

## BALANCE DE CARGA DE LAS RUTAS DEL LECTOR-COBRADOR EN LA EMPRESA ELÉCTRICA DE CIENFUEGOS

### LOAD BALANCING OF READER-COLLECTOR'S ROUTES IN THE ELECTRICAL COMPANY OF CIENFUEGOS

**David Antonio Fornet Cabrera**

<https://orcid.org/0000-0003-4006-5047>

Universidad de Cienfuegos, Cuba

[dfornet@nauta.cu](mailto:dfornet@nauta.cu)

**Ridelio Miranda Pérez**

<https://orcid.org/0000-0001-5344-9950>

Universidad de Cienfuegos, Cuba

[rmiranda@ucf.edu.cu](mailto:rmiranda@ucf.edu.cu)

**Elia Natividad Cabrera Álvarez**

<https://orcid.org/0000-0002-1111-9838>

Universidad de Cienfuegos, Cuba

[elita@ucf.edu.cu](mailto:elita@ucf.edu.cu)

**Marle Pérez De Armas**

<https://orcid.org/0000-0002-7162-2304>

Universidad de Cienfuegos, Cuba

[marletp@ucf.edu.cu](mailto:marletp@ucf.edu.cu)

---

#### Resumen

En el Sistema de Gestión Integrada del Capital Humano, la organización del trabajo es esencial por su incidencia directa en los resultados productivos y de servicios, las condiciones de trabajo y la capacitación de los trabajadores entre otros aspectos. En la Sucursal Centro de la Empresa Eléctrica del municipio Cienfuegos se identificó la necesidad de mejora en el proceso clave de Comercialización, en particular en lo referido a optimizar los recorridos de los Lectores-Cobradores. El presente estudio tiene como principal objetivo el balance de carga de las rutas del Lector-Cobrador de la Sucursal Centro, atendiendo a su extensión y número de clientes, utilizando el proceder que se sustenta en el modelo matemático de transporte a partir del método de Programación Lineal. Mediante las subdivisiones propuestas y el balance realizado



Artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

se logra una mejora en las 8 rutas sobrecargadas, eliminándose totalmente el exceso de clientes en 2 rutas.

**Palabras clave:** organización del trabajo, modelo de transporte, programación de recorridos.

## Abstract

*In the Integrated Management System of Human Capital, the work organization is essential due to its direct impact on the production and service results, working conditions and the training of workers, among other aspects. In the Central Branch of the Electrical Company of Cienfuegos municipality, the need for improvement in the key process of Electrical Energy Trading was identified, in particular with regard to optimizing the routes of Readers-Collectors. The main objective of this study is to balance the routes of Reader-Collector in the Central Branch, taking into account their extension and number of clients, using the procedure that is based on the mathematical transport model based on the linear programming method. Through the proposed subdivisions and the balance made, an improvement is achieved in the 8 overloaded routes, totally eliminating the excess of customers in 2 routes.*

**Key words:** work organization, transportation model, route scheduling.

## INTRODUCCIÓN

Tanto en el contexto nacional como internacional, la organización del trabajo es de vital importancia, máxime en los tiempos actuales donde se requiere extrema eficiencia en la gestión integrada del Capital humano, centrado en la necesaria articulación de la ciencia, la tecnología y la innovación con todos los actores de los procesos productivos y de servicios. El conocimiento de esta tríada, al decir de Díaz-Canel Bermúdez (2021) constituye un insumo imprescindible para avanzar en el proceso de desarrollo.

“En particular, y con mucho énfasis se ha insistido en la importancia de acudir a la investigación científica, la ciencia, la innovación, la informatización y la comunicación, pilares de la política del gobierno, para encontrar soluciones a los más disímiles problemas.” (Díaz-Canel Bermúdez y Fernández González, 2020)

Según González Álvarez, R. y Torres Estévez, G. (2012), la organización del trabajo es la base que sustenta el incremento de la productividad, posibilita el crecimiento económico y maximiza la eficacia, eficiencia y efectividad; ofrece resultados porque es sistemática, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución.

Uno de los sectores estratégicos priorizados de Cuba es el sector Electroenergético. Este sector también forma parte de las expectativas centradas en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, esencialmente con el Objetivo 7, relacionado con los servicios energéticos, asequibles y fiables. (CEPAL, 2017). En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2011), se plantea la necesidad de garantizar los equilibrios macroeconómicos fundamentales y con ello lograr un entorno estable y sostenible que permita

asignar eficientemente los recursos en función de las prioridades nacionales y del crecimiento económico sostenido. Específicamente los lineamientos 252 y 253 de la Política Energética que tratan sobre el perfeccionamiento del trabajo de planificación y control del uso de los portadores energéticos, ampliando los elementos de medición y la calidad de los indicadores de eficiencia e índices de consumo establecidos. En este sentido la utilización de herramientas con el rigor científico, desde la modelación matemática, se impone como un reto a tener en cuenta en el ámbito empresarial.

Entre los Organismos Superiores de Dirección Empresarial (OSDE) que integran el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la Unión Nacional Eléctrica (UNE), opera el trabajo de las Empresas Eléctricas. La Empresa Eléctrica de Cienfuegos tiene como objeto social la *distribución, transmisión, y comercialización* de energía eléctrica al sector estatal y no estatal. Uno de sus procesos clave es la Comercialización de la Energía Eléctrica, cuya base operativa es el Lector-Cobrador, un puesto de trabajo móvil donde el ocupante cumple sus funciones mediante el recorrido de rutas<sup>1</sup> predeterminadas. En Pérez (2019), se precisa que como parte del diagnóstico realizado en 2016, para la actualización del expediente de Perfeccionamiento Empresarial, se detectaron deficiencias relacionadas con la organización del trabajo, siendo el proceso de Comercialización uno de los más deteriorados. A partir de dichos resultados se han desarrollado múltiples acciones entre las que se encuentra la firma del Proyecto Empresarial entre la Empresa Eléctrica de Cienfuegos y la Universidad de Cienfuegos "Carlos R. Rodríguez" titulado "*Innovación organizacional en la Empresa Eléctrica Cienfuegos*". Con la participación de un grupo multidisciplinario de especialistas y de un Grupo Científico Estudiantil, compuesto por estudiantes de alto aprovechamiento académico, este proyecto ha aportado a la fecha un conjunto de resultados desde la investigación científica y el postgrado, reconocidos por la entidad receptora, entre los que se encuentra el que se presenta en este estudio.

En la Sucursal Centro de la Empresa Eléctrica del municipio de Cienfuegos se han producido reiterados planteamientos de sus Lectores-Cobradores, que demandan una revisión de las rutas establecidas pues muchas son demasiado extensas y/o tienen un número excesivo de clientes. Los antecedentes anteriores permitieron formular un problema científico a resolver, a partir de la desproporción existente entre las rutas urbanas de los Lectores-Cobradores, tanto en su extensión como en su número de clientes. Para dar solución a este

<sup>1</sup> Una ruta es una porción de calle o avenida (o la combinación de ambas) que contiene cierto número de viviendas con metro-contador, denominadas clientes, cuyo consumo mensual de electricidad es leído y posteriormente cobrado. Las rutas pueden abarcar una o ambas aceras de las calles y/o avenidas que recorran.

problema, se plantea como objetivo de esta investigación: realizar el balance de carga de las rutas del Lector-Cobrador de la Sucursal Centro, atendiendo a su extensión y número de clientes.

## 1. Metodología

Se realizó un estudio exploratorio descriptivo con diseño no experimental. Se utilizaron métodos del nivel teórico tales como el *Analítico-Sintético*, para el análisis de la bibliografía sobre la organización del trabajo, la modelación matemática y en la síntesis de los aspectos del procedimiento propuesto, el *Inductivo-deductivo* para el necesario razonamiento de lo particular a lo general en la obtención de conclusiones. Entre los métodos empíricos se aplicaron herramientas para la captación de información tales como entrevistas no estructuradas (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014), revisión de documentos y observación directa.

Además se utilizaron técnicas de la Investigación de Operaciones, concretamente la Programación Lineal según Hillier y Lieberman (2010) y Taha (2012), sobre todo el Modelo de Transporte como caso especial, en el que fueron útiles diferentes enfoques de aplicaciones de este modelo (Villamarín *et al.*, 2019) y (López, Olguín y Camargo, 2008). También se exploró la utilización de este modelo en la programación de recorridos de rutas (Escobar, 2017) y (Machuca, Dorin y García, 2018). La base informativa estuvo compuesta por los códigos de las rutas, su recorrido, su extensión y la cantidad real de clientes por ruta. El procedimiento utilizado se visualiza a través de un algoritmo ilustrado en un diagrama de flujo básico. Este procedimiento es original y su creación responde a la ausencia de una metodología científica definida por la empresa para gestionar las rutas, lo cual se hace de forma empírica. La información se procesó por mediación del Microsoft Excel para el manejo de los datos y la organización de las rutas. En la caracterización de las rutas y su análisis descriptivo se utilizó el paquete estadístico SPSS V.23, mientras la solución de los modelos de transporte se obtuvo mediante el paquete de programas POM-QM para Windows.

## 2. Bases para la elaboración del procedimiento para balancear las rutas

El procedimiento propuesto está compuesto por tres etapas y 14 pasos que abarcan desde el registro y organización de las rutas hasta su balance detallado (Fig. 1).

## 3. Resultados de la Etapa I: Estructuración y clasificación de las rutas

En esta etapa del estudio se recopilaron y organizaron los datos de las rutas. Para esto, el área de la Ciudad de Cienfuegos que abarca las rutas pertenecien-

tes a la Sucursal Centro fue dividida en cuatro sectores A, B, C y D, de los cuáles solo se muestra el balance de las rutas del Sector A, comprendido entre las calles 19 y 49 y las avenidas 24 y 74.

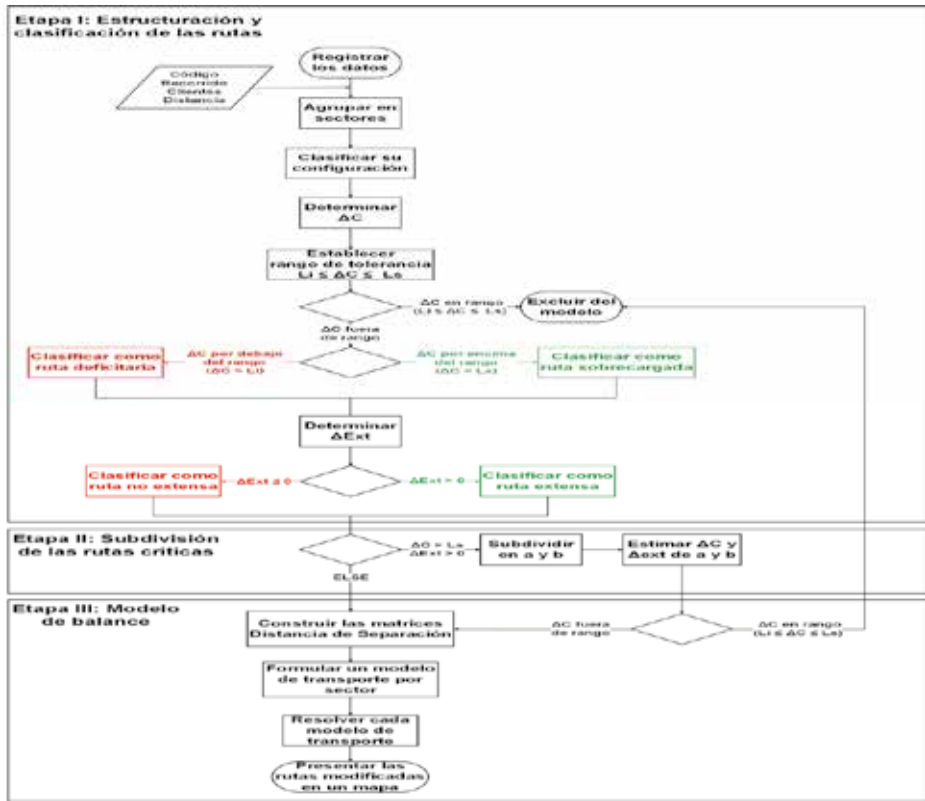


Fig. 1. Procedimiento para balancear las rutas según su número de clientes.

Para el análisis del número de clientes de cada ruta (obtenido del Programa de Lectura correspondiente a Octubre del 2020), se tomó como criterio comparativo la norma elemental existente de 250 clientes/ruta. Luego se calculó la diferencia ( $\Delta C$ ) entre el número real de clientes de cada ruta y el número de clientes normado. Las rutas con  $\Delta C > 50$  (excedente), se consideran rutas sobrecargadas, mientras que las rutas con  $\Delta C < -10$  (faltante) se clasifican como rutas deficitarias. Aquellas rutas con cantidades de clientes comprendidas entre los 240 y los 300, fueron descartadas por encontrarse dentro del rango de tolerancia establecido para este estudio. De esta forma se obtuvieron 11 rutas sobrecargadas y 9 deficitarias.

Para el criterio de clasificación de las rutas por su extensión, se tomó como referencia un límite de distancia ergonómicamente tolerable (proporcionada

por la experiencia de los lectores-cobradores) equivalente a 20 cuadras<sup>2</sup>. Posteriormente se calculó para cada ruta la diferencia ( $\Delta Ext$ ) entre su extensión y la extensión de referencia. Las rutas con  $\Delta Ext > 20$  se consideran extensas. Esta distancia ergonómicamente tolerable fue establecida de forma empírica, por lo que requiere un análisis especializado para su fundamentación técnica. Los parámetros de las rutas analizadas se muestran más adelante.

### ***Resultados de la Etapa II: Subdivisión de las rutas críticas***

A raíz de la estructuración y análisis de los datos se propone la bisección de varias rutas consideradas críticas, debido a que son extensas y además poseen un excedente de clientes relativamente alto. La configuración de estas rutas permite su seccionamiento. De esta forma, cada ruta crítica se divide en dos, las cuales heredan el código identificativo de la ruta madre, más las letras “a” y “b” para distinguirlas entre sí, y etiquetarlas como rutas resultantes de una bisección. Como resultado de esta etapa se dividieron 3 rutas críticas, obteniéndose 6 rutas resultantes, las cuales se clasificaron como deficitarias. Una de las rutas resultantes se excluyó del estudio porque recorre un tramo diagonal de la ciudad (una antigua vía férrea con casas a sus costados separadas de la línea por una distancia prudencial), lo que hace compleja la determinación de su distancia de separación con el resto de las rutas. La ruta excluida no presenta sobrecarga de clientes, lo que no deviene una carga extra de trabajo para el Lector-Cobrador asignado a esta.

### ***Resultados de la Etapa III: Modelo de balance***

Para realizar el balance de clientes de las rutas se formula y resuelve un modelo de transporte para cada sector. La función del modelo es distribuir el excedente de clientes de cada ruta sobrecargada entre las rutas deficitarias para completar sus faltantes, garantizando que la distancia de separación entre las rutas que intervienen sea mínima. De esta forma, las rutas deficitarias completarán su faltante mediante la adhesión de fragmentos de las rutas sobrecargadas más próximas. En la Tabla 1 se organizan los parámetros del modelo de transporte: las rutas sobrecargadas con sus excedentes (en verde), las rutas deficitarias con sus faltantes (en rojo), y la Matriz de Distancias de Separación (en azul), la cual relaciona el número de cuadras necesarias para trasladarse de cada ruta sobrecargada a cada ruta deficitaria, bajo el supuesto de que sigue la trayectoria más sencilla posible.

<sup>2</sup> Para simplificar la dimensión de los datos y los cálculos, todas las distancias se expresan en cuadras. Entiéndase por cuadra el tramo de una calle o avenida, comprendido entre una esquina y la siguiente, y tomando en cuenta solamente una de las dos aceras. Dicho tramo equivale a 100 m.

**Tabla 1.** Tabla de parámetros del modelo de transporte empleado en el Sector A

| SECTOR A |     |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |     |                |
|----------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|----------------|
| RUTA     | G3a | M3 | O1 | C1 | K2 | N2 | C2 | J3 | J2a | S4 | G1a | G1b | G3b | EXCE-<br>DENTE |
| E1       | M   | M  | M  | 8  | 5  | 3  | 7  | M  | M   | M  | M   | M   | M   | 87             |
| K3       | 11  | 7  | 3  | M  | 0  | M  | M  | 2  | 3   | 8  | 14  | 13  | 11  | 71             |
| L3       | M   | M  | M  | 3  | 6  | 8  | 4  | M  | M   | M  | M   | M   | M   | 81             |
| O3       | M   | M  | M  | 7  | 4  | 2  | 6  | M  | M   | M  | M   | M   | M   | 58             |
| I2       | 5   | 1  | 3  | M  | M  | M  | M  | 4  | 3   | 2  | 8   | 7   | 5   | 58             |
| T1       | 6   | 2  | 2  | M  | M  | M  | M  | 3  | 1   | 3  | 9   | 8   | 6   | 98             |
| I3       | 6   | 2  | 2  | M  | M  | M  | M  | 3  | 2   | 3  | 9   | 8   | 6   | 70             |
| R1       | 1   | 3  | 7  | M  | M  | M  | M  | 8  | 7   | 2  | 4   | 3   | 1   | 71             |
| FALTANTE | 64  | 46 | 49 | 37 | 15 | 47 | 13 | 15 | 95  | 60 | 64  | 63  | 64  |                |

Fuente: Elaborada a partir del software POM-QM.

A través de entrevistas realizadas a los Lectores-Cobradores, se ha constatado la existencia de una restricción técnico-organizativa sobre el diseño de las rutas, según la cual una ruta solamente puede estar conformada por calles o por avenidas. Para los efectos del modelo, esta restricción de flexibilidad provoca que las rutas que recorren calles no puedan recibir clientes de rutas que recorran avenidas, y viceversa, invalidando los traspasos entre rutas que se interceptan. Las distancias M presentes en la matriz representan las transferencias de clientes prohibidas entre estas rutas, siendo la M un artificio matemático utilizado para que el algoritmo de solución del modelo ignore dichas transferencias.

En la Tabla 2 se muestra la solución óptima alcanzada con ayuda del modelo matemático formulado. Cada fila presenta la cantidad de clientes a transferir desde una ruta con exceso hacia una ruta con faltante, así como la distancia que las separa. A partir del análisis realizado con la dirección de la empresa se decidió desestimar las transferencias de menos de 10 clientes, así como los traspasos entre rutas con más de 3 cuadras de separación.

**Tabla 2.** Solución óptima del modelo de transporte para el Sector A

| Desde | Hacia | Clientes transferidos | Distancia de separación |
|-------|-------|-----------------------|-------------------------|
| K3    | O1    | 49                    | 3                       |
| K3    | J3    | 15                    | 2                       |
| L3    | C1    | 37                    | 3                       |
| O3    | N2    | 47                    | 2                       |
| I2    | M3    | 36                    | 1                       |
| I2    | S4    | 22                    | 2                       |
| T1    | M3    | 10                    | 2                       |

| Desde | Hacia | Cientes transferidos | Distancia de separación |
|-------|-------|----------------------|-------------------------|
| T1    | J2a   | 88                   | 1                       |
| I3    | S4    | 38                   | 3                       |
| R1    | G3a   | 64                   | 1                       |

Fuente: Elaborada a partir del software POM-QM.

En la Tabla 3 se muestran las transformaciones producidas en el número de clientes de las rutas sobrecargadas tras la implementación de la solución del modelo. Las nuevas rutas propuestas se encuentran en el rango establecido de entre 240 y 300 clientes, y la distancia extra inherente al traspaso de clientes no sobrepasa las 3 cuadras.

**Tabla 3.** Reducción esperada de clientes en las rutas sobrecargadas

| Ruta | Cientes actuales | Exceso actual | Cientes tras el balance | Exceso tras el balance |
|------|------------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| K3   | 321              | 71            | 257                     | 7                      |
| L3   | 331              | 81            | 294                     | 44                     |
| O3   | 308              | 58            | 261                     | 11                     |
| I2   | 308              | 58            | 250                     | 0                      |
| T1   | 348              | 98            | 250                     | 0                      |
| I3   | 320              | 70            | 282                     | 32                     |
| R1   | 321              | 71            | 257                     | 7                      |

## CONCLUSIONES

El estudio de organización del trabajo en el proceso clave de Comercialización con base a la optimización de las rutas del Lector-Cobrador, ha permitido clasificar las rutas de acuerdo a su configuración y agruparlas en sectores, facilitándose un análisis pormenorizado de estas.

El balance de rutas, derivado del modelo de transporte, permitió obtener nuevas rutas en el rango establecido de entre 240 y 300 clientes, y la distancia extra inherente al traspaso de clientes no sobrepasa las 3 cuadras. Mediante las subdivisiones propuestas y el balance realizado se logra una mejora en las 11 rutas sobrecargadas, eliminándose totalmente el exceso de clientes en 5 rutas, dos de las cuales están ajustadas a la norma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe* [en línea]. <https://www.cepal.org> 46

- Cuba. Partido Comunista de Cuba. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.
- Díaz-Canel Bermúdez, M. y Fernández González, A. (2020). Gestión de gobierno, educación superior, ciencia, innovación y desarrollo local. *Retos de la Dirección*, 14(2), 5-32.
- Díaz-Canel Bermúdez, M. (2021). ¿Por qué necesitamos un sistema de gestión del Gobierno basado en ciencia e innovación? *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(1).
- Díaz-Canel Bermúdez, M. (2021). *Sistema de gestión del gobierno basado en ciencia e innovación para el desarrollo sostenible en Cuba*. Tesis de Doctorado. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.
- Escobar, J.W. (2017). Modelo matemático para la planificación de servicios y programación de rutas en empresas prestadoras de servicios de control de plagas. *Entramado*, 13(1), 72-77. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25105>
- González Álvarez, R., y Torres Estévez, G. (2012). Diseño y aplicación de un procedimiento para el autocontrol del sistema de gestión integrado de capital humano. *Universidad y Sociedad*, 4 (1).
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6<sup>ta</sup> Edición. McGraw-Hill.
- Hillier, F.S. y Lieberman, G.J. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. 9<sup>na</sup> Edición. Mc Graw-Hill Companies. México.
- López Barreras, J.A., Olguín Tiznado, J.E., y Camargo Wilson, C. (2008). Modelo matemático de transporte aplicado a una compañía dedicada a la manufactura y distribución de juguetes, usando programación lineal entera. *Revista Ingeniería Industrial*, 7(2), 65-82. <https://dialnet.uniroja.es/descarga/articulo/5010385.pdf>
- Machuca de Pina, J.M., Dorin, M., y García Yi, A.I. (2018). Evaluación experimental de un modelo de programación lineal para el problema de ruteo de vehículos (VRP). *Interfases*, (11), 103-117. <https://doi.org/10.26439/interfases2018.n011.2956>
- Martínez, D., González, A., González, A., y Cazanave, J. (2020). Integración de la gestión por procesos y el diseño arquitectónico en organizaciones de servicios públicos. *Revista Ingeniería Industrial*, 41(20). <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1046>
- Pirez Bermúdez, L.M. (2019). *Mejora de la organización del trabajo en la Empresa Eléctrica Cienfuegos*. (Tesis de Maestría).
- Taha, H.A. (2012). *Investigación de operaciones*. 9<sup>na</sup> Edición. Pearson Educación. México.

Villamarín Padilla, J.M., Aguilar Miranda, G.J., Llamuca Llamuca, J.L., y Villacrés Suárez, W.H. (2019). Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal. *Visionario Digital*, 3(2), 64-81. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.394>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores certifican, bajo declaración, ausencia de conflicto de intereses, eximiendo a la revista *Ekotemas* de cualquier reclamación al respecto. En caso de presentarse cualquier reclamación o acción de parte de un tercero en cuanto a los derechos morales o patrimoniales de autor sobre la obra en cuestión, asumen toda la responsabilidad y defenderán de los derechos aquí otorgados.

## CONTRIBUCIÓN AUTORAL

DAVID ANTONIO FORNET CABRERA. A partir del planteamiento del problema y su marco teórico, gestionó la base informativa, realizó el trabajo de campo, aplicó entrevistas, elaboró y aplicó el procedimiento para el balance de las rutas a partir del Modelo de transporte. Contribuyó a la interpretación de resultados obtenidos.

RIDELIO MIRANDA PÉREZ. Participó en la formulación de los modelos matemáticos de transporte, en su resolución con el programa POM-QM para Windows y en la interpretación de los resultados. Además, contribuyó con el sustento bibliográfico actualizado.

ELIA NATIVIDAD CABRERA ÁLVAREZ. Participó en el diseño de las entrevistas, en el procesamiento estadístico de los datos con el paquete de programas estadístico SPSS y su interpretación, además contribuyó con el sustento bibliográfico actualizado.

MARLE PÉREZ DE ARMAS. Coordina el proyecto empresarial “Gestión de la Innovación organizacional en la Empresa Eléctrica de Cienfuegos” bajo el cual se realiza el presente estudio; identifica, organiza y participa en la realización de las tareas científicas relacionadas con el análisis de la organización del trabajo para el proceso clave Comercialización.