

# Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

## **Incidencia del telecomando en la eficiencia energética en la operación de los recerradores Nulec**

### ***Incidence of the remote control in the energy efficiency in the operation of the recloser NULEC***

**Lázaro Luis Crespo Guerra<sup>1</sup>, Raúl Ricardo Fernández Concepción<sup>2</sup>,  
Madaysis García Abrahantes<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Informático, Especialista del Centro de Operaciones de la Empresa Eléctrica de Pinar del Río, Cuba, [lazaroc@elecpri.une.cu](mailto:lazaroc@elecpri.une.cu)

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Técnicas, profesor Titular de la Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba, [raulricardo@upr.edu.cu](mailto:raulricardo@upr.edu.cu)

<sup>3</sup>Licenciada en Contabilidad y Finanzas, Especialista en Control Interno de la Empresa Eléctrica de Pinar del Río, Cuba, [madaysis@elecpri.une.cu](mailto:madaysis@elecpri.une.cu)

### **Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo**

Crespo, L.L., Fernández, R.R. y García, M. (2017). Incidencia del telecomando en la eficiencia energética en la operación de los recerradores Nulec. *Avances*, 19(3), 294-303. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/281/1091>

Recibido: junio 2017

Aprobado: agosto 2017

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se analiza la incidencia del uso de telecomando en el ahorro de combustible en la Empresa Eléctrica Pinar del Río. La estrategia más seguida hoy en día por las empresas eléctricas para mejorar la calidad del servicio es la de aplicar una mayor automatización de sus redes, instalando equipos primarios

de protección y medición Nulec, los cuales proporcionan los datos primarios para poder evaluar la confiabilidad de la red de distribución. Se demuestra con el presente trabajo que con el uso eficiente del telecomando se ahorra el consumo de combustible. Se elaboró un plan de medidas técnico - organizativas con el objetivo de aumentar la disponibilidad

técnica de los Nulec en cada subestación.

**Palabras clave:** Energía eléctrica, Nulec, telecomando, subestaciones.

---

## ABSTRACT

Presently work is analyzed the incidence of the remote control use in the saving of fuel in the Company Electric Pinar del Rio. The strategy followed today in day for the electric companies to improve the quality of the service is the one of applying a

bigger automation of its nets, installing primary teams of protection and mensuration Nulec, which provide the primary data to be able to evaluate the dependability of the distribution net. It is demonstrated with the present work that with the efficient use of the remote control the consumption of fuel is saved. A plan of measures technician was elaborated - organizational with the objective of increasing the technical readiness of the Nulec in each substation.

**Keywords:** electric power, Nulec, remote control, substations.

---

## INTRODUCCIÓN

En la vida moderna cada vez es mayor la importancia de la distribución de energía eléctrica para el desarrollo de la sociedad y específicamente en nuestro país, donde crece continuamente el número de personas que la utilizan con mayor demanda. Por tal motivo es de tener en cuenta toda la ayuda posible que pueda contribuir a las mejoras de la red eléctrica para mantener un servicio constante, confiable y eficiente (Ángel, 2001).

La eficiencia se ha convertido en la fuente principal de crecimiento de la economía en las condiciones actuales. Las empresas de producción y servicios han comprendido que la eficiencia energética, por su gran

repercusión en los costos de producción y la calidad, constituye un elemento clave para el logro de sus propósitos de crecimiento y desarrollo, para elevar su nivel de competencia (Viego, 2007).

El crecimiento constante de la demanda eléctrica y el envejecimiento de los equipos del circuito provocan el incremento de las caídas de tensión y de las pérdidas de potencia activa y las interrupciones del servicio eléctrico (Llamo, 2008).

Con vistas a lograr este objetivo se han realizado diferentes transformaciones en la estructura del Sistema Electroenergético Nacional pudiendo mencionar algunos como el Programa de Rehabilitación de Redes, cuya finalidad es la de disminuir las

pérdidas de energía en la distribución y lograr índices de interrupciones en todos los niveles acorde a los estándares mundiales. Los cambios de diferentes tecnologías como la de los bombillos incandescentes por lámparas fluorescentes; equipos de aire acondicionado y refrigeradores por otros más eficientes y menos consumidores; pero uno de los proyectos más importantes de este momento lo es sin dudas el Programa de Instalación de recerradores NULEC, por la influencia directa que ejercen sobre las interrupciones primarias, el Tiempo de Interrupción al Usuario (TIU) y la disminución sensible de los costos de operación y mantenimiento en todas las líneas eléctricas (Unión Nacional Eléctrica, 2011).

Un recerrador es un interruptor (disyuntor) regulado para la operación de recierre y un relé de control especializado. Constituye un equipo capaz de monitorear e interrumpir fallas como un interruptor; o también se puede decir que es un equipo capaz de realizar el recierre automáticamente después de un período de tiempo y hasta cuatro veces (O'Sullivan, 2001).

Los dispositivos de este tipo que se utilizan en el país, con el objetivo de proteger las líneas eléctricas, son fabricados en Australia por la industria NULEC, perteneciente a la compañía eléctrica Schneider. Esta compañía presenta un gran prestigio debido a la

calidad de sus productos y cuenta con oficinas en Inglaterra, Estados Unidos, Sudáfrica entre otras (Schneider Electric Company, 2007).

Los recerradores NULEC son utilizados para proteger las líneas de energía eléctrica, los transformadores y otros equipos de distribución de ser expuestos a niveles de corriente peligrosos. También detectan líneas caídas, para reducir el riesgo del personal entre otras. El avance de la tecnología y el advenimiento del control con microprocesador llevaron al desarrollo de la actual generación de recerradores con capacidades de protección cada vez más sofisticadas (Clavelo, 2014).

Desde hace algunos años la Unión Nacional Eléctrica ha estado adquiriendo, para su uso en las redes de distribución, recerradores y seccionalizadores automáticos de industrias NULEC. Ambos pertenecen a la familia de dispositivos de distribución de NULEC, que pueden ser operados por control remoto. Existe un software (WSOS), creado y desarrollado por Industrias NULEC, que sirve para manipular y configurar diferentes parámetros de esos equipos, ya sea un recerrador o un seccionalizador. Este software es muy potente y eficaz para su uso por el personal técnico de comunicaciones y protecciones de los despachos de distribución eléctrica, por ellos se está utilizando el sistema SCADA Eros, el

cual permite a los despachadores interactuar ver el estado de todos los interruptores en la red que están telecomandados y tomar decisiones con estos ante una operación específica del sistema. Actualmente la dirección de distribución de la Unión Eléctrica cuenta con TELENUL, SCADA que permite telecontrolar y supervisar de forma remota los interruptores Nulec instalados en sus subestaciones y redes de distribución, en la medida en que se vaya asegurando el soporte de comunicación necesario para su aplicación (Unión Nacional Eléctrica, 2011).

La investigación tuvo como objetivo: determinar la incidencia del telecomando en la eficiencia y el consumo de combustibles en la provincia de Pinar del Río.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La Empresa Eléctrica Pinar del Río tiene como misión generar, transmitir, distribuir, comercializar la energía eléctrica y dirigir el uso racional de la misma, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes, brindando un servicio eficiente y de calidad, cumpliendo los requisitos medioambientales, para lo cual contamos con los recursos técnicos y el personal competente.

Atiende en el territorio un total de 223 031 clientes, para llevar hasta ellos el servicio eléctrico cuenta con 306. 740 km de línea de transmisión, 18

circuitos de subtransmisión a 33kV con 709.594 km de línea y 2963.785 km de línea de distribución primaria a 13.2kV y 4.16kV con 9047 transformadores de 7.6 ó 4.2kV a 120/240V y 8045 circuitos secundarios con 2589. 320 km de línea.

También cuenta con 6 subestaciones de transmisión o 110 kV y 68 de subtransmisión o 33kV, de las cuales 55 son propias y 13 de terceros.

De las 55 subestaciones que conforman la población de 33kV se encuentran telecomandadas con Nulec 51 que conformaron la muestra de estudio. Para su telecontrol se utiliza un Software llamado TELENUL que se comunica con los interruptores utilizando como sistema de comunicación radios en la banda de dos metros y el protocolo de comunicación DNP 3, que en la actualidad han presentado dificultades con las comunicaciones.

En el proceso investigativo se revisaron las informaciones de las operaciones de los años 2013, 2014, 2015 y 2016 registradas de las fallas de los Recerradores Nulec las que permitieron realizar una evaluación estadística por tipo y el cálculo de los indicadores de confiabilidad.

La calidad del servicio en lo que respecta a la confiabilidad se evaluó sobre la base de la frecuencia y la duración de las interrupciones a los

clientes(Unión Nacional Eléctrica, 2011).

Las interrupciones que se computan serán todas aquellas cuya duración sea menor a quince minutos, quedando excluidas las que presenten una duración mayor a ese lapso.

Se consideraron registros oficiales solo los correspondientes a los Módulos del SIGERE vinculados a las estadísticas de interrupciones: Gestión de Incidencias.

Para analizar la información de las interrupciones de servicio, se desarrolló una Base de Datos de tipo académica en Microsoft Access 2007. Tomando los registros almacenados en la base de datos de Gestión de Incidencias, se obtuvieron las tasas de falla ( $\lambda$ ) y tiempos de reparación de los elementos de la red a modelar (U), Energía no suministrada (ENS) lo que permitió determinar los índices de calidad del servicio técnico.

Para el cálculo de los índices de sistema fueron necesario los registros de incidencia o interrupciones, el número de los clientes suministrados y afectados, la potencia conectada y afectada, etc. Según se ponderen o se basen en datos de clientes, de carga, etc., estos índices se pueden clasificar como: índices basado en clientes (SAIFI, SAIDI, CAIDI), índices basados en potencia (ALIFI, TIEPI), índices basados en energía (ENS, AENS) (Albornoz, 2002).

Se utilizaron los modelos estadísticos, exponencial en confiabilidad y de weibull para determinar a cuál se ajustan los datos, se empleó el Minitab 16 como herramienta estadística, para estudiar la distribución probabilística de los índices, se realizó una prueba de bondad de ajuste estadístico de Anderson- Darling.

Con ayuda de la base de datos se logró calcular los ahorros de combustibles por concepto de no viaje con la ayuda del telecomando.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

Las fallas según su duración se clasificaron en dos (2) grupos, las menores o iguales a quince minutos clasificadas como fallas transitorias, son aquellas que provoquen disparos en líneas con recierre exitoso o no y queden en servicio después de ser probadas manualmente por primera vez, en las cuales se ha utilizado la operación automática con el telecomando del equipo para solucionar la falla ocurrida, y las mayores a quince minutos clasificadas como fallas permanentes, son aquellas que provoquen disparos con recierre o no y queden fuera servicio después de ser probadas, las cuales se convierten en un mantenimiento de los equipos de la línea y la

consiguiente afectación de los clientes, para el cálculo de los indicadores de la calidad del servicio técnico se utilizaran las fallas transitorias (Unión Nacional Eléctrica, 2011).

La calidad del servicio en lo que respecta a la confiabilidad se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración de las interrupciones a los clientes.

Las interrupciones que se computan serán todas aquellas cuya duración sea menor a quince minutos, quedando excluidas las que presenten una duración mayor a ese lapso.

En la siguiente *tabla 1* se muestra la clasificación de las interrupciones según su duración, para los cuatro períodos de análisis.

**Tabla1.** Clasificación de las fallas en los años del 2013 al 2016.

<b>Años</b>	<b>&lt; 15 min Fallas transitorias</b>	<b>&gt; 15 min Fallas permanentes</b>	<b>Totales</b>
2013	348	334	682
2014	538	314	852
2015	368	322	690
2016	338	301	639
<b>Totales</b>	<b>1592</b>	<b>1271</b>	<b>2863</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Se realizaron análisis comparativos en las interrupciones ocurridas en los años 2013 al 2016 con una duración inferior a los 15 minutos como se puede observar en la *tabla 1*.

Las interrupciones se originaron por distintas causas, a continuación, en la

*tabla 2* se clasificaron las inferiores a los 15 minutos ocurridas en el período de análisis, las cuales fueron resueltas con el uso del telecomando.

**Tabla 2.** Clasificación de las interrupciones menores de 15 minutos.

<b>Causa</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Agentes externos	4	3	1	0
Aislamiento	0	0	0	1
Conductor	0	0	1	2
Contaminación	38	70	87	55
Crucetas y Herrajes	0	0	0	2
Equipos	4	1	10	0
Equipos y Accesorios	0	1	0	0
Estructuras	0	1	2	2
Falla en nivel inferior	2	0	0	0
Fallas del sistema	2	1	0	1
Falso contacto	1	4	6	1
Operación defectuosa o errónea	1	0	0	1
Oscilaciones	0	0	0	0
Otros agentes medioambientales	56	17	23	33
Problemas internos	0	2	0	0
Rayos	20	13	26	6
Transformador dañado	0	1	0	1
Voluntarias	220	424	212	233
<b>Total</b>	<b>348</b>	<b>538</b>	<b>368</b>	<b>338</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

En las 51 subestaciones telecomandadas con el uso del recerrador Nulec, evitaron que, para la solución de las interrupciones o fallas inferiores a los 15 minutos, por las causas antes expuestas, no fue necesario visitar el lugar con ningún vehículo, trayendo consigo un ahorro de combustible.

Como se puede observar en la *tabla 3* del año 2013 al 2016 hay un comportamiento muy parecido en la

cantidad de interrupciones transitorias, que son aquellas donde fueron resueltas por el uso eficiente del telecomando y donde no fue necesario visitar el terreno para resolver dicha falla, por este concepto se ahorró cada año una cantidad considerable de litros de combustible, lo cual suma del año 2013 al 2016 un total de 11 025, 99 litros de diesel y un ahorro económico de 8978,42 CUC.

**Tabla 3.** Cantidad de combustible ahorrado por el uso del telecomando.

Municipio	2013		2014		2015		2016	
	litros	ahorro	litros	ahorro	litros	ahorro	litros	ahorro
Consolación	728,01	728,01	768,56	768,56	363,47	265,33	364,23	211,25
Guane	24,73	24,73	50,08	50,08	21,4	15,62	1,19	0,69
La Palma	115,96	115,96	487,8	487,8	563,43	411,3	73,79	42,8
Los Palacios	16,47	16,47	24,98	24,98	6,39	4,67	1,46	0,85
Mantua	481,67	481,67	1213,41	1213,41	1555,58	1135,58	1631,92	946,51
Minas	70,74	70,74	82,3	82,3	116,05	84,72	131,55	76,3
P del Rio	120,05	120,05	234,16	234,16	127,16	92,83	129,18	74,93
San Juan	218,38	218,38	195,14	195,14	142,19	103,8	479,71	278,23
San Luís	15,77	15,77	17,74	17,74	7,88	5,76	0	0
Sandino	13,27	13,27	6,58	6,58	128,07	93,49	10,97	6,36
Viñales	56,91	56,91	94,86	94,86	85,37	62,32	47,43	27,51
<b>Total</b>	<b>1861,96</b>	<b>1861,96</b>	<b>3175,61</b>	<b>3175,61</b>	<b>3116,99</b>	<b>2275,42</b>	<b>2871,43</b>	<b>1665,43</b>

Fuente: Elaboración Propia

De no haber sido resuelta las interrupciones con el uso del telecomando también se hubiese incurrido en gastos salariales del personal de operaciones que atienden las interrupciones en las redes eléctricas.

### Plan de medidas técnico organizativas propuesto.

Como resultado de estudio realizado se observó que la utilización del uso del telecomando tuvo una incidencia directa en la disminución del consumo de combustible. A continuación, se muestran un conjunto de medidas técnico-organizativas que ayudaran a la utilización eficiente del telecomando:

- Realizar supervisiones a cada subestación de la provincia y comprobar el estado técnico de cada telecomando instalado.

- Sustituir de forma oportuna las baterías de respaldo de los Nulec.
- Capacitar a los Jefes de Brigadas y especialistas de operaciones que atienden las interrupciones en las subestaciones para evitar errores en la operación de los Nulec.
- Realizar celaje a todas las líneas de subtransmisión para verificar el estado de la poda, el aterramiento y los neutros en cada circuito y solucionar las no conformidades detectadas.
- Tramitar con la dirección de redes de la UNE la adquisición de los Nulec y nuevos seccionadores que faltan para lograr su instalación en el 100 % de las subestaciones.

- Conectorizar a través de fibra óptica el 100 % de las Subestaciones con el Despacho provincial de carga para lograr una mayor disponibilidad de las comunicaciones entre las subestaciones y el Despacho.
- Utilizar repetidores para la transmisión de datos en puntos geográficamente elevados, para efectuar el telecomando de los recerradores ubicados en zonas de geografía irregular.

### Impacto ambiental

En la medida que se utilice eficientemente el telecomando, disminuirá el consumo de combustible y con ello las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente en una proporción de 3,16 kg de por cada litro consumido, la densidad del diesel es de 0,838 kg/L (Ponce, 2009).

Resultando que del año 2013 al 2016 en la provincia Pinar del Río, se dejó de consumir con el uso eficiente del telecomando 11 025, 99 litros de diesel, que representa 9239,78 kg y por consiguiente no se emitió a la atmósfera 29197,70 kg de CO<sub>2</sub>.

### CONCLUSIONES

- Se pudo comprobar que las fallas transitorias con menos de 15 minutos son resueltas con el uso del telecomando y

por consiguiente disminuye el tiempo de interrupción al usuario.

- Se demostró que existió un ahorro de combustible en los últimos 4 años en la Empresa Eléctrica Pinar de Río de 11 025, 99 litros de diesel y un ahorro económico de 8978,42 CUC por el uso eficiente del telecomando.
- Se comprobó que existen dificultades en el funcionamiento del telecomando por los problemas de las comunicaciones que existen actualmente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángel, R. (2001). Hidrógeno y celdas combustibles. *Energía y tú*, (16), 18-21.
- Albornoz, V., Parra, E., Fabian, M., Armijos, H. (2002). *Restauración de Alimentadores Primarios considerando la Calidad del Servicio Técnico en la EERCS C.A. CIER*, III Seminario de Distribución y Comercialización, Cuenca, Ecuador. p. 35.
- Clavero, D.Y. (2014). *Operación remota de los recerradores NuLec en Villa Clara*. Universidad Central Martha Abreu de Santa Clara.

- Recuperado de:  
[http://wwwspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1367/Yasmani\\_Clavero\\_Darias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://wwwspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1367/Yasmani_Clavero_Darias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Llamo, L.S. (2008). *Sistemas Eléctricos II*. La Habana: ISPJAE. p.79.
- O'Sullivan, N. (2001). *Reconectores y sus aplicaciones*. Schneider Electric Company.
- Ponce, C.F. (2009). *Gasto de combustible fósil y de agua, y emisión de CO2, para formar un profesional en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH)*. Recuperado de:  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar30/HTML/articulo04.htm>.
- Schneider Electric Company (2007). *U series solid dielectric automatic circuit recloser*.
- Nulec Industries. Recuperado de:  
<http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/1407-nulec-u-series/>
- Unión Nacional Eléctrica. (2011). *Manual de Operaciones de la Unión Nacional Eléctrica*.
- Viego, F.P. (2007). *Temas especiales de sistemas eléctricos industriales*. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos. p. 12.

*Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license*