, con líneas y trabajos de investigación en diferentes áreas: uso eficiente de energía, telecomunicaciones inalámbricas, sistemas de Internet de las Cosas y sistemas digitales con FPGA. Ha escrito más de cuarenta artículos en revistas nacionales e internacionales, en español e inglés, los cuales son de divulgación y otros de investigaciones científicas o desarrollo tecnológico. Participa como divulgador de la ciencia en la página arturortiz.com, y en programas de radio FM locales.

La **M.T.I Martha Elena Luna Ortíz** es jefa del departamento de investigación y desarrollo tecnológico de la Universidad Emiliano Zapata del Estado de Morelos. Es docente de la DATIC – UTEZ, en el área de infraestructura de redes, y asesor de estudiantes en su proceso de estadía, para titularse a nivel TSU e Ingeniería. Integrante del cuerpo académico UTEZEM – CA – 3, siendo una de sus actividades el seguimiento de la colaboración con los cuerpos académicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), organizando eventos académicos y publicaciones en revistas JCR.