

# Characterization of Line 1 of the Panama Metro

Aránzazu Berbey Álvarez, Dr.<sup>1</sup>, Fernando Merchan, Dr.<sup>1</sup>, Jessica Guevara Cedeño, Dr.<sup>1</sup>, Alberto Cogley, Ing.<sup>1</sup>, and Rony Caballero, Dr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, Aranzazu.berbey@utp.ac.pa, Fernando.merchan@utp.ac.pa, Jessica.guevara@utp.ac.pa, Alberto.cogley@utp.ac.pa, Rony.Caballero@utp.ac.pa

*Abstract— In this work a methodology for the management of partial services on Line 1 of Panama Metro is proposed. To validate this proposal results are presented in a series of simulations that allow characterizing the model proposed with this methodology at a railway engineering level.*

*Keywords— Panama Metro, Railway Engineering, Transportation Engineering, Simulation, Railways.*

**Digital Object Identifier (DOI):** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.239>

**ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6

**ISSN:** 2414-6668

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”  
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic      **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6      **ISSN:** 2414-6668

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.239>

# Caracterización de la Línea 1 del Metro de Panamá.\*

Aránzazu Berbey-Álvarez<sup>12</sup>, Dr, Fernando Merchan<sup>12</sup>, Dr, Jessica Guevara-Cedeño<sup>12</sup>, Dr, Alberto Cogley<sup>12</sup>, Ing, Rony Caballero<sup>12</sup>, Dr.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, Republic of Panama

<sup>2</sup>Panama Railway Engineering Research Group PRERG)

[Aranzazu.berbey@utp.ac.pa](mailto:Aranzazu.berbey@utp.ac.pa), [Fernando.merchan@utp.ac.pa](mailto:Fernando.merchan@utp.ac.pa), [Jessica.guevara@utp.ac.pa](mailto:Jessica.guevara@utp.ac.pa), [Alberto.cogley@utp.ac.pa](mailto:Alberto.cogley@utp.ac.pa),  
[Rony.Caballero@utp.ac.pa](mailto:Rony.Caballero@utp.ac.pa)

**Resumen—** En este trabajo se propone una metodología para el manejo de los servicios parciales en la línea 1 del metro de Panamá. Para validar esta propuesta se presentan los resultados una serie de simulaciones que permiten caracterizar el modelo propuesto con esta metodología a nivel de ingeniería ferroviaria.

**Palabras Clave—** Metro de Panamá, Ingeniería Ferroviaria, Ingeniería de Transporte, Simulación, Transporte Ferroviario.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los servicios parciales, los trenes circulan por una trayectoria que no es la esperada o planificada. Esto puede ocurrir cuando, por alguna razón ocurre una incidencia ferroviaria, por ejemplo, parte de la zona utilizada en el servicio nominal no está operativa. Los servicios parciales se definen entre dos estaciones, que no son las estaciones terminales de una línea férrea.

El diseño de una metodología para servicios parciales se diseña de una manera heurística considerando las particularidades de la línea o red ferroviaria. En este sentido, se debe considerar los servicios nominales como la base para la estimación de los servicios parciales, la demanda de pasajeros, el tipo de incidencia, ya sea una avería de material rodante, daños en la catenaria entre otras situaciones. Este trabajo, se limita a aquellos servicios parciales como consecuencia de la inmovilización temporal de un tren en la vía.

Para validar la metodología propuesta, se hace uso de simulaciones ferroviarias realizadas con el software Railsim y el software SEE, que son herramientas de análisis utilizadas para el modelado de sistemas ferroviarios. Estas herramientas permiten simular complejos sistemas de redes ferroviarias, interacciones de trenes, comparar diseños conceptuales geométricos de la vía, una vez se establece la ruta, sistemas de control, y operaciones del material rodante, maniobras etc.

### A. Descripción general de la línea 1 del metro de Panamá

La Línea 1 del Metro de Panamá corresponde una doble vía férrea, sin cruces a nivel, lo que la convierte en una plataforma reservada [9] la cual une la parte norte con la zona sur-centro de la Ciudad de Panamá. Actualmente, las estaciones terminales corresponden a la estación de Los Andes y la estación de Albrook. La Línea 1 del metro de

Panamá tiene una longitud aproximada de 13,7 kilómetros (km), incluidas la conexión con los Patios y Talleres de Albrook y el tramo de retorno en la estación Andes [1].

Actualmente, 1 sistema de la Red de Metro de Panamá en su línea 1 tiene 12 estaciones, de las cuales 5 son en viaducto, 6 subterráneas y la estación Albrook en trinchera. El material rodante actual corresponde a tres coches con la configuración M-R-M. La instalación de Patios y Talleres, en el extremo de la Línea en el sector de Albrook, desarrollada en un área aproximada de 10 hectáreas. En esta misma área está ubicado el Centro de Control de Operaciones (CCO).

### B. Análisis de flujo de pasajeros de la línea 1 del Metro de Panamá

Los tramos más cargados del metro de Panamá [1,2] (Véase Fig. 1 y Fig. 2) corresponden las estaciones San Miguelito e Iglesia El Carmen en dirección Albrook, estimándose el mayor volumen entre 12 Octubre y Estación El Ingenio, a partir de donde empieza a disminuir levemente hasta la Iglesia El Carmen, donde se da una importante disminución de pasajeros, pues baja la concentración de las actividades empleadoras (Ver figura 1).

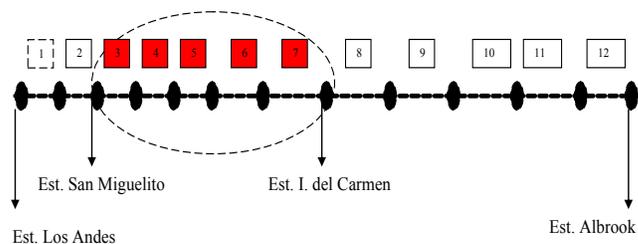


Fig. 1. Esquema relativo a los tramos de mayor carga en dirección Los Andes- Albrook

En el sentido contrario, las mayores demandas resultan entre 5 de Mayo e la estación de la Vía Argentina, siendo el tramo crítico el de llegada a esta estación (Ver figura 2).

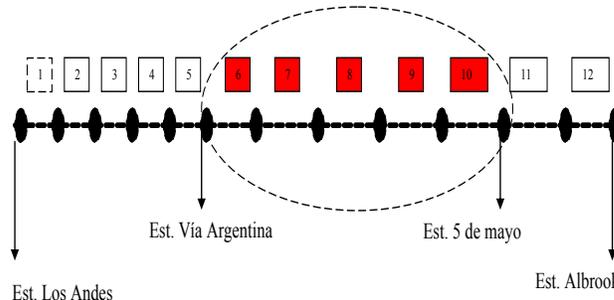


Fig. 2. Esquema relativo a los tramos de mayor carga en dirección Albrook- Los Andes.

\* Este trabajo ha sido apoyado por la Universidad Tecnológica de Panamá

A. Descripción de los escenarios nominales de la línea 1 del metro de Panamá.

Los servicios nominales operan como carruseles, son líneas circulares con índices para andenes de 1 a N donde el último andén N se conecta con el andén 1, y donde un conjunto dado de trenes con índices de 1 a M operan en la línea de forma periódica. Es decir, en cada andén, la secuencia ordenada de trenes para el caso de las líneas cerradas es (1,2,...M; 1,2,...M; 1,2,...) y la secuencia ordenada de estaciones que atraviesa un tren i es (1,2,..., N, 1,2,...N,1,...) por favor véase Fig. 3.

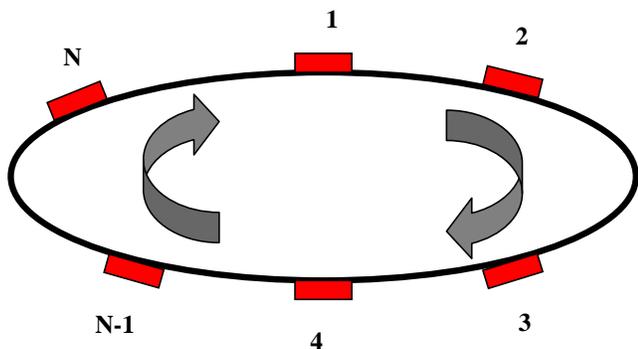


Fig. 3. Esquema del movimiento de la flota de trenes durante los servicios nominales de las líneas férreas. [6]

Los servicios nominales corresponden a la circulación de los trenes durante su operación con regulaciones de control ATS y aquellos movimientos planificados en las líneas. En este trabajo de investigación se presenta el comportamiento de la circulación de los trenes en la línea 1 del metro de Panamá durante su operación nominal. La flota del material rodante tiene un movimiento de tipo carrusel durante el desarrollo de los servicios nominales (Ver figura 3). Actualmente, los servicios nominales ocurren entre estaciones terminales, siendo estas las estaciones de Albrook y Los Andes.

B. Metodología propuesta para la estimación de los servicios nominales de la Línea 1 del Metro de Panamá.

La data ferroviaria utilizada en estas simulaciones proviene fundamentalmente de una serie de documentos como lo son: el pliego de la Secretaria del Metro de Panamá [1][6] Se estudió la información pública del pliego de cargos correspondiente al diseño conceptual geométrico de la línea 1 del metro de Panamá, lo que permitió el la extracción de la data del perfil de la vía, radios de curvatura, puntos de paradas, ancho de los andenes, secciones de los túneles, trincheras y viaductos de la línea 1 del metro de Panamá.

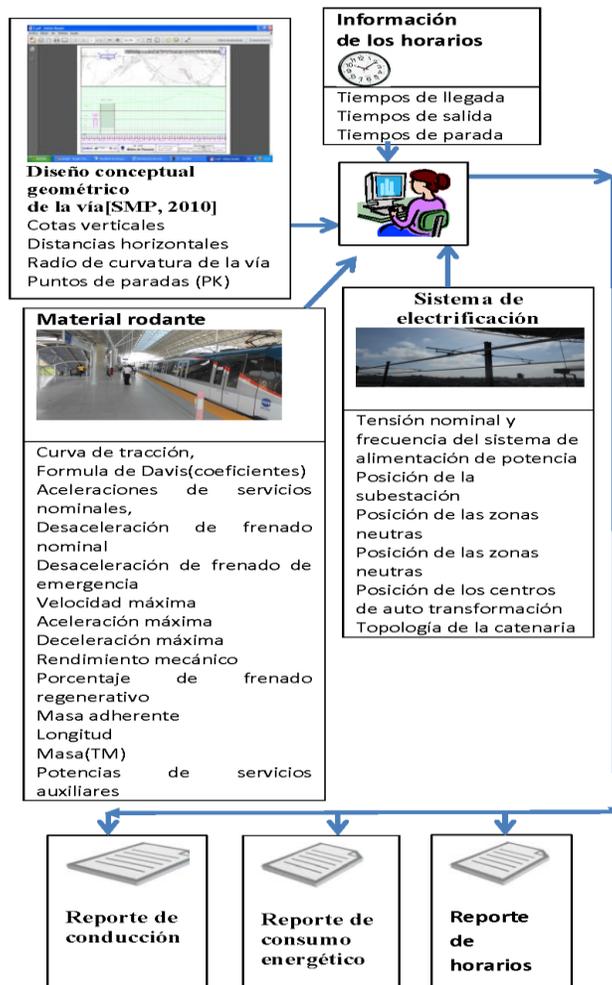


Figura 4. Esquema general para la realización de simulaciones ferroviarias de la línea 1 del metro de Panamá. Fuente: A. Berbey-Alvarez. *Project characterization of Panama metro rail system. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Panamá.*

Adicionalmente, se introdujo informaciones relativas al material rodante tales como: curva de tracción, coeficientes de la fórmula de Davis, valores de aceleración y velocidad máxima del modelo del tren a circular, entre otras. Los tiempos de parada nominales relativos a los horarios de los trenes fueron considerados de acuerdo a la literatura ferroviaria, es decir se utilizaron valores de 30 segundos [12] y el valor de 23 segundos a criterio de los investigadores porque, a pesar que la SMP sugería el valor de 15 segundos [1], la fórmula de Weston utilizada en publicaciones relativas al metro de Londres utiliza ese valor solo como un tiempo mínimo [13][14] y no como un tiempo de parada promedio. (Ver figura 4). También se introdujeron data relativa a los sistemas de electrificación de la línea 1 del metro de Panamá.

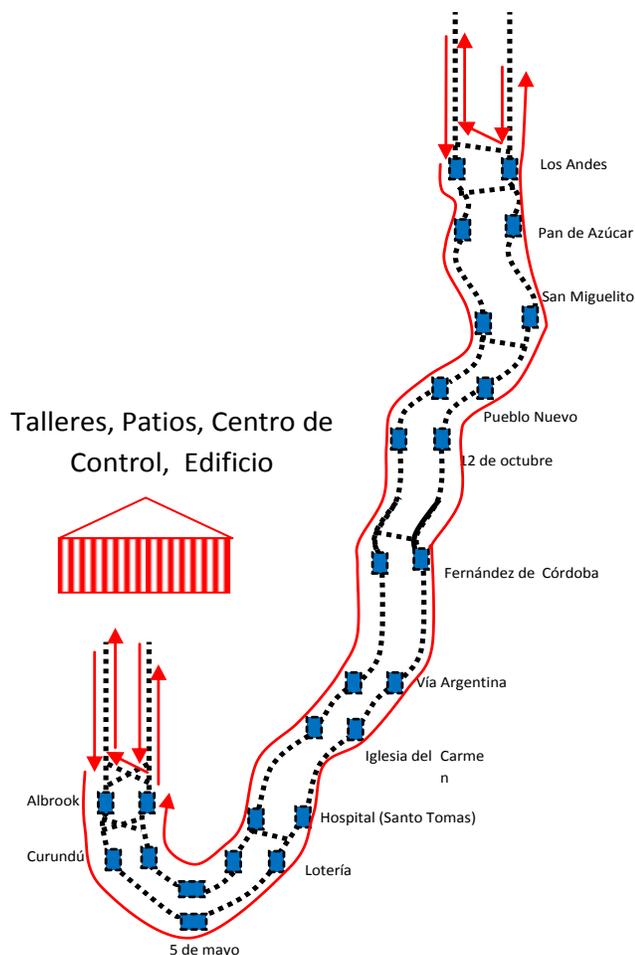


Figura.5. Esquema del movimiento de trenes durante los servicios nominales  
**Fuente:** A. Berbey-Alvarez. *Project characterization of Panama metro rail system. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Panamá.*

La figura 5 nos presenta el esquema ilustrativo del movimiento de trenes durante los servicios nominales de la línea 1 del Metro de Panamá, indicado con la línea roja, incluyendo los movimientos de las maniobras de los trenes en las estaciones terminales para lograr el cambio de vía.

### C. Resultados de las simulaciones de la Línea 1 del Metro de Panamá.

La tabla 1 presenta los resultados de la simulación de los tiempos de viajes totales de los servicios nominales de la línea 1 del metro de Panamá según la velocidad máxima de circulación, de cara al usuario, entre estaciones terminales. En general, los resultados se corresponden, con el tiempo de circulación prometido al usuario de 23 a 25 minutos, por parte de los estudios de la SMP [1] y posteriormente con la puesta en operación de la línea 1[11], concretamente en el caso 2 de la tabla 1.

Tabla 1. Tiempo de viajes entre estaciones terminales de la Línea 1 del metro de Panamá según velocidad máxima de circulación [Berbey et al., 2011].

Caso	Maximun Speedy (km/h)	Run total (Time with dwells)	Run total (Time without dwells)	File simulation
1	20	43:27.3	0:40.31.30	Run#35
2	38	25:58.8	23:02.8	Run#27/Run#40
3	50	0:21:35.80	0:18:39.80	Run # 97
4	60	19:53.4	16:57.4	Run#30
5	80	15:22.6	12:18.6	Run#31

Cabe señalar que la importancia de las simulaciones de los servicios nominales, es que estos son la base para la estimación de los servicios parciales en modo degradado. La tabla 2 muestra los resultados de las estimaciones de los tiempos de viajes entre las estaciones de la línea 1 del metro de Panamá en función del régimen de velocidad máxima (*civil speed*) o la velocidad indicada de circulación máxima de los trenes en la vía.

Tabla 2. Tiempos de viaje entre estaciones en función de la velocidad.

Origen	Destino	Velocidad (Km/h)		
		38	60	80
ALB	CUR	90.39 s	68.5 s	62.3 s
CUR	5M	122.49 s	89.19 s	79.49 s
5M	LO	<b>64.7 s</b>	<b>52.59 s</b>	<b>51.59 s</b>
LO	HO	71.9 s	57.5 s	55.9 s
HO	IC	146 s	104.2 s	92 s
IC	VA	105.1 s	78.2 s	71.2 s
VA	FCO	112 s	82.5 s	74.1 s
FCO	12O	<b>192.8 s</b>	<b>133.7 s</b>	<b>114.1 s</b>
12O	PN	109.9 s	81.3 s	75.6 s
PN	SMI	127.69 s	91.9 s	79.9 s
SMI	PA	137.79 s	98.89 s	88.7 s
PA	LA	102.79 s	78.89 s	77.69 s

Fuente: Elaboración propia. Berbey-Alvarez & Caballero 2011.

En la tabla 2, por ejemplo, se aprecia para el caso del tiempo de viaje entre la estación de VIAARGENTINA y la estación de FERNANDEZ DE CORDOBA los distintos tiempo de viaje de tren, siendo estos: 196.59 segundos para una velocidad de 20 km/h, 112 segundos para una velocidad de 38 km/h, 91.40 segundos para una velocidad de 50 km/h, 82.5 segundos para una velocidad de 60 km/h y 74.1 segundos para la velocidad máxima de circulación de 80km/h respectivamente.

Como puede apreciarse en la tabla 2, existen tramos en los que independientemente de la velocidad por las condiciones del trazado ferroviario (perfil y planta), tienen los mayores tiempo de viaje en comparación con otras trayectos

entre estaciones, tal es el caso del tramo entre la estación de la Fernández de Córdoba y la estación 12 de octubre de la línea 1 del metro de Panamá. Adicionalmente puede apreciarse el orden de magnitud de los tiempos de viajes entre estaciones de pasajeros en la línea 1 del metro de Panamá, lo cual le da una ventaja competitividad al transporte ferroviario urbano sobre otros medios de transporte terrestre convencionales.

La figura 6 nos permite apreciar la relación entre el tiempo de viaje total de un tren entre estaciones terminales en función de la velocidad máxima (civil speed) bajo dos escenarios. El primero, sin tiempo de parada y el segundo haciendo las paradas correspondientes para el intercambio de pasajeros.

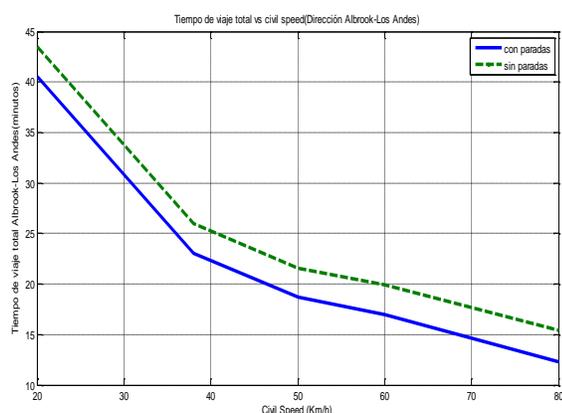


Fig 6. Tiempo total vs. Velocidad máxima (civil speed).

Cabe señalar que los tiempos de parada utilizados en las simulaciones presentadas en la figura 6 corresponden a los descritos en el documento de ingeniería conceptual de la línea 1 del metro de Panamá [1].

### C. Resultados de las simulaciones energéticas de la Línea 1 del Metro de Panamá.

De acuerdo los resultados de la tabla 3, para el régimen de velocidad límite de 20 km/h los picos de potencia secundarios corresponde a valores entre 1000 y 1500 KW. Seguidamente como se aprecia en la figura 2, para el régimen de velocidad límite de 38 km/h los picos de potencia secundarios corresponde a valores entre 2000 y 2500 KW. Posteriormente como se aprecia en la figura 3, para el régimen de velocidad límite de 60 km/h los picos de potencia secundarios corresponde a valores alrededor de 3500 KW.

Tabla 3. Picos de Potencia por tramo de estaciones vs velocidad de circulación Fuente: Elaboración propia. Berbey-Alvarez, & Caballero 2011.

Station	Event	38 km/h		60 km/h		80 km/h	
		Peak Power	EC	Peak Power	EC	Peak Power	EC
ID	State	kw	kwh	kw	kwh	kw	kwh
ALB	D		0		0		0
CUR	A	4628.2 5	12.03	4804.4 9	19.3	4804.4 9	28.09
CUR	D	165	0.92	165	0.92	165	0.92
5M	A	4644.6 3	19.5	4796.3 7	30.44	4796.3 7	45.71
5M	D	165	0.92	165	0.92	165	0.92
LO	A	4643.9 5	14.92	4796.7 1	25.82	4796.7 1	32.49
LO	D	165	0.05	165	0.05	165	0.05
HO	A	4655.7 3	16.61	4794.5 3	27.67	4794.5 3	36.58
HO	D	165	0.92	165	0.69	165	0.69
IC	A	4647.4 2	30.55	4796.6 3	41.36	4796.6 3	56.78
IC	D	165	0.92	165	0.92	165	0.92
VA	A	4641.0 9	16.86	4798.3 4	28.03	4798.3 4	43.65
VA	D	165	0.92	165	0.92	165	0.92
FCO	A	4646.6	21.55	4798.8 4	31.02	4798.8 4	42.58
FCO	D	165	0.69	165	0.92	165	0.92
12O	A	4643.9 5	83.06	4796.7 1	91.84	4796.7 1	100.09
12O	D	165	0.69	165	0.69	165	0.69
PN	A	4650.4 9	23.84	4793.8 5	35.14	4793.8 5	50.93
PN	D	165	0.69	165	0.69	165	0.69
SMI	A	4637	28	4807.1 3	34.67	4807.1 3	37.42
SMI	D	165	0.69	165	0.69	165	0.69
PA	A	4643.9 5	47.95	4796.7 1	58.77	4796.7 1	74.16
PA	D	165	0.92	165	0.69	165	0.69
LA	A	4669.6 8	57.48	4785.4 5	64.29	4785.4 5	67.08
Run Total (With Dwells)		4669.6 8	380.69	4807.1 3	496.47	4807.1 3	623.67
Run Total (Without Dwells)		4669.6 8	372.34	4807.1 3	488.35	4807.1 3	615.56

Como se puede apreciar en la tabla 4, de acuerdo a los resultados de la simulaciones, los principales picos de potencia para cada uno de los regímenes de velocidad límite corresponden en orden ascendente a valores de 2676.67 Kw, 4669.68 Kw, 4807.13 Kw y 4807.13 Kw. Estos resultados nos permiten determinar la ubicación de los puntos de los picos de potencia, por ejemplo, se evidencia que indistintamente del régimen de velocidad para el arribo a la estación de San Miguelito, el pico de potencia del tren corresponde a 4807.13 Kw.

Tabla 4. Potencia pico vs régimen de velocidad límite. Fuente: Elaboración propia. Berbey-Alvarez, & Caballero 2011.

Régimen de velocidad límite (km/h)	Peak Power (kw)	Ubicación	ID File simulación
20	2676.67	Iglesia del Carmen	Run#35
38	4669.68	Los Andes	Run#27/Run#40
60	4807.13	San Miguelito	Run#30
80	4807.13	San Miguelito	Run #31

El conjunto de figuras 7,8,9 y 10 presenta los resultados de un conjunto de escenarios propuestos relativos a la conducción de los trenes. En este sentido, se descarta el escenario de la figura 7, ya que el régimen de conducción a 20 km/h no es propio de los sistemas metro, por ser estos en plataforma reservada [10][15], ni siquiera en plataforma semireservada, ya que las velocidades son superior a 20Km/h [16] Se estima el mismo solo para efectos de estimar la totalidad del tiempo en modo degradado, que correspondería a entre 40 y 43 minutos de viaje aproximadamente.

Los resultados presentados en las figuras 8 y 9 permiten evidenciar que en ambos escenarios propuestos los trenes presentan una conducción con menor cantidad de aceleraciones y desaceleraciones en la marcha del tren, garantizando un modo de conducción en régimen de inercia, evitando los frenados y arranques, que si se evidencia en el último de los escenarios presentados en la figura 10.

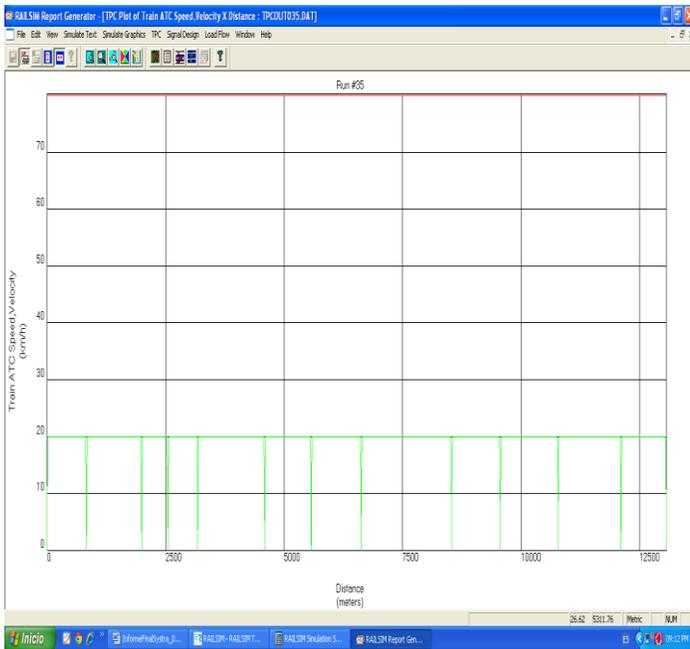


Figura 7. Run#35, régimen de velocidad límite 20km/h.

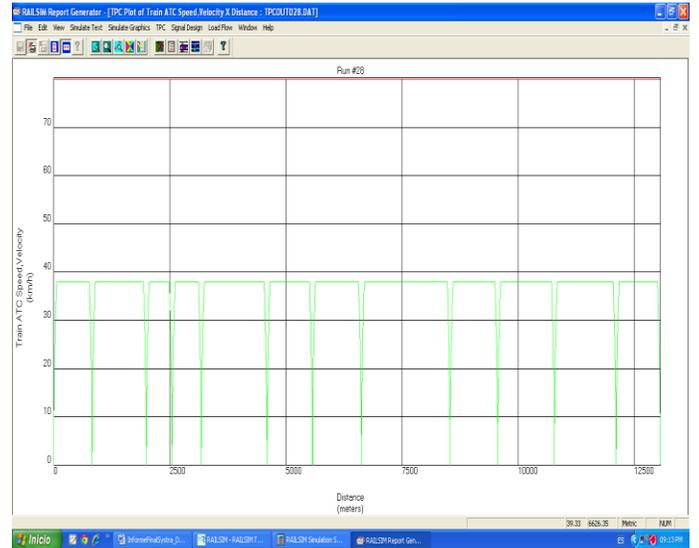


Figura 8. Run#28, régimen de velocidad de 38 km/h.

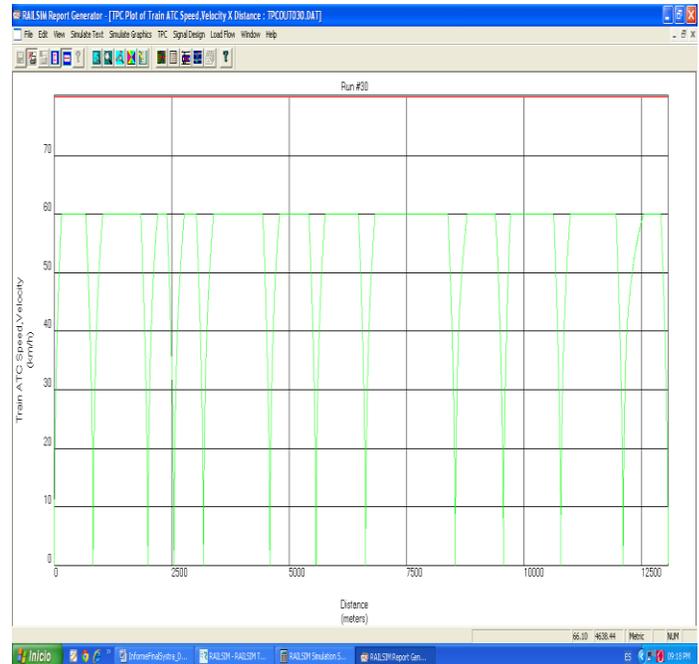


Figura 9. Run#30, régimen de velocidad de 60 km/h.

En este sentido, los resultados hallados nos permiten descalificar el escenario de la figura 10, con régimen de 80

km/h, ya que el consumo energético de los trenes se incrementarían por el aumento de las sucesivas aceleraciones y desaceleración de los trenes bajo este escenario, lo que le impediría al tren alcanzar un régimen permanente de conducción. Adicionalmente, como se evidencia en los resultados de la tabla 1, el tiempo total de viaje con paradas, para el régimen de 60km/h es de 19:53.4 minutos, mientras que para el régimen de 80 km/h es de 15:22.6 minutos, la diferencia entre ambos escenarios de cara al usuario sería de unos 4:30.8 minutos, con lo cual el escenarios de 60 km/h satisface las expectativas del usuario [11] con un consumo energético menor.

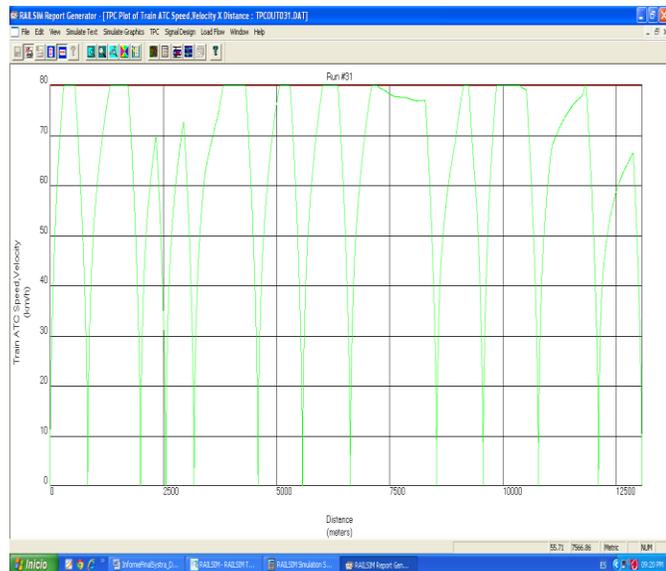


Figura 10. Run#15, régimen de velocidad de 80 km/h

### V ESCENARIOS DE SERVICIOS PARCIALES DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE PANAMÁ

#### A. Generalidades, definición y condiciones de los servicios parciales.

En este sentido, esto haría que las estaciones intermedias se convertirían en terminales en la Línea 1 del metro de Panamá, donde podrán darse copiosas posibilidades de combinaciones de servicios parciales, dependiendo de lugar de la avería.

Un ejemplo de servicio parcial es, por ejemplo el caso 1, los servicios parciales o “los loops” entre la estación de Los Andes y el cambia vías de la estación F. de Córdoba; y entre la Estación de Albrook y el cambia vías de la estación Hospital (Santo Tomas) (Ver Figura 3)

En los servicios parciales, el sistema no permite la operación de lazos anidados o lazos traslapados. Este trabajo presenta de forma tabular los resultados no solo las rutas que

hacen posible la ejecución de los servicios parciales de la línea 1 del metro de Panamá (ver tabla 5), sino también se lograron realizar estimaciones en cuanto a los tiempos de viaje de los servicios parciales de cara al usuario o pasajeros con la metodología propuesta.

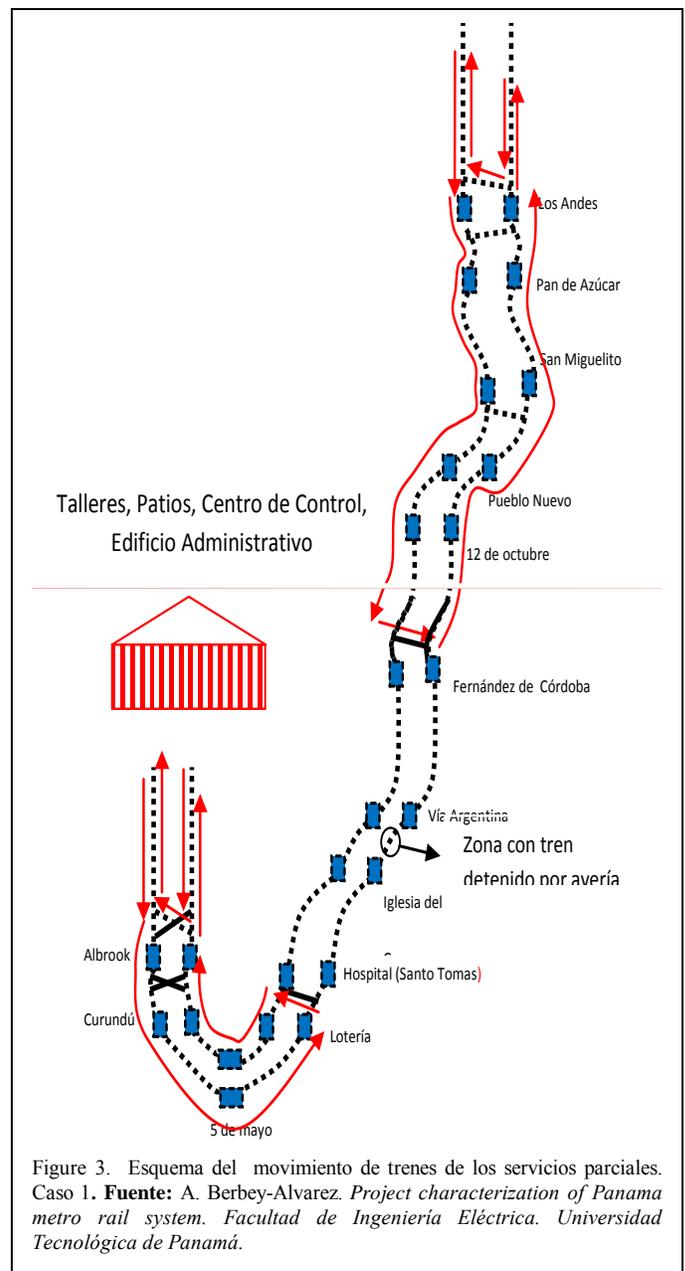


Figure 3. Esquema del movimiento de trenes de los servicios parciales. Caso 1. Fuente: A. Berbey-Alvarez. Project characterization of Panama metro rail system. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Panamá.

Tabla 5. Listado general de casos de los servicios parciales de la Línea 1 del metro de Panamá

TABLA 1. INTERRUPCIONES DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE PANAMÁ	
CASOS	INTERRUPCION
1	Albrook - Santo Tomás
2	Santo Tomás Y Fernando De Cordoba
3	Entre Fernandez De Cordoba Y San Miguelito
4	San Miguelito - Los Andes
5	Entre Albrook Y Fernandez De Cordoba
6	Entre Santo Tomas Y San Miguelito
7	Entre Fernandez De Cordoba Y Los Andes
8	Entre Santo Tomas Y Los Andes
9	Entre Albrook Y San Miguelito
10	Albrook- Santo Tomás; San Miguelito - Los Andes
11	Entre Albrook, Fernandez De Cordoba Y San Miguelito - Los Andes
12	Entre Albrook-santo Tomás Y Fernandez De Cordoba - Los Andes
13	Entre Santo Tomas -Fernandez De Cordoba Y San Miguelito - Los Andes
14	Entre Albrook- Santo Tomas Y Fernandez De Cordoba - San Miguelito

### B. Metodología propuesta para el cálculo de los servicios parciales

A continuación se propone este modelo general para la estimación de los tiempos correspondientes a los servicios parciales:

$$T_{parcial\_times} = \sum_{k=1}^{n-k_{desvio}} R_k + \sum_{i=1}^{n-k_{desvio}} DW + TM \quad (1)$$

$$T_{parcial\_times} = \sum_{k=1}^{n-k_{desvio}} R_k + \sum rand_{[Dw_{minnominal}, Dw_{maxnominal}]} \quad (2)$$

+TM

Dónde:

$n$ =número total de estaciones de la línea.

$k$ = número de estación,  $k \in \{1, n\}$ .

$k_{desvio}$ = estación donde ocurre el desvío o cambio de línea.

$K_{desvio} \in \{4, 8, 10\}$ .

TM= tiempo de cambio de marcha o maniobra, que corresponde a 1:50 minutos [1]

Dw= corresponde a un intervalo nominal entre 20 y 25 segundos [11].

$Dw_{minnominal}$ =20 segundos

$Dw_{maxnominal}$ =25 segundos

En la tabla 6 se muestra los tiempos de viaje entre cada uno de los casos de servicios parciales, donde la velocidad y el

sentido del recorrido son variables de importancia. Para esta tabla se tomaron los servicios más representativos, en los cuales cubren recorridos largos (caso 1) y recorridos cortos (caso 9). Estos tiempos estimados con esta metodología propuesta 'son de ayuda para diseño de logísticas y estimación de tiempos de viaje según el caso.

Tabla 6. Tiempo de viaje estimado por caso de los servicios parciales.

CASOS	Velocidad	sentido	tiempo de viaje (min)	Total del viaje (min)	
1	38Kmh	Albrook- Los Andes	20.4	40.6	
		Los Andes- Albrook	20.3		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	17.3		33.5
		Los Andes- Albrook	16.1		
4	38 Km/h	Albrook- Los Andes	22.3	44.5	
		Los Andes- Albrook	22.2		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	18.8		37.0
		Los Andes- Albrook	18.2		
5	38 Km/h	Albrook- Los Andes	13.1	26.1	
		Los Andes- Albrook	13.0		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	11.3		21.6
		Los Andes- Albrook	10.3		
7	38 Km/h	Albrook- Los Andes	14.0	28.0	
		Los Andes- Albrook	14.0		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	11.7		23.4
		Los Andes- Albrook	11.7		
8	38 Km/h	Albrook- Los Andes	6.8	13.6	
		Los Andes- Albrook	6.8		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	5.8		11.7
		Los Andes- Albrook	5.9		
9	38 Km/h	Albrook- Los Andes	4.4	8.74	
		Los Andes- Albrook	4.4		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	3.8		7.23
		Los Andes- Albrook	3.4		
10	38 Km/h	Albrook- Los Andes	15.2	30.4	
		Los Andes- Albrook	15.2		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	12.7		24.7
		Los Andes- Albrook	12.0		
11	38 Km/h	Albrook- Los Andes	7.95	15.85	
		Los Andes- Albrook	7.90		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	6.76		12.88
		Los Andes- Albrook	6.12		
12	38 Km/h	Albrook- Los Andes	6.9	13.87	
		Los Andes- Albrook	6.9		
	60Kmh	Albrook- Los Andes	5.6		11.20
		Los Andes- Albrook	5.5		

### Conclusiones

El aporte en este trabajo de investigación es el diseño de una metodología general para la estimación de los servicios parciales en caso de averías, incidencias. En el presente trabajo se deja plasmado los resultados encontrados una serie de análisis de distintos escenarios para la operación del metro de Panamá. En estos escenarios se estiman índices relativos a variables como tiempos de viaje, tiempos de paradas, consumo energético, e inclusive en el modo degradado del sistema ante alguna incidencia o fallo, que es cuando ocurren los servicios parciales. Recientemente, se ha inaugurado una nueva estación de metro en la Línea 1, llamada El ingenio, entre la estación de 12 de octubre y la estación de Pueblo

Nuevo, que correspondería a una interesante actualización de este estudio.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo de investigación pertenecen al grupo “Panama Railway Engineering Research Group (PRERG)” registrado en la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión en la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Adicionalmente, los autores queremos agradecer especialmente a la *Secretaría del Metro de Panamá* por su apoyo con la información técnica de carácter ferroviario proporcionada para las actividades de investigación en el marco del acuerdo de colaboración interinstitucional entre la *Secretaría del Metro de Panamá* (SMP) y la *Universidad Tecnológica de Panamá* (UTP).

#### REFERENCIAS

- [1] Secretaría del Metro de Panamá. Especificaciones funcionales, técnicas y contractuales. TOMO II EQUIPAMIENTOS. II. O NORMAS GENERALES II.0.1 INGENIERIA CONCEPTUAL DE LA OPERACIÓN. Marzo 2010.
- [2] A. Berbey, R. Caballero. Segundo informe de avance del Proyecto I+D “Metodologías e índices de desempeño para sistemas de transporte ferroviario” 24/02/2011.
- [3] E. Ruiz and C. Ávila. *Tiempo de espera y cola*, Depósito legal. M. 12.122.1964. Tipografía artística-Alameda, 12-Madrid. Madrid 1965.
- [4] A. Berbey. *Statistical Report of the dwelling times of the Panama Metro Stations*. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Panamá. 2015.
- [5] A.Kaufmann, R.Cruon. *Los Fenómenos de Espera. Teoría y aplicaciones*. Compañía editorial Continental, S.A., Calzada de Tlalpan Núm. 4620, México 22, D.F. Segunda Reimpresión en Español. Febrero 1966.
- [6] A.Berbey Tesis doctoral “Planificación en tiempo real de tráfico ferroviario” Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. 2008.
- [7] Secretaría del Metro de Panamá PÖYRY/JOs, PÖYRY/JFe II.0. Normas Generales INGENIERÍA CONCEPTUAL.Especificaciones funcionales, técnicas y contractuales TOMO II EQUIPAMIENTOS.2010.
- [8] D. Vuchic] *Urban Transportation Systems. Choices for communities*. Editorial McGraw Hill 2004.
- [9] M.Melis Apuntes de introducción a la dinámica vertical de la vía y a las señales digitales en Ferrocarriles, con 151 programas en Matlab, Simulink, Visual c++, Visual Basic y Excel. Marzo 2009.
- [10] C. Zamorano, J.M. Bigas, J.Sastre Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas de plataforma reservada. ISBN 8486803616. 2007.
- [11] Secretaría del Metro de Panamá. Instrucción y Normas para usar el metro de Panamá. Metrocultura. 2014.
- [12]Manuel Melis y Francisco J. González. *Ferrocarriles Metropolitanos. Tranvías, metros ligeros y metros convencionales* (2ª edición, ampliada y revisada). 2008.
- [13]Harris, N.; Anderson, R. An international comparison of urban rail boarding and alighting rates. *J. Rail Rapid Transit* 2007, 221, 521–526. 2007.
- [14] Harris, N. Train boarding and alighting rates at high passenger loads. *J. Adv. Transp.* 2006, 40, 249–263.2006.
- [15] A. de Caballero (A. Berbey-Alvarez), R. Caballero, H. Álvarez, L. Laguardia, D. Batista, J. Sanz, R. Galán, J. Brunel, K. Guerra, J. Flores, "El Transporte Ferroviario: Fundamentos y algunas características más sobresalientes", PRISMA Tecnológico, pp. 35-39, Vol. 3, No. 1, 2012. ISSN 2076-8133. 2012.
- [16]Clara zamorano; joan m. bigas; julián sastre. Manual para la planificación, financiación e implantación de sistemas de transporte urbano. Páginas 287. ISBN 8438002781, 9788438002780. 2004.