



## Análisis prospectivo: dispositivos de control de tráfico en centros históricos cubanos

### *Prospective analysis: traffic control devices in Cuban historical centers*

Orlando Santos-Pérez <sup>I</sup>

 <http://orcid.org/0000-0003-2420-5732>

Yenisey León-Reyes <sup>II</sup>

 <http://orcid.org/0000-0003-0224-2946>

Claudia Hernández-Sánchez <sup>II</sup>

 <http://orcid.org/0000-0002-7319-7743>

Maylín Marqués-León <sup>II</sup>

 <http://orcid.org/0000-0001-9036-9001>

Dianelys Nogueira Rivera <sup>II</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-0198-852X>

I Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI), Matanzas, Cuba.

E-mail: [orlando-santos@empai.cu](mailto:orlando-santos@empai.cu)

II Universidad de Matanzas, Sede "Camilo Cienfuegos", Matanzas, Cuba.

E-mail: [yenisey.leon@umcc.cu](mailto:yenisey.leon@umcc.cu); [claudia.hernandez@umcc.cu](mailto:claudia.hernandez@umcc.cu); [maylin.marques@umcc.cu](mailto:maylin.marques@umcc.cu); [dianelys.nogueira@umcc.cu](mailto:dianelys.nogueira@umcc.cu)

Recibido: 8 de febrero del 2020

Aprobado: 1 de junio del 2020

### RESUMEN

Se presenta el análisis prospectivo del proceso de gestión de dispositivos de control de tráfico como parte del proceso de gestión de accesibilidad y movilidad en los centros históricos cubanos, y su aplicación en la ciudad de Matanzas. Entre las herramientas empleadas se encuentran la tormenta de ideas, revisión de documentos, observación directa, y entrevista a los expertos, complementadas por métodos para el análisis prospectivo como Matriz de Impactos Cruzados - Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MIC-MAC), Matriz de Alianzas y Conflictos, Tácticas, Objetivos y Recomendaciones (MACTOR), construcción y análisis del espacio morfológico (MORPHOL), y análisis probabilístico de los escenarios (SMIC-Prob-Expert). A partir del análisis prospectivo, se identificaron las variables clave, los actores implicados, los objetivos estratégicos, y las hipótesis para la construcción de los escenarios referenciales, a partir de los cuales se proponen acciones de mejora que contribuyen a la gestión de dispositivos de control de tráfico en centros históricos cubanos.

**Palabras Clave:** análisis prospectivo, dispositivos de control de tráfico, accesibilidad y movilidad, acciones de mejora.

## ABSTRACT

*The prospective analysis of the process of managing traffic control devices is presented as part of the accessibility and mobility management process in Cuban historical centers, and its application in the city of Matanzas. Among the tools used are brainstorming, document review, direct observation, and interview of experts, complemented by methods for prospective analysis such as Cross Impact Matrix - Multiplication Applied to a Classification (MIC-MAC), Matrix of Alliances and Conflicts, Tactics, Objectives and Recommendations (MACTOR), construction and analysis of the morphological space (MORPHOL), and probabilistic analysis of the scenarios (SMIC-Prob-Expert). From the prospective analysis, the key variables, the actors involved, the strategic objectives, and the hypotheses for the construction of the reference scenarios are identified, from which improvement actions are proposed that affect the management of control devices. of traffic in Cuban historical centers.*

**Keywords:** *prospective analysis, traffic control devices, accessibility and mobility, improvement actions.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los términos accesibilidad y movilidad se han convertido en uno de los puntos principales a abordar cuando se habla de vialidad urbana, pues constituyen el principal problema a resolver en diversas regiones, fundamentalmente en entornos urbanos de marcada centralidad, como lo constituyen los centros históricos [1].

Los estudios de accesibilidad y movilidad en entornos urbanos, se limitan al análisis del sistema de transporte público con énfasis en los volúmenes de pasajeros transportados hacia y a través de los centros urbanos [1; 2; 3; 4]. Se estudia el motivo de los viajes generados que poseen como destino las zonas patrimoniales [2; 5; 6; 7]. Se investiga el carácter intermodal de los itinerarios seguidos por los usuarios del sistema vial desde un origen ubicado en diversos puntos de la ciudad, que tienen como destino el centro histórico [1; 5; 8; 9]. Sin embargo, no se dispone de un instrumental metodológico que evalúe el comportamiento de los parámetros característicos del funcionamiento del sistema vial urbano, tanto en las condiciones de operación presentes, como en las posibles configuraciones futuras. De ahí que la prospectiva estratégica vislumbre como un enfoque de utilidad para el apoyo a la toma de decisiones de los gobiernos locales de las ciudades patrimoniales cubanas.

Escasos son los estudios de prospectiva estratégica aplicada a la gestión vial en el contexto internacional. Se muestran resultados en la construcción de escenarios futuros de acuerdo a la composición y distribución de las corrientes vehiculares que sirven de base al transporte público como medio para solventar las demandas de movilidad de la población con énfasis en la disminución del transporte privado para la movilidad [10]. Se comparan escenarios probables para la validación de un modelo de uso de suelo en infraestructura vial [11], y se incorpora el análisis prospectivo estratégico a la planificación y proyección de sistemas de transporte urbano [12; 13; 14; 15]. Donde se presenta la segmentación del análisis en fases de diagnóstico, a partir de: la revisión de la literatura científica y encuesta cuantitativa a los usuarios del sistema vial urbano. La preparación del estudio a través de:

- la identificación de los cambios claves que debe experimentar el funcionamiento del sistema vial y la construcción de los escenarios probables
- el reconocimiento de los actores o entidades relacionadas con los problemas detectados
- la creación de una agenda política con un grupo de acciones a implementar para garantizar el correcto funcionamiento del sistema vial urbano.

En el ámbito nacional [16], la prospectiva estratégica ha sido aplicada en las dos primeras décadas del siglo XXI en campos como la Educación y Educación Superior, la gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación, el desarrollo local, la gestión ambiental, la economía, la planificación, la energía, el turismo y la biotecnología.

## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

La gestión vial como caso particular de la gestión pública, carece de experiencias de estudios prospectivos en el contexto cubano. La presente investigación se propone como objetivo la realización del análisis prospectivo del proceso de gestión de Dispositivos de Control de Tráfico (DCT) en el centro histórico de la ciudad de Matanzas, como contribución a la mejora de la gestión de accesibilidad y movilidad en los centros históricos.

### II. MÉTODOS

En la bibliografía nacional e internacional se evidencia la construcción y empleo de procedimientos para el análisis prospectivo como herramienta de planeación a largo plazo [17], tanto en el sector empresarial de la producción y los servicios [18] como en instituciones de desarrollo sociocultural [19].

En los casos analizados como muestra del amplio campo de aplicación de la prospectiva estratégica en la literatura, se identifica una secuencia común para la realización del análisis prospectivo. Sin embargo, dichos procedimientos no se adecuan a las particularidades del proceso en estudio. Se propone un procedimiento para el análisis prospectivo del proceso de gestión de DCT en centros históricos cubanos. A partir de la integración de herramientas como: la descripción de las relaciones existentes entre variables a partir de matrices de influencia directa, indirecta y las potenciales correspondientes; la influencia entre actores y entre objetivos; y la determinación del espacio morfológico a través de la construcción de escenarios. En la figura 1 se observa el procedimiento para el análisis prospectivo de la gestión de DCT en centros históricos cubanos.

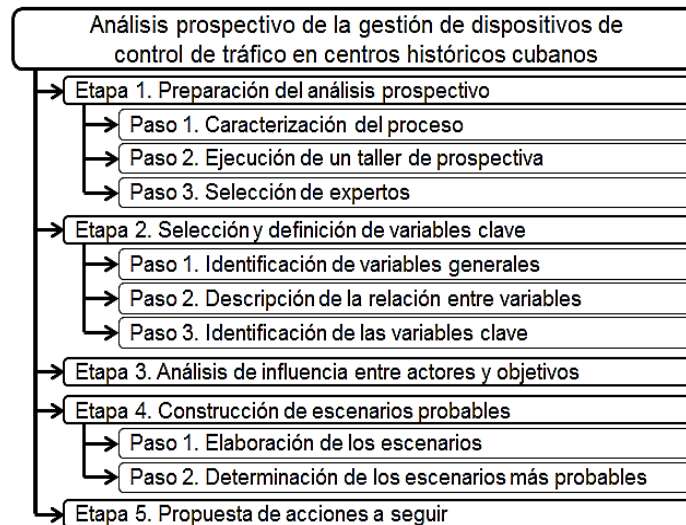


Fig. 1. Procedimiento para el análisis prospectivo de la gestión de DCT en centros históricos cubanos

El procedimiento consta de 5 etapas articuladas y secuenciadas de forma lógica. En la primera etapa se realiza la caracterización general del proceso objeto de estudio, para familiarizar al grupo de expertos seleccionados con los elementos a evaluar mediante el análisis prospectivo. En la segunda etapa se identifican las variables inherentes al proceso, se seleccionan las variables clave mediante el empleo de la versión automatizada del método Matriz de Impactos Cruzados-Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MIC-MAC), y se describen las relaciones entre estas. En la tercera etapa se analizan las relaciones de influencia que se establecen entre actores y objetivos mediante el método Matriz de Alianzas y Conflictos, Tácticas, Objetivos y Recomendaciones (MACTOR) en su versión informática. En la cuarta etapa se elaboran los escenarios probables según el comportamiento de las variables clave mediante el empleo del método de construcción y análisis del espacio morfológico (MORPHOL), y se determinan los de mayor probabilidad de ocurrencia mediante el análisis probabilístico de los escenarios (SMIC-Prob-Expert). En la quinta etapa se proponen acciones a seguir para la consecución de los objetivos estratégicos del proceso objeto de estudio.

### III. RESULTADOS

Se procede a la aplicación del procedimiento para el análisis prospectivo del proceso de gestión de DCT en el centro histórico de la ciudad de Matanzas.

#### **Etapa 1.** Preparación del análisis prospectivo.

Se sientan las bases para la implementación del análisis prospectivo del proceso de gestión de DCT en centros históricos cubanos, a partir de la definición y caracterización del proceso a estudiar, y la selección del grupo de trabajo y los expertos a participar en el estudio.

#### **Paso 1.** Caracterización del proceso.

El proceso de gestión de DCT es un proceso clave de la gestión integrada de accesibilidad y movilidad en centros históricos cubano, que tiene como inicio la realización de estudios sistemáticos para la colocación de dispositivos de control, y como cierre el seguimiento y control de su colocación. Los objetivos estratégicos del proceso son localizar los dispositivos de control en los puntos que ameriten su empleo, y conservar los dispositivos de control. Guarda estrecha relación con los procesos de gestión de infraestructuras vial y peatonal, y prevención de accidentalidad. La medición de la eficacia del proceso se evidencia en la disminución de la peligrosidad a partir de la localización del dispositivo de control.

#### **Paso 2.** Ejecución de un taller de prospectiva.

Con el propósito de familiarizar a los diferentes funcionarios de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACEs) implicados en el proceso, con los preceptos de la prospectiva, se realizan talleres en los cuales se abordan sus principales características y técnicas a utilizar. De este modo los actores se encontrarán más capacitados para tomar conciencia de las dificultades que corren el riesgo de encontrar y para definir un método de trabajo eficaz en atención a las especificidades de los problemas y a las condiciones de su enfoque.

En los talleres de prospectiva realizados participaron los 14 expertos preseleccionados entre funcionarios de los OACEs implicados en el proceso y especialistas externos de experiencia en la gestión de DCT.

#### **Paso 3.** Selección de expertos.

Para la determinación de expertos se emplean como criterios de selección: los años de experiencia, posición ante la toma de decisiones, años trabajados vinculados al proceso objeto de estudio, profesionalidad, nivel escolar, creatividad e innovación, conocimientos del proceso, disposición ante el trabajo, capacidad de análisis y colectividad. De esta forma quedan seleccionados 14 expertos con un promedio de 24 años de experiencia laboral en el sector empresarial vinculado al proceso.

#### **Etapa 2. Selección y definición de variables clave.**

##### **Paso 1.** Identificación y definición de las variables generales.

##### **Variables externas:**

Construcción de nuevos viales (CNV): Demanda de DCT para garantizar la correcta señalización de un nuevo tramo de vía.

Refuncionalización o modificación (RM): Introducción de cambios al esquema de movilidad de la ciudad que requieran la ubicación de nuevos DCT.

Peligrosidad (Pe): Según la cantidad de puntos de conflicto tanto entre los propios flujos vehiculares como en su interacción con los flujos peatonales, aumenta la peligrosidad en tramos de vía e intersecciones.

Nivel de accidentalidad (NA): Fortalecimiento del control de tráfico debido a la ocurrencia de accidentes en puntos específicos del subsistema vial.

Planificación (PI): Proyección de ubicación y/o restitución de DCT.

Estudios sistemáticos (ES): Estudios que permiten establecer una proyección estratégica en la gestión de DCT, tales como visibilidad, patrones de flujos vehiculares y peatonales, accidentalidad.

Efectos de eventos meteorológicos (EEM): Deterioro inutilización de DCT debido a las inclemencias del tiempo.

Vandalismo (V): Deterioro o sustracción de DCT por personas naturales con fines vandálicos.

Falta de mantenimiento periódico (FMP): Deterioro e inutilización de DCT por pérdida de legibilidad, corrosión en elementos de soporte o anclaje, pérdida de planimetría, entre otras afecciones.

Planteamiento de electores (PE): Propuestas de ubicación de DCT realizadas por los usuarios del subsistema vial durante el proceso de rendición de cuentas del delegado a sus electores.

##### **Variables internas:**

Disponibilidad de recursos materiales (DRM): Nivel de asignación de materiales, partes y piezas para la ejecución de los DCT.

Disponibilidad tecnológica (DT): Existencia de equipos y procedimientos para la producción de DCT.

Disponibilidad de recursos humanos (DRH): Cobertura de plantilla aprobada para los cargos relacionados con el proceso de gestión de DCT a los diferentes niveles organizativos.

## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

Motivación del personal (MP): Nivel de compromiso de los recursos humanos con la consecución de los objetivos trazados en el proceso.

Capacitación del personal (CP): Nivel de conocimientos de los recursos humanos en las funciones específicas a desempeñar en el proceso.

Superación profesional (SP): Conciencia de los recursos humanos de la necesidad de superación y especialización en su rol específico dentro del proceso para contribuir a su mejor desempeño.

Evaluación y control del personal (ECP): Actividad mediante la cual se garantiza que el recurso humano que participa en el proceso, sea el más capacitado para ello.

Capacidad de producción (CPr): Nivel de respuesta a la demanda de DCT.

Condiciones de trabajo (CT): Asociado al estado de las instalaciones, la adopción de posiciones de trabajo adecuadas, existencia de regímenes de trabajo y descanso definidos.

### Paso 2. Descripción de la relación entre las variables.

Para relacionar las variables se llena la Matriz de Influencias Directas (MID) cuyo objetivo es evaluar las relaciones de influencia y dependencia directa que existe entre las 19 variables identificadas (Tabla 1). El llenado de cada cuadrante se realiza de acuerdo a la influencia ejercida por las variables dispuestas en columna, sobre las variables dispuestas en fila, y se toma como escala la siguiente: no existe = 0; débil = 1; mediana = 2; fuerte = 3 y potencial = P.

**Tabla 1.** Matriz de influencia / dependencia directa

	1 : CNV	2 : RM	3 : Pe	4 : NA	5 : PI	6 : ES	7 : EEM	8 : V	9 : FMP	10 : PE	11 : DRM	12 : DT	13 : DRH	14 : MP	15 : CP	16 : SP	17 : ECP	18 : CPr	19 : CT
1 : CNV	0	1	P	2	3	0	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 : RM	3	0	3	3	2	0	3	2	2	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 : Pe	3	3	0	3	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 : NA	3	3	3	0	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 : PI	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 : ES	3	3	3	3	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 : EEM	2	3	3	3	2	P	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 : V	0	2	2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 : FMP	0	3	3	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 : PE	1	2	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 : DRM	3	3	1	1	3	2	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 : DT	3	3	1	1	3	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	3	3
13 : DRH	2	2	0	0	1	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	3	1	0
14 : MP	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3	0	3	3	3	3	0
15 : CP	2	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	3	3	0	2	3	3	0
16 : SP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	3	3	0
17 : ECP	3	3	1	1	2	2	2	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	3	0
18 : CPr	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 : CT	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0

### Paso 3. Identificación de las variables clave.

Mediante el método Matriz de Impactos Cruzados-Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC) se seleccionan las variables clave. Esta herramienta de estructuración colectiva tiene como objetivo hacer aparecer las principales variables influyentes o motrices como suele también llamárseles y las dependientes. La determinación de las variables claves se realiza mediante el análisis de las relaciones de influencia/dependencia directas, directas potenciales, indirectas e indirectas potenciales. Para ello, el usuario realiza el número de interacciones que crea necesarios para la estabilidad del sistema. Se realizan siete iteraciones para alcanzar la estabilidad entre las variables, y se alcanza el 100% entre las influyentes y las dependientes. La relación de estabilidad entre la influencia y la dependencia en el proceso se mantiene al 100% a partir de la sexta iteración, lo que demuestra que todas las matrices deben converger hacia una estabilidad al final de la séptima iteración. El conjunto de las variables generales definidas, se sitúa en un plano de motricidad-dependencia (directa, indirecta o potencial), en el cual quedan identificados cuatro sectores con las variables independientes, variables clave, variables con alto nivel de dependencia y variables excluidas. Las coordenadas de las variables corresponden a las sumas de las influencias (por fila) y las dependencias (por columna), calculadas a partir de la matriz correspondiente. Se definen las variables clave para cada una de las clasificaciones de las relaciones de influencia y dependencia.

- **Matriz de Influencias Directas (MID):** El plano de influencias/dependencias de clasificación directa muestra las variables clave de acuerdo a los cuatro sectores anteriormente definidos. Según el plano de influencias-

dependencias de clasificación directa las variables claves son la refuncionalización o modificación (RM), el nivel de accidentalidad (NA), la peligrosidad (Pe), los estudios sistemáticos (ES) y la planificación (PI).

- **Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP):** Representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables. Este complementa la MID al tener en cuenta las relaciones visibles en un futuro. Esta matriz tiene en cuenta las relaciones potenciales (inexistentes hoy pero que la evolución del sistema hace probables o por lo menos posibles en un futuro más o menos lejano). Por tanto, salen a relucir otras variables que en un futuro son potenciales. Para construir el plano de las influencias directas potenciales entre variables la entrada de la matriz se realiza a partir de valores de la MID. Las dos matrices están ligadas y una modificación de la matriz MID conllevaría la modificación correspondiente sobre la matriz MIDP, donde se utiliza la misma escala anterior, pero las relaciones potenciales se convierten en relaciones fuertes debido a la importancia de estas en el futuro. Las variables claves del proceso de GDC en esta clasificación son la refuncionalización o modificación (RM), el nivel de accidentalidad (NA), la peligrosidad (Pe), los estudios sistemáticos (ES) y la planificación (PI).
- **Matriz de Influencias Indirectas (MII):** Corresponde a la Matriz de Influencias Directas (MID) elevada en potencia por interacciones sucesivas, en este caso a la séptima potencia por mantenerse una estabilidad en la sexta iteración. Estas influencias indirectas permiten develar ciertas variables que en razón de sus acciones indirectas juegan un papel principal que no se consideran en las relaciones directas. El plano de influencias y dependencias indirectas entre variables se obtiene de las coordenadas de las variables que corresponden a las sumas de influencias dependencias, calculadas a partir de la matriz MII. La variables clave para esta clasificación es la planificación (PI).
- **Matriz de Influencias indirectas potenciales (MIIP):** Corresponde a la Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) elevada a la potencia, por iteraciones sucesivas. A partir de esta matriz, una nueva clasificación de las variables pone en valor las variables potencialmente más importantes del sistema. La variables clave para esta clasificación es la planificación (PI).

#### Resultado final del análisis estructural

Sobre la base de que cada uno de los planos existen variables que se desplazaron y otras que se mantuvieron fijas, es necesario para determinar las variables claves del estudio, el análisis del plano de desplazamiento potencial (Figura 2).

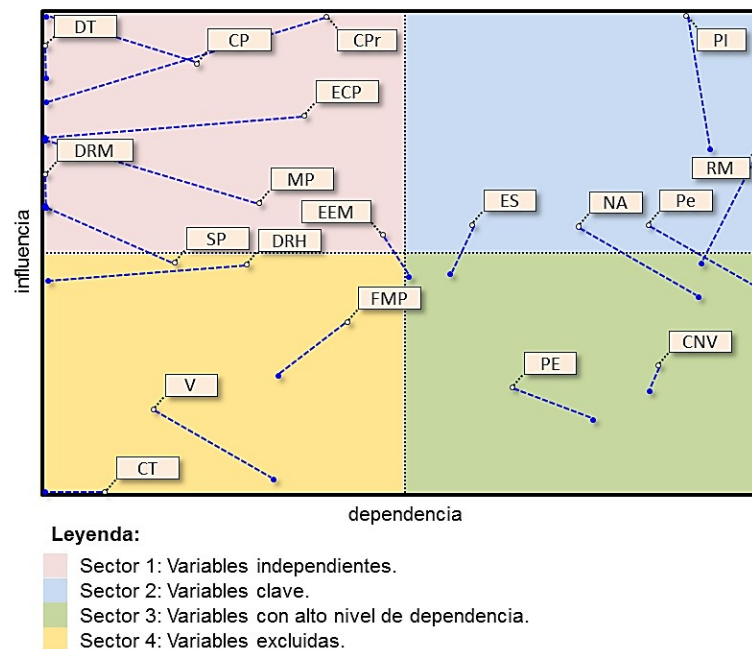


Figura 2. Mapa de desplazamiento potencial directo e indirecto.

Este plano permite intercalar los diferentes planos propuestos en la aplicación del método MIC-MAC. El usuario tiene la posibilidad de definir los planos que desea visualizar al mismo tiempo. En este caso los expertos han decidido el plano de desplazamiento potencial debido a las características que tiene esta clasificación de mostrar variables ocultas y variables potenciales en un futuro que quizás hoy no lo son. Del análisis del plano de desplazamientos de las relaciones de influencia/dependencia de las variables directas potenciales e indirectas potenciales, resulta que actualmente las variables clave del proceso de gestión de DCT en centros históricos son refuncionalización o modificación (RM), nivel de accidentalidad (NA), peligrosidad (Pe),

## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

estudios sistemáticos (ES) y planificación (PI). Sin embargo, al analizar los desplazamientos de las variables, resulta como única variable clave la planificación. Para los consiguientes análisis se trabajará con las cinco variables clave actuales, debido a que el análisis del desplazamiento evidencia la proximidad al límite entre cuadrantes hacia la que se trasladan las cuatro variables que se convierten en dependientes. Cualquier variación no prevista en el análisis del comportamiento de las variables desplazadas podría situarlas en el mismo cuadrante para su destino de desplazamiento futuro.

**Etapa 3.** Análisis de influencia entre actores y objetivos.

Para realizar el análisis del juego de los actores se escoge a funcionarios de los Organismos de la Administración Central del Estado implicados en el proceso, así como expertos en Ingeniería de Tránsito, para un total de nueve actores participantes. Se pasa a identificar los objetivos más significativos para cada uno, lo que permite revelar un cierto número de retos estratégicos sobre los que los actores tienen objetivos convergentes o divergentes.

Objetivos estratégicos del proceso GDC:

- II. Localizar los DCT en los puntos que ameriten su empleo. (L)
- III. Conservar los DCT. (C)
- IV. Garantizar el correcto funcionamiento de los DCT. (F)
- V. Realizar análisis previos a la incorporación de los DCT. (I)
- VI. Garantizar la permanencia de las propiedades físicas. (P)

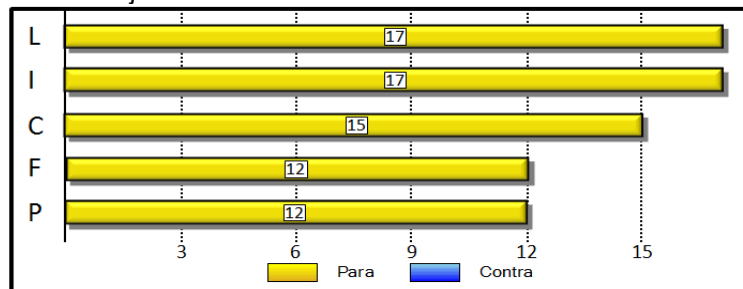
Definidos los objetivos específicos, se determinó la relación actor/objetivo mediante entrevistas, con el objetivo de conocer la implicación de cada actor con cada objetivo presentado. Se emplea el método de análisis de juego de actores Matriz de Alianzas y Conflictos, Tácticas, Objetivos y Recomendaciones (MACTOR) en su versión informática, el cual procesa tres matrices de posiciones.

La primera matriz que se rellena es la Matriz de posiciones valoradas Actores x Objetivos (2MAO) (Tabla 2) que describe para cada actor su valencia en cada uno de los objetivos y su jerarquía.

**Tabla 2.** Matriz Actores /Objetivos del proceso de GDC (2MAO)

2MAO	L	C	F	I	P
ARF	3	3	2	4	2
YMV	4	4	3	3	3
GLS	3	3	2	3	2
MVC	3	2	2	3	3
PAG	4	3	3	4	2

Se realiza el análisis de primer orden o Matriz de Posiciones Simples (1MAO), donde se describe la valencia de cada actor sobre cada objetivo (favorable, opuesto, neutral o indiferente). Luego se realiza el análisis de segundo orden o Matriz Actores/Objetivos, donde se describe para cada actor a la vez su valencia sobre cada uno de los objetivos (favorable, opuesto, neutral o indiferente) y su jerarquía de objetivos, e identifica para cada actor la tasa de posiciones favorables y desfavorables sobre los objetivos definidos. Se calcula un histograma (Figura 3) de la movilización de actores sobre los objetivos.



**Fig. 3.** Histograma de implicación de actores sobre objetivos.

Del histograma de implicación de los actores en el proceso de GDC sobre los objetivos de orden 2 se puede determinar que los actores están más implicados en los objetivos siguientes:

- Localizar los DCT en los puntos que ameriten su empleo.
- Garantizar el correcto funcionamiento de los DCT.

El análisis de tercer orden o Matriz de Posiciones Valoradas Ponderadas (3MAO) describe la posición de cada actor sobre cada objetivo a partir de su valencia sobre estos, su jerarquía de objetivos y relaciones de fuerza entre



actores. Este histograma 3MAO (Figura 4) permitió identificar para cada actor, la tasa de posiciones favorables y desfavorables sobre los objetivos definidos.

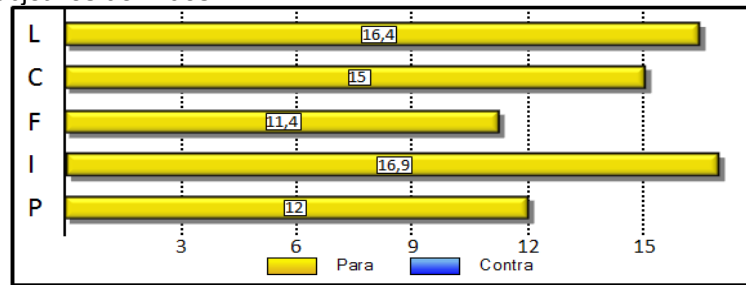


Fig. 4. Histograma de movilización de actores sobre objetivos (3MAO).

El histograma permite ver como se llegan a los mismos resultados expuestos en la 2MAO, y refleja que los actores se encuentran más implicados en los objetivos siguientes:

- Localizar los DCT en los puntos que ameriten su empleo.
- Garantizar el correcto funcionamiento de los DCT.

Seguidamente se realiza el análisis para evaluar las relaciones de fuerza de los actores. Se construye una matriz de influencias directas entre actores (Tabla 3), a partir de un cuadro estratégico de actores para valorar los medios de acción de cada actor.

Tabla 3. Matriz de Influencias Directas (MID) del proceso de GDC

MID	ARF	YMV	GLS	MV	PAG
ARF	0	4	4	4	4
YMV	2	0	2	2	2
GLS	2	2	0	2	2
MVC	2	2	2	0	2
PAG	1	1	1	1	0

Se construye la Matriz de Influencias Directas e Indirectas (MIDI), que permite obtener las influencias directas e indirectas de orden 2 entre actores (Tabla 4). El interés de esta matriz es el de aportar una visión más completa del juego de relaciones de fuerza (un actor puede limitar el abanico de elección de un segundo que actúa sobre él mismo a través de un actor relevo). Mediante la MIDI se calculan dos indicadores: el grado de influencia directa e indirecta de cada actor ( $I_i$ , al sumar por líneas), y el grado de dependencia directa e indirecta de cada actor ( $D_i$ , al sumar por columnas).

Tabla 4. Matriz de Influencias Directas e Indirectas (MIDI) del proceso de GDC

MIDI	ARF	YMV	GLS	MVC	PAG	$I_i$
ARF	7	9	9	9	10	37
YMV	7	7	7	7	8	29
GLS	7	7	7	7	8	29
MVC	7	7	7	7	8	29
PAG	4	4	4	4	4	16
$D_i$	25	27	27	27	34	140

Los datos arrojan cuales son los actores más influyentes sobre otros y cuales más dependientes, los mismos son:

- Actor más influyente en el proceso de GDC: Arniel Rodríguez Falcón (Director del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito).
- Actor dependiente en el proceso de GDC: Pedro Antonio Galves (Técnico en Ingeniería de Tránsito).

Una vez analizadas las matrices se consolidaron los resultados gráficamente donde se exponen las distancias netas entre objetivos (Figura 5) y entre actores (Figura 6). Estos gráficos ayudan a determinar los objetivos y actores más implicados para el estudio.

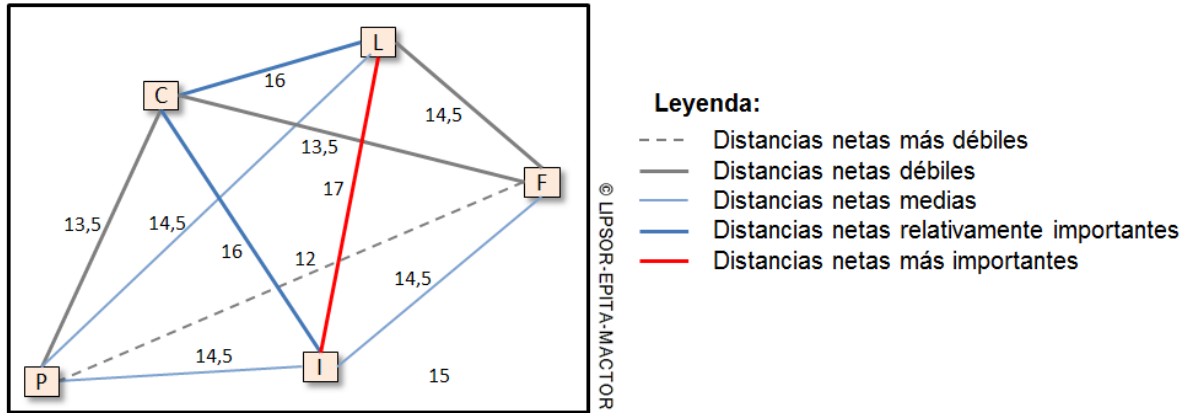
1. Los objetivos claves en el proceso de GDC son:



## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

1. Localizar los DCT en los puntos que ameriten su empleo.
2. Realizar análisis previos a la incorporación de los DCT.
2. Los actores claves en el proceso de GDC son:
  3. Yuditza Milanés Vázquez (Ingeniera Principal, Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito).
  4. Pedro Antonio Galves (Técnico en Ingeniería de Tránsito).

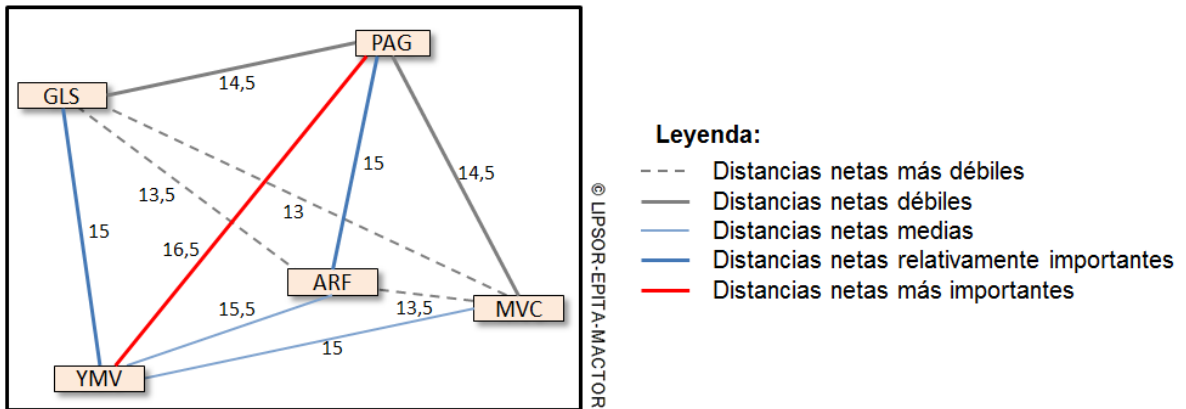
**Gráfico de distancias netas entre objetivos**



**Fig. 5.** Gráfico de distancias netas entre objetivos

Fuente: MACTOR.

**Gráfico de distancias netas entre actores**



**Fig. 6.** Gráfico de distancias netas entre actores

Fuente: MACTOR.

### Etapa 4. Construcción de escenarios probables.

Los escenarios se construyen a partir de una serie de hipótesis plausibles sobre cada una de las preguntas claves o variables. El objetivo será en primer lugar, explorar y luego reducir el espacio de escenarios a través de un análisis morfológico, al tener en cuenta las exclusiones que derivan, por ejemplo, de posibles incompatibilidades entre ciertas hipótesis. Luego deberá analizarse el grado de coherencia de los escenarios preseleccionados. Se procede al empleo del método de construcción y análisis del espacio morfológico (MORPHOL), el cual parte de los dominios del sistema, el listado de variables, y las hipótesis y sus probabilidades.

#### Paso 1. Elaboración de los escenarios.

Se identificaron los dominios del sistema, y a partir de los resultados del análisis estructural el grupo de expertos definió los componentes para cada proceso (Tabla 5).

**Tabla 5.** Definición de las variables del proceso de GDC con su dominio para el análisis morfológico.

No.	Título corto	Título largo	Dominio
1	Pe	Peligrosidad	Funcionamiento
2	NA	Nivel de accidentalidad	Funcionamiento
3	RM	Refuncionalización o modificación	Soporte Técnico
4	PI	Planificación	Soporte Técnico
5	ES	Estudios sistemáticos	Soporte Técnico

Definidas ya las variables, se prosigue a la determinación de los espacios morfológicos (hipótesis) para cada una de esas variables, donde los actores formaron parte de las decisiones. Se fijó el número de escenarios posibles para el proceso después de haber introducido los datos, y resultó que de un número total de 1024 escenarios, 4 escenarios fueron pre retenidos y 1 tuvo preferencia.

Una vez determinados el número de escenarios el grupo de expertos procedió a la determinación del escenario deseable, el lógico tendencial, y el contrastado o catastrófico.

**Paso 2.** Determinación de los escenarios más probables.

Para definir el escenario referencial o futurible se utilizan los 4 escenarios pre retenidos seleccionados por los actores mediante tormenta de ideas y procesados en el MORPHOL, se prosigue aplicándoles el método para el análisis probabilístico de los escenarios (SMIC-Prob-Expert).

La realización de una hipótesis a un horizonte dado, constituye un acontecimiento y el conjunto de las hipótesis constituye un referente en el cual hay tantos estados posibles o imágenes finales, como combinaciones de juegos de hipótesis. El método SMIC permite, a partir de informaciones provistas por expertos, elegir, entre las 2 imágenes posibles, aquellas que merecen ser más estudiadas, y se tiene en cuenta su probabilidad de realización. Determinados ya los escenarios predefinidos mediante el estudio morfológico se les preguntó a los actores de los procesos a través de entrevistas las probabilidades simples de realización a un horizonte dado y las probabilidades condicionales de las hipótesis fijadas.

Tomados ya los datos pertinentes solo queda realizar el análisis probabilístico mediante el método para el análisis probabilístico de los escenarios (SMIC-Prob-Expert), para determinar cuál es el escenario más probable y determinar así las estrategias a seguir para lograr el escenario deseable. En principio, se corrigen las opiniones brutas expresadas por los expertos de manera que se obtengan resultados netos coherentes, es decir, que satisfagan los problemas clásicos sobre las probabilidades, lo más cercanos posible de las estimaciones iniciales. Una vez que se cuenta con todos los datos necesarios, sólo queda realizar el análisis probabilístico para determinar cuál es el escenario más probable y determinar así, las estrategias a seguir para provocar el escenario deseable.

Para el análisis de los datos en bruto mediante histogramas de probabilidades simples, se determina el porcentaje de ocurrencia para cada escenario.

El método SMIC-PROB-EXPERT transformó las probabilidades de hipótesis definidas por los actores en datos coherentes que respetan las fórmulas de base de las probabilidades. Los datos brutos provistos por los actores se remplazaron por datos netos procesados. Obtenidas las probabilidades condicionadas se procedió a calcular las probabilidades netas de realización o éxito para cada escenario, de lo que resulta S1 con valor de 0,1; S2 con 0,9, S3 con 0,64 y S4 con 0,48.

**Etapa 5.** Propuesta de acciones a seguir.

Para el proceso de gestión de DCT, los expertos proponen y validan las siguientes acciones a desarrollar para el cumplimiento de las hipótesis del escenario referencial:

1. Garantizar la capacitación de los funcionarios de los OACEs implicados en el proceso, de los ejecutores de los estudios para el diagnóstico, y de los productores de los DCT.
  2. Ejecutar de forma sistemática y programada los estudios de Ingeniería de Tránsito referentes al diagnóstico del estado de conservación, y la necesidad de ubicación y restitución de DCT.
  3. Actualizar periódicamente el levantamiento de los DCT existentes.
  4. Dar seguimiento a la accidentalidad con enfoque estratégico, al registrar las causas relacionadas con la ubicación, estado de conservación, condiciones de visibilidad y otros indicadores inherentes al funcionamiento de los DCT.
  5. Ampliar la capacidad de producción de dispositivos de control en la planta.
  6. Gestionar la disponibilidad de materias primas, equipamiento y mano de obra para la producción de DCT.
- Controlar la calidad en la producción y colocación de DCT.

#### **IV. DISCUSIÓN**

La aplicación experimental del procedimiento propuesto permitió comprobar la factibilidad de su implementación como contribución a la gestión de DCT en centros históricos cubanos. Esta herramienta metodológica permite estructurar de forma lógica un grupo de herramientas para el análisis prospectivo, así como su adecuación a los procesos relacionados con la accesibilidad y movilidad en centros históricos.

Se obtuvieron para el caso de estudio de la ciudad de Matanzas, la descripción de las relaciones existentes entre las variables del proceso de gestión de DCT a partir de matrices de influencia directa, indirecta y las potenciales

## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

correspondientes; la influencia entre actores y entre objetivos; y la determinación del espacio morfológico a través de la construcción de escenarios.

Los resultados arrojaron que la totalidad de los expertos coinciden en que es muy poco probable que ocurra el escenario 1, es muy probable que ocurra el escenario S2, es probable que ocurra el escenario S3 y es bastante probable que ocurra el escenario S4. Esto demuestra que el escenario futurible o referencial es S2, el cual evidencia la funcionalidad del sistema de DCT. Para las condiciones fijadas en la estructura de hipótesis, este escenario garantizará la adecuación de la infraestructura vial a nuevas condiciones de circulación implantadas, y reducirá la peligrosidad del entorno en que se ubiquen los DCT. Por otra parte, la ubicación y restitución de los DCT, y los estudios para caracterizar las variaciones y patrones de sus parámetros característicos, se realizarán con enfoque estratégico, de forma sistemática y planificada.

Al quedar definida la planificación como variable clave presente y futura, se realizarán planificadamente los estudios sistemáticos que permitirán establecer una proyección estratégica en la gestión de DCT, que contribuirá a reducir la peligrosidad y el nivel de accidentalidad. Asimismo la refuncionalización o modificación del esquema vial estará regido por el proceso de gestión de la infraestructura vial, por lo que la planificación como eje transversal del modelo, garantizará la retroalimentación y mejora continua en el proceso de gestión de DCT. Esta variable sienta la base para la implementación de la planeación estratégica en la que el proceso de gestión de DCT adquiera un rumbo estratégico en su gestión y control.

### V. CONCLUSIONES

1. El análisis prospectivo estratégico es aplicable a múltiples esferas del desarrollo social. La transferencia de sus enfoques, conceptos y herramientas hacia la gestión de DCT en centros históricos cubanos conlleva una adecuación para lograr la pertinencia y utilidad requeridas.
2. El procedimiento propuesto para el análisis prospectivo de la gestión de DCT en centros históricos cubanos consta de cinco etapas articuladas. Permiten: caracterizar el proceso, identificar las variables inherentes al proceso, analizar las relaciones de influencia que se establecen entre actores y objetivos, elaborar los escenarios probables con su probabilidad de ocurrencia y proponer acciones para la consecución de los objetivos estratégicos del proceso. En consecuencia, constituye una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el Consejo de la Administración Provincial y los OACEs implicados.
3. La aplicación del procedimiento para el análisis prospectivo al proceso de gestión de DCT permitió identificar las variables clave, los actores implicados, los objetivos estratégicos y las hipótesis para la construcción de los escenarios referenciales. Posibilitó proponer las acciones de mejora en contribución al correcto funcionamiento de este componente del subsistema vial que incide en la accesibilidad y movilidad. 🏠

### VI. REFERENCIAS

1. Monzón de Cáceres, A. Los indicadores de accesibilidad: la cuantificación de impactos de las redes de transporte. *Revista de Obras Públicas*. 2015;162 (3566): 41-48. ISSN 1695-4408. Disponible en: <http://ropdigital.ciccp.es/detallearticulo.php?registro=19643&anio=2015&numero revista=3566>.
2. Calonge Reillo, F. Usos de los medios de transporte y accesibilidad urbana. Un estudio de caso en el área metropolitana de Guadalajara, México. *Papeles de Geografía*. 2016; (62): 90-106. ISSN 1989-4627. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2016/256351>.
3. Díaz Carrero, JL.; Rives Navarro, L. Modelización de la Movilidad Urbana Vertical y su relación con el Transporte Público de Pamplona. En XII Congreso de ingeniería del transporte. 7, 8 y 9 de Junio, Valencia (España). Editorial Universitat Politècnica de València. 2016. ISSN1016-1024. Disponible en: <http://doi.org/10.4995/CIT2016.2015.4076>.
4. Aguirre Quesada, J. P. Movilidad urbana en México. Cuaderno de Investigación. Dirección General de Análisis Legislativo. Senado de la República, LXIII Legislatura. 2017. Disponible en: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/3391>.
5. Suárez Falcón, H.; Verano Tacoronte, D.; García Santana, A. La movilidad urbana sostenible y su incidencia en el desarrollo turístico. *Gestión y Ambiente*. 2016; 19(1): 48-62. ISSN 0124-177X. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/57205/56834>.

6. Costa, P. B., Morais Neto, G. C., & Bertolde, A. I. Urban Mobility Indexes: A Brief Review of the Literature. *Transportation Research Procedia*.2017; 25: 3645–3655. ISSN 2352-1465.Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.330>.
7. Kamruzzamana, M.; de Vos, J.; Currie, G.; Giles-Corti, B.; Turrelle, G.Spatial biases in residential mobility: Implications for travel behaviour research. *Travel Behaviour and Society*.2019; 18: 15-28. ISSN 2214-367X.Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.09.001>.
8. Handley, J. C.; Fu, L. &Tupper, L. L. A case study in spatial-temporal accessibility for a transit system. *Journal of Transport Geography*.2019; 75: 25–36.ISSN 0966-6923.Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.01.005>.
9. Osorio Arjona, J; García Palomares, J. C. Nuevas fuentes y retos para el estudio de la movilidad urbana. *Cuadernos Geográficos*. 2017; 56 (3): 247-267. Universidad de Granada. Granada, España. ISSN0210-5462. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17154972012>.
10. Kaufmann, V., & Ravalet, E.From weak signals to mobility scenarios: A prospective study of France in 2050. *Transportation Research Procedia*.2016; 19: 18-32.ISSN 2352-1465.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214651630850X>.
11. Moeckel, R., & Nagel, K. Maintaining mobility in substantial urban growth futures. *Transportation Research Procedia*.2016; 19: 70-80.ISSN 2352-1465.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516308559>.
12. Jiang, H., & Levinson, D. M. Accessibility and the evaluation of investments on the Beijing subway. *Journal of Transport and Land Use*. 2017; 10(1): 395-408. ISSN 1938-7849.Disponible en: <https://doi.org/10.5198/jtlu.2016.884>.
13. Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velásquez, J. M., Cruz, M. N., Peña, A., & Oviedo, D. R. An innovative transit system and its impact on low income users: the case of the Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*.2014; 39: 49–61. ISSN 0966-6923.Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.018>.
14. Gulhan, G.; Ceylan, H.; Baskan, O.; Ceylan, H. Using Potential Accessibility Measure for Urban Public Transportation Planning: A Case Study of Denizli, Turkey. *Promet - Traffic & Transportation*. 2014; 26 (2): 129-137. ISSN 0353-5320.Disponible en:<https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/1238>.
15. Hensher, D. A., Ellison, R. B., & Mulley, C. Assessing the employment agglomeration and social accessibility impacts of high speed rail in Eastern Australia. *Transportation*. 2013; 41(3), 463–493.ISSN 0049-4488. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11116-013-9480-7>.
16. García Capote, E.; Lezcano Lastre, I. Estudios de prospectiva cubanos 2004-2016. Exploración preliminar en la Internet. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2016; 6(2): 1-29.ISSN 2304-0106.Disponible en: <http://www.revistacuba.cu/index.php/revacc/article/view/345>.
17. Dueñas Ramos, Javier; Medina León, Alberto; Ramírez Gómez, Luis Xavier; Camacho Villota, Washington; Sobenis Cortez, Juan. La prospectiva estratégica como herramienta de planeación a largo plazo. *Revista Magazine de las Ciencias*. 2019; 4 (3). ISSN 2528-8091. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3339463>.
18. de León Lafuente, Lourdes A. La prospectiva en la planeación estratégica. *Procedimiento metodológico para el sector empresarial. Teknos Revista Científica*. 2010; 6 (1), 37-49. ISSN 1900-7388. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382647>.
19. Valarezo Aguilar, Bryan E.; López Zambrano, Génesis J.; Arias Chávez, David A.; Abril Ortega, Johana E. Gestión y prospectiva estratégica aplicable a entidades públicas de desarrollo sociocultural. *Revista Hallazgos* 21. 2018; 3 (Suplemento especial). ISSN 2528-7915. Disponible en: <https://revistas.pucese.edu.ec/hallazgos21/article/view/230/136>.

**Los autores declaran que no hay conflictos de intereses de ningún tipo**

#### **Contribución de cada autor**

**Orlando Santos Pérez:** Concepción de la investigación. Redacción de la versión inicial del artículo.

Escritura de materiales y métodos y las conclusiones del trabajo.

**Yenisey León Reyes:** Descripción de materiales y métodos. Recopilación, análisis y procesamiento de la información para el artículo.

**Claudia Hernández Sánchez:** Descripción de materiales y métodos. Recopilación, análisis y procesamiento de la

## ANÁLISIS PROSPECTIVO: DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO EN CENTROS HISTÓRICOS CUBANOS

---

información. Trabajo con software para el artículo

**Maylín Marqués León:** Dirección del proceso de investigación, el análisis y procesamiento de la información. Responsable de la escritura de materiales y métodos y las conclusiones del trabajo. Revisión final del artículo.

**Dianelys Nogueira Rivera:** Revisión final del artículo. Adecuación al formato de la revista.