

# Representación diferida del tráfico ferroviario sobre un esquema sinóptico lineal del territorio Occidente de Cuba

MSC. GILBERTO MILANÉS RODRÍGUEZ  
Investigador Auxiliar, Cimab  
milanes@cimab.transnet.cu

ING. JORGE RAÚL DÍAZ GÁLVEZ  
raul@cimab.transnet.cu  
Cimab

TÉC. NORA TERESA DELGADO CAMEJO  
norat@cimab.transnet.cu  
Cimab

**Palabras clave:** Tráfico ferroviario, Tiempo diferido, Esquema lineal  
**Key Words:** Rail traffic, Differed time, Lineal outline

## Resumen

La explotación del parque de locomotoras y el movimiento de los trenes del transporte ferroviario público precisa la introducción de nuevas tecnologías para su control en tiempos real y diferido. El objetivo de este trabajo fue visualizar, sobre un diagrama lineal y en tiempo diferido, la posición y el sentido de los trenes con Parte de Operaciones Asociados (POA) que circulan por la red ferroviaria del Territorio Occidente de Cuba. Para lograrlo, se diseñó un esquema sinóptico lineal de esta región y

se desarrolló una herramienta informática para la actualización de los trenes a partir de los POA. En su elaboración se emplearon métodos teóricos y empíricos con técnicas informáticas y geomáticas. Este trabajo permitió dar seguimiento a los trenes en tiempo diferido durante su recorrido por el territorio, analizar el cumplimiento de los itinerarios y detectar violaciones cometidas. Los resultados brindaron una mejor percepción de la calidad del servicio ferroviario de carga y pasaje.

## Abstract

The exploitation of the locomotives park and the trains' movement of the public rail transport needs the introduction of new technologies for its control in real and differed times. The objective of this work was to visualize, on a lineal diagram and in differed time, the position and the sense of the trains with associated operations' parts (POA) that circulate for the railroad net of the Western Territory of Cuba. To achieve it, a lineal synoptic outline of this region

was designed and a computer tool was developed for trains upgrade, starting from the POA. In their elaboration, theoretical and empiric methods were used with techniques of computers and geomatics. This work allowed giving pursuit to the trains in differed time during its travel by the territory, to analyze the itineraries execution and to detect made violations. The results offer a better perception of the rail service quality of load and passage.



## Introducción

La Unión de Ferrocarriles de Cuba (UFC) está conformada por cuatro territorios a lo largo del país: Occidente, Centro, Centro-Este y Oriente. Este trabajo solo contempla al Territorio Occidente.

El Itinerario de los trenes vigente (Suplemento No.3 al Itinerario No. 14, 2012) es el documento oficial que reglamenta la circulación de los trenes, coordinando y armonizando todas las funciones de las estaciones, los talleres del material rodante, del mantenimiento de vías y las comunicaciones.

Su cumplimiento es la obligación más importante de todos los empleados relacionados con el movimiento de trenes, por lo que se precisa la introducción de nuevas tecnologías como herramientas para controlar y organizar, en tiempos real y diferido, la explotación del parque de locomotoras y el movimiento de los trenes del transporte ferroviario público.

A finales de los años 90 del siglo pasado, comenzó a desarrollarse el proyecto DACOM por la empresa Transprox y

luego con el apoyo de la empresa Teletrans, ambas pertenecientes al Ministerio del Transporte, el que brindó soluciones parciales para el control del tráfico ferroviario las que no pudieron concretarse, debido, fundamentalmente, a la falta de infraestructura necesaria, sobre todo en el equipamiento de infocomunicaciones y las prestaciones de las herramientas informáticas.

En el año 2011, se dieron los primeros pasos para la introducción gradual del Sistema de Gestión y Control de Flota (SGCF) en las actividades de la UFC, el que basa su actividad en la utilización de medios técnicos de posicionamiento satelital y medios informáticos, situados en locales afines y a bordo de las locomotoras.

Uno de los escenarios de control del SGCF contiene herramientas en tiempo diferido. Sin embargo, hasta la fecha, el movimiento de los trenes se delineó manualmente sobre unos modelos de papel establecidos para ello, sin utilizar ningún soporte informático.

En este sentido, y para comenzar a operar con métodos más cercanos a los países desarrollados, se ejecutó el proyecto de I+D «Sistema de Información Geográfica de las Operaciones Ferroviarias», del cual forma parte este trabajo y cuyo objetivo general fue visualizar, sobre un diagrama lineal y en tiempo diferido, la posición y el sentido de los trenes con POA (Propio o Ajeno) que circulan por la red ferroviaria del Territorio Occidente de Cuba.

En este trabajo se diseñó un esquema sinóptico lineal de esta región y se desarrolló una herramienta informática para la actualización de los trenes, a partir de los POA. Esto permite el monitoreo de los trenes en tiempo diferido y el análisis

del comportamiento del tráfico para tomar las medidas oportunas y corregir irregularidades. Los resultados obtenidos brindan una mejor percepción de la calidad del servicio ferroviario de carga y pasaje.

## Materiales y métodos

La base de la organización del movimiento de trenes es el Sistema de la Dirección de Despacho (SDD), en el cual intervienen las unidades reguladoras del movimiento de trenes y determinados elementos de vía, que se caracterizan a continuación junto con el documento POA y los tipos de trenes. Posteriormente se exponen los requerimientos de trabajo, los métodos científicos empleados y las aplicaciones desarrolladas: el Esquema Sinóptico Lineal (ESL) del Territorio Occidente y una herramienta informática para la Actualización de la Posición, el Estado y el Sentido de Circulación de los Trenes (APEST) sobre el ESL.

## Unidades reguladoras del movimiento de trenes

Acuña, et al. (2012) exponen que el SDD contempla el mando único en diferentes unidades: en el tramo (por el Despachador), en la Estación (por el Operador), en el Tren (por el Conductor, y en su defecto, por el Maquinista) y en los motores de vía y otros equipos autopropulsados (por su Operador).

Los niveles superiores de dirección dictan sus órdenes a través de estos empleados. Las instancias que organizan y regulan el movimiento de los trenes en el Territorio Occidente, y que es común para el resto de los territorios, se ilustran en el organigrama de la Figura 1.

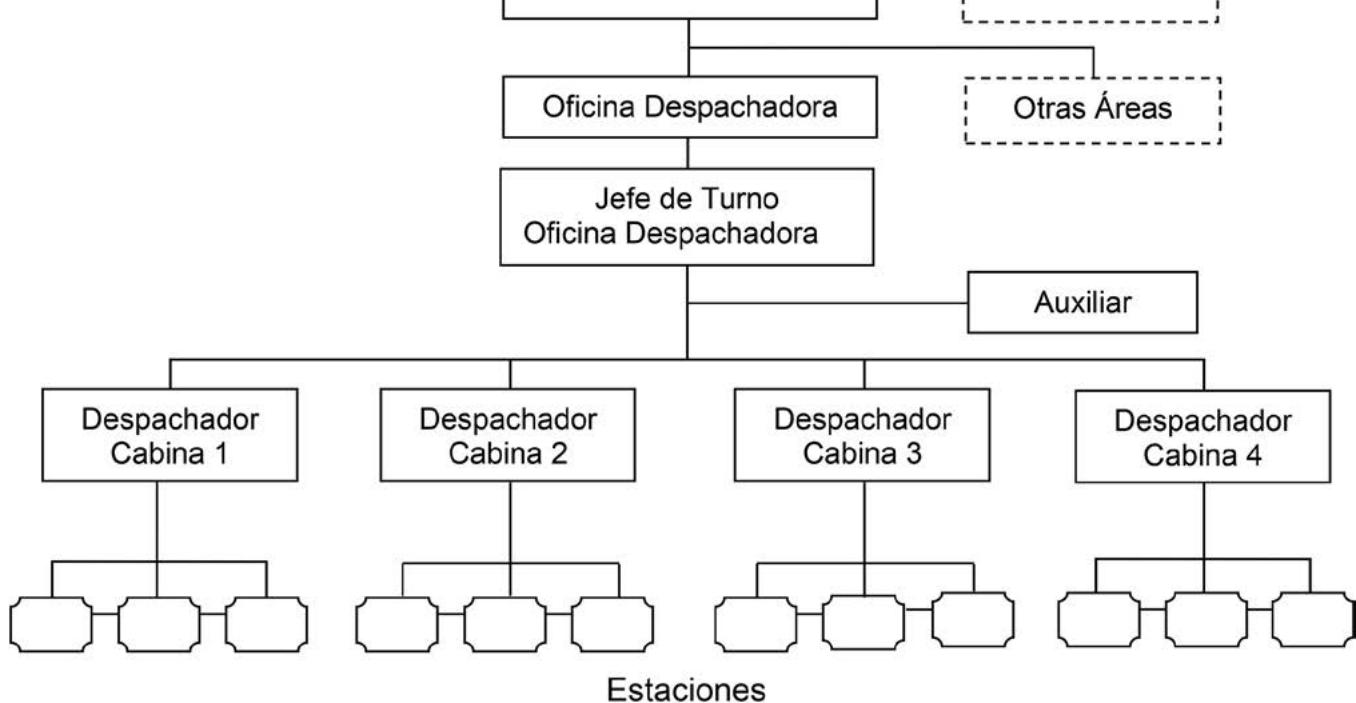


Figura 1. Estructura para el control del movimiento de trenes en el Territorio Occidente.

El Centro de Operaciones Ferroviarias (COF), perteneciente a la Dirección de Operaciones de la UFC, es la unidad nacional de mando encargada de organizar y controlar el movimiento de los trenes, a través de las Oficinas Despachadoras de sus cuatro territorios, y de asegurar la circulación ininterrumpida de los mismos.

En el Territorio Occidente, la Oficina Despachadora se encuentra ubicada en la Estación Central. Sin embargo, los trenes que circulan por la Línea Camilo Cienfuegos se gobernan desde la oficina situada en la Estación Hershey y los que transitan por la Línea Mariel se controlan desde la Estación Angosta de la Terminal de Contenedores del Mariel (TCM). Lo que se muestra en la Tabla 1.

En este trabajo solo se consideran los trenes que circulan por las Líneas y Ramales gobernados desde la Estación Central, no se contempla la representación gráfica del tráfico ferroviario por las Líneas Camilo Cienfuegos y Mariel.

La Oficina Despachadora de la Estación Central posee cuatro cabinas para el seguimiento y control de los trenes que circulan por la red de vías férreas que aglutina. En cada una de ellas se grafica el movimiento de trenes sobre un modelo impreso específico, que se guarda durante 5 años.

En la Tabla 2 se exponen los tipos de modelos usados para graficar el movimiento de trenes en cada cabina de la Oficina Despachadora de la Estación Central, así como las Líneas y Ramales que atienden.

El Jefe de Turno de la Oficina Despachadora está bajo las órdenes directas del Jefe de Operaciones del Territorio y tiene, entre otras responsabilidades, la de tramitar el POA en tiempo y forma para su envío al COF. Para ello se apoya del Auxiliar de la Oficina Despachadora.

**Tabla 1. Oficinas Despachadoras del Territorio Occidente y las Líneas que atienden.**

Oficina Despachadora	Línea	Tramo	
		Desde	Hasta
Estación Central	Central	Estación Central (km 0.0)	Los Arabos (km 192.1)
	Sur	19 de Noviembre (km 1.1)	Aguada (km 225.9)
	Oeste	Rincón (km 0.0)	Guane (km 213.8)
	Guanajay	Enlace Gas (km 0.0)	Almendares (km 8.9)
	Güines	Underdown (km 2.6)	Güines (km 48.2)
	Rincón	Naranjito (km 0.0)	Rincón (km 16.6)
Estación Hershey	Camilo Cienfuegos	Casablanca (km 0.0)	km 90.6 (km 90.6)
Estación Angosta	Mariel	Almendares (km 11.3)	TCM (km 67.7)

Fuente: Suplemento No. 3 al Itinerario No. 14.

**Tabla 2. Elementos comprendidos por la Oficina Despachadora de la Estación Central.**

Cabina No.	Tipo de modelo	Línea	Ramal	Tramo	
				Desde	Hasta
1	TF-1501	Central	Dubroq	Enl. L Central	Final del Ramal
			Montalvo	Navajas	Jovellanos
			Cárdenes	Jovellanos	Cárdenes
			Zafra	Enl. RI. Zafra	Rincón
			San Antonio	Rincón	San Antonio
2	TF-1502	Sur	Batabanó	San Felipe	Batabanó
			Sabanilla	Matanzas	Unión de Reyes
			Colón	Guareiras	Colón
			Artemisa	Enl. RI. Artemisa	Artemisa
3	TF-1503	Oeste	Yaguasita	Enl. RI. Yaguasita	Artemisa
			La Molina	Enl. RI. La Molina	La Molina
			Cuadra	Cambute	Enlace Cuadra
4	TF-1504	Habana Terminal Central	Regla	Arenal	Belot
			Petróleo	Enl. Petróleo	Regla
			La Cobre	La Cobre	Enlace Gas
			Cristina	La Cobre	Enlace Gas
			Expocuba	Enl. RI. Expocuba	Expocuba

El movimiento de trenes está dirigido por el Despachador, respondiendo por la organización exacta y segura del movimiento de trenes en su tramo, por el cumplimiento del Itinerario y por la circulación de otros trenes y equipos autopropulsados.

Cada Despachador opera en una sola cabina y tiene bajo su subordinación operativa un tramo de la vía férrea, delimitado por dos o más Estaciones. Sus órdenes, y la de sus superiores a través de este, son ejecutadas estrictamente por todos los empleados relacionados con el movimiento de trenes.

El Despachador también es el responsable de delinejar el Gráfico de Movimiento de Trenes (modelos TF) y los demás modelos y documentos establecidos, bajo las órdenes del Jefe de Turno de la Oficina Despachadora. Sobre estos modelos van trazando el recorrido, a partir de la información que reciben vía radio, trunking o teléfono, y utilizan colores diferentes para cada Tipo de Tren.

Como las operaciones de movimiento de trenes se realizan las 24 horas del día, existen cuatro turnos de trabajo, con igual cantidad de Jefes de Turno y de Auxiliares, y con varios Despachadores por cabina, incluyendo los de apoyo.

### Elementos de vía

La infraestructura ferroviaria incluye todas las instalaciones y edificaciones necesarias para el funcionamiento del ferrocarril. En el ESL diseñado solo se representan las Líneas, Ramales y Estaciones con sus atributos.

Las Líneas férreas son arterias imprescindibles, de una o dos vías, para el trasiego de pasajeros y mercancías desde y hacia estaciones ferroviarias. De ellas nacen otros viales que se denominan Ramales y de estos, a su vez, emergen los subramales (DaVinci, 2013).

La Estación constituye la unidad básica del Ferrocarril, encargada de organizar con eficiencia y seguridad la transportación de pasajeros, cargas, equipajes, expresos y correos, así como participar activamente en el movimiento de los trenes y ejecutar las operaciones especiales dispuestas por los niveles superiores de Dirección del Ferrocarril a sus distintas instancias.

Además de las Líneas, Ramales y Estaciones, sobre el ESL se podrán crear y gestionar otros elementos de la infraestructura ferroviaria, como los subramales, puentes, túneles y pasos a nivel, incluyendo aquellos donde los trenes pueden efectuar operaciones técnicas y/o comerciales, como los apeaderos y apartaderos.

También se podrán incorporar otras incidencias variables en el tiempo, incluidas en el Reglamento de Operaciones de la UFC (2000), como son las afectaciones a la seguridad ferroviaria (defectos u obstáculos detectados en la red), las precauciones y los accidentes, en cuyos casos se requiere diseñar otra interface de usuario para la administración de eventos con la simbología normada, que incluya la captación de da-

tos (fechas de inicio y fin, punto kilométrico de comienzo y final, etc.) y la representación o desactivación del incidente en el ESL.

### Documento POA y tipos de trenes

Cuando se forma un tren en la estación origen (se activa), se le asigna un número de hasta 3 dígitos, establecido en el Itinerario en dependencia del Tipo de Tren. Al mismo tiempo se elabora el documento POA, que contiene su Parte de Operaciones.

Siempre hay que tener en cuenta que no puede circular más de un equipo autopropulsado en toda la red ferroviaria con el mismo número.

El POA es único para cada Tren y en su itinerario se va modificando, por los Operadores de las Estaciones, hasta que llega a su destino final (se desactiva).

Tanto cuando se elabora un POA, como cuando se modifica, este documento se envía inmediatamente al COF, vía correo electrónico, para ser actualizado.

Los Tipos de trenes contemplados en este trabajo son solo los que tienen POA y aparecen representados en la Tabla 3.

Las locomotoras solas, los motores de vía y los trenes cañeros, que se representan en los gráficos rayados de los Despachadores con los colores amarillo (para los dos primeros) y verde (para el último), no se representan en el ESL, por no tener POA.

### Métodos empleados

En la elaboración del trabajo se emplearon métodos teóricos de análisis y síntesis, histórico-lógicos e inductivo-deductivo, métodos empíricos de observación y técnicas informáticas y geomáticas.

### Requerimientos de trabajo

Para la representación gráfica del tráfico vehicular en tiempo diferido se requieren instalar en la computadora del Auxiliar del Jefe de Turno de la Oficina Despachadora las aplicaciones MapInfo Professional Versión 10.5 y MapBasic Versión 6.5 sobre plataforma Windows. Para la correcta visualización en pantalla del ESL se requiere una resolución de pantalla de 1360 x 768 pixeles.

**Tabla 3. Tipos de trenes que se representan en el ESL.**

Tipo de Tren	Código	Color	Comentario
Viajero	11 al 99	Rojo	Nacionales e Interterritoriales
Carga	43 al 70	Negro	Sistema nacional
Extra	900 al 965	Azul	Tren que no está en el itinerario



### Esquema sinóptico lineal del Territorio Occidente

El ESL diseñado es un boceto lineal referenciado de la infraestructura de la red ferroviaria del Territorio Occidente de la UFC, descrita en unos gráficos especiales, citados en la literatura como «gráficos de doble vértice», donde cada elemento contiene sus atributos (OpenTrack, 2007).

Aunque no se encuentra georreferenciado sobre una base cartográfica, sus componentes sí se refieren en un plano lineal con relación a la Estación Central. Esto es, las Estaciones están ubicadas a una distancia kilométrica real respecto a la Estación Central y las líneas férreas tienen la longitud verdadera de vía en el Territorio.

Para su confección se utilizó la aplicación MapInfo Professional Versión 10.5, con la leyenda simbolizada en la Tabla 4.

En el ESL, la Línea Central se representa más gruesa que el resto de las líneas y cada elemento del gráfico contiene varios atributos.

### Herramienta APEST

Para actualizar la posición, el estado y el sentido de circulación de los trenes, fue programada la herramienta APEST con MapBasic Versión 6.5, para la captura y decodificación de la información contenida en los POA.

La estructura de la base de datos para actualizar la situación de los trenes sobre el ESL aparece reflejada en la Tabla 5.

**Tabla 4. Leyenda empleada en el ESL del Territorio Occidente de ferrocarriles.**

Elemento	Símbolo	Color
Línea		Blanco y negro
Ramal		Verde
Estación		Blanco y negro
Tren		Rojo, azul o negro

**Tabla 5. Base de datos para el control del movimiento de trenes.**

Tabla	Campos	Observaciones
Territorio	Nombre	Territorio Occidente
Despachador	Nombre	Cuando un Despachador inicia sesión se asigna automáticamente la fecha de la computadora al campo Fecha.
	Contraseña	
	Fecha	
Línea	Nombre	El Tipo puede ser Línea o Ramal. Posteriormente contendrá el tipo subramal
	Tipo	
Estación	Nombre	
	Km	Cada Estación se encuentra en un punto kilométrico fijo de la Línea, respecto a la Estación Central. El campo Esquema es un hipervínculo al gráfico del Patio de la Estación, en formato JPG.
	Línea	
	Esquema	
Tren	Provincia	
	Número	El número del tren es el sentido de circulación (ascendente: impares; descendente: pares) y el Tipo de Tren (viajero, carga o extra).
	POA	POA: hipervínculo al modelo TF-594. Activo: campo booleano.
	Activo	

El ESL posee una barra de herramientas para las operaciones principales de un visor: selección, zoom, paneo, información e hipervínculo (HotLink), ubicadas de izquierda a derecha, respectivamente.

La herramienta hipervínculo se activa solamente sobre los símbolos del Tren y de la Estación, que son los dos elementos que tienen enlace directo con otros ficheros. Cuando se ubica sobre una Estación se accede al esquema del Patio de la Estación y al posicionarla sobre un Tren, se abre su último POA elaborado.

Cuando los Operadores de las Estaciones elaboran o modifican el POA de un Tren, lo envían a la Oficina Despachadora, en formato Word o Excel, adjunto a un mensaje por el correo electrónico.

Cuando se recibe el POA, el Auxiliar del Jefe de Turno de la Oficina Despachadora guarda el fichero POA en una carpeta de almacenamiento, que tiene permisos de solo lectura. A continuación, con el uso de la herramienta APEST, introduce los datos necesarios para actualizar la situación de los trenes (Estación, número del Tren y Tipo de Tren), como se muestra en el formulario de la Figura 2.

El campo Activo se emplea para cambiar el estado de los trenes en el ESL. Activar cuando se forma un tren y desactivar cuando este llega a su destino final.

De esta forma, a partir de los POA emitidos desde cualquier Estación del Territorio, se actualiza la ubicación de los trenes, a través de un interface de usuario en la Oficina Despachadora, y se visualizan automáticamente sobre el ESL, como se representa en el diagrama de flujo de información de la Figura 3.

Figura 2. Formulario para la captación de los datos actualizados de las operaciones.



Figura 3. Diagrama de flujo para la visualización de los trenes activos en tiempo diferido.



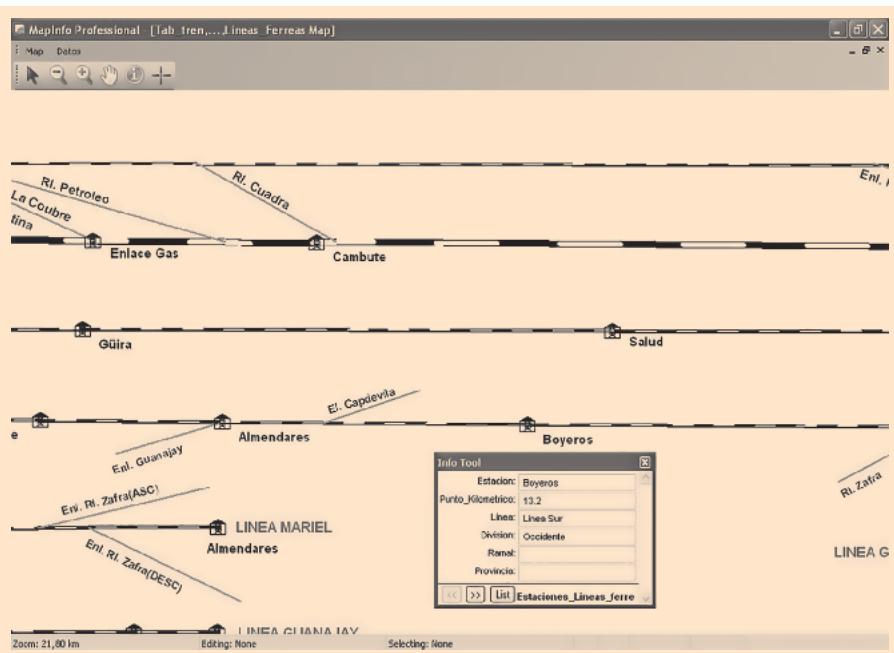


Figura 4. Representación de la situación de los trenes en el ESL.

## Resultados y discusión

Como resultado del trabajo se obtiene un visor del ESL del Territorio Occidente, donde cada elemento del gráfico contiene varios atributos y donde la situación de los trenes se actualiza en tiempo diferido mediante la herramienta APEST.

Una estación, por ejemplo, contiene su nombre, punto kilométrico, la línea donde se encuentra, territorio y provincia.

Los trenes con números impares, que son los que circulan en sentido ascendente se ubican por debajo de la línea y los que se mueven en sentido descendente (contrario) se ubican encima de la línea (números pares), como se representa en la Figura 4.

Milanés, et al. (2014) apuntan que la diferencia de tiempo, entre la ubicación real del Tren y su posición espacial sobre el ESL, está determinada por el tiempo de envío del siguiente POA y que el caso más rápido ocurre cuando se envía desde la estación consecutiva a la última que lo envió.

La eficiencia de la actualización está sujeta al tiempo de transmisión del E-mail que contiene el POA adjunto y a la rapidez en su decodificación y almacenamiento, por el auxiliar del jefe de turno de la oficina despachadora, para su representación gráfica sobre el ESL, de manera automática.

## Conclusiones

1. Las aplicaciones desarrolladas resultan una solución práctica para sustituir paulatinamente el dibujo manual de la corrida de trenes por el graficado automático.
2. Visualizar en una pantalla el tráfico ferroviario existente en todas las líneas férreas del Territorio analizado o en un tramo específico de vía, constituye una herramienta útil para detectar violaciones y tomar decisiones polivalentes.
3. Mediante la representación gráfica se puede monitorear el movimiento de los trenes con POA durante todo su recorrido, resultando de gran interés para la evaluación de los resultados de la circulación.

4. Con los resultados obtenidos se tiene una mejor percepción de la calidad del servicio ferroviario de carga y pasaje.

## Recomendaciones

1. Confeccionar el boceto lineal del resto de los territorios de la UFC permitiría la integración y estandarización de los elementos de vía, así como generalizar la herramienta APEST.
2. Establecer una disciplina informática para el envío de los POA por E-mail. Esto se traduce en normalizar la información del nombre de los ficheros POA.
3. Con un formato único, que contenga solo la sintaxis del nombre de la Estación y el número del Tren, se puede automatizar la herramienta APEST, para que ubique el adjunto del correo en la carpeta Almacén y actualice la posición del Tren en el ESL. De esta forma solo se necesitaría una interface de usuario para establecer el estado de los trenes en el ESL.

## Referencias

- Acuña Fernández, M. A. et al. (2012). Tarea Técnica del Sistema de Gestión y Control de Flota en la UFC. Unión de Ferrocarriles de Cuba.
- DaVinci.(2013). Sistema de control y gestión global para tráfico ferroviario. Administrador de infraestructuras ferroviarias (adif). Madrid, España.
- Milanés Rodríguez, G. M. et al. (2014). Tarea Técnica para la Georreferenciación de la representación espacial del movimiento de trenes. Informe final, Cimab. La Habana, Cuba.
- OpenTrack, (2007). Railroad Simulation using OpenTrack. Institute of Transports, Construction of Highways and Railroads. Polytechnic School of Zürich, Switzerland.
- Reglamento de Operaciones. (2000). Unión de Ferrocarriles de Cuba.
- Suplemento No. 3 al Itinerario No. 14, (2012). Ministerio del Transporte. Ferrocarriles de Cuba.