



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

INFORME TÉCNICO PREVIO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE N° 012 - 2011

1. NOMBRE DEL ÁREA

Área de Soporte Técnico de la Oficina de Tecnología de Información.

2. RESPONSABLE(S) DE LA EVALUACIÓN

Ing. Luis Roberto Blas Sernaqué

3. CARGO(S)

Soporte Técnico

4. FECHA

27 de julio de 2011.

5. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la red vial urbana de Lima padece de serios problemas de congestión y sobre saturación principalmente en las horas punta del día. Esta situación en el futuro próximo se vería agravada significativamente si consideramos el incremento del flujo vehicular de transporte de carga (a consecuencia de la actividad comercial internacional) y el crecimiento propio del parque vehicular y movimiento de la metrópoli.

Ante esta problemática, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (OGPP), con financiamiento de la Corporación Andina de Fomento (CAF), ejecutó el Estudio de Impacto Ambiental Vial en la Red Metropolitana de Lima y Callao por el Flujo de Carga del Puerto, Aeropuerto y Zona de Actividad Logística a cargo del grupo consultor LOGIT-SIGMA GP. El objetivo del estudio fue dimensionar la situación actual del servicio de transporte de carga orientado a la importación/exportación de mercaderías entre el puerto del Callao y el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez; Zona de Actividad Logística prevista con sus respectivos orígenes/destinos y cuantificar las necesidades futuras (en el corto, mediano y largo plazo) que se presentarán en un escenario de crecimiento de la actividad, de modo tal que permita proponer alternativas que aseguren un desarrollo eficiente del servicio, prevean y minimicen los impactos producidos a la red vial y a la movilidad de personas y mercaderías en el área.



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

Modelamiento Microscópico de Transporte y Tránsito

La micro simulación de tránsito permite aproximar el análisis y evaluar indicadores típicos de la ingeniería de tránsito (tamaño de filas, demoras en detención, número de paradas, etc.) para diferentes escenarios, proponiendo soluciones viales y recomendando la más adecuada.

Como parte de las conclusiones del estudio surgió la necesidad de estudiar algunos puntos críticos con mayor nivel de detalle y uso de herramientas específicas. Estos puntos se refieren a algunas intersecciones que presentan bajos niveles de servicio en los análisis macroscópicos desarrollados para los años futuros, considerando la implementación de los proyectos de infraestructura priorizados en el estudio. Estas intersecciones podrían convertirse en futuros cuellos de botella que comprometan el desempeño general del sistema vial, si no son solucionados adecuadamente, de ahí se requiere realizar actividades más detalladas de modelación en estos puntos, a nivel macroscópico.

Esta situación se repite en otros puntos de la red vial nacional a cargo del MTC como son las intersecciones entre carreteras nacionales y entre las carreteras nacionales con las rutas departamentales, en las carreteras que cruzan partes urbanas o densamente pobladas, en los accesos a puertos, aeropuertos y zonas de actividad logística, por mencionar sólo algunos.

Ante esta problemática, se requiere la adquisición de un paquete de software de simulación a nivel microscópico que permita una adecuada integración con modelos de demanda de viajes de modelos macroscópicos (intercambio de redes, de datos de demanda y de resultados); soporte del modelamiento de todos los modos de transporte en una misma simulación (carros, camiones, buses, trenes ligeros, bicicletas y peatones); y que incluya características de geometría detallada de calles, cajas de herramientas para el control de señales y soporte una visualización 3D convincente.

Modelamiento Macroscópico de Transporte y Tránsito

Un grupo consultor elaboró un modelo de transporte urbano del área de influencia empleando para ello una combinación de paquetes de software de modelamiento conformado por TransCAD y VISUM, el cual sirvió de base para analizar y medir los impactos de los diferentes proyectos dentro de la malla vial de Lima Metropolitana y Callao y de esta manera programarlos y priorizarlos.

Las conclusiones del Estudio del Impacto Vial en la Red Metropolitana de Lima y Callao por el Flujo de Carga del Puerto, Aeropuerto y Zona de Actividad Logística recomendaron la ejecución de un plan de inversiones compuesto por los siguientes seis (06) proyectos:



Corto Plazo:

- Plan de Mejoramiento y Manejo del Tráfico (2012)
- Avenida Santa Rosa (2012)
- Margen Derecha del Río Rímac (2012)

Mediano Plazo:

- Avenida Henry Meiggs (2016)

Largo Plazo:

- Mejoramiento Av. Faucett (2018), y
- Periférico Vial Norte (2020).

Adicionalmente se sugirió complementar el proceso de mejoramiento de la movilidad de la carga en el área de estudio con otra serie de medidas y proyectos como los siguientes:

Corto Plazo:

- Implementación de un Plan de Manejo y Mejora del Tráfico en diversos puntos de la ciudad.

Mediano Plazo:

- Ampliación de la red de transporte público organizado (COSACs y/o Tren Eléctrico) al 50% de los corredores priorizados (2016).
- Medidas de restricción al vehículo particular (Pico y Placa) (2017).

Largo Plazo:

- Red de transporte público organizado al 100% de sus corredores (2025).

La OGPP, como responsable de la supervisión y posterior implementación de los resultados del estudio, tiene el interés de implementar un plan de inversiones formulado, lo cual incluye también actualizar el modelo de transporte elaborado, incorporando cualquier otra iniciativa o medida que surgiera en el futuro, producto de la naturaleza dinámica y compleja de la problemática de transporte urbana.

En este sentido, resulta indispensable contar con una licencia del paquete de software de modelamiento macroscópico de transporte VISUM, a fin de darle sostenibilidad a los resultados del estudio y brindar continuidad a la planificación del transporte en el país.

6. ALTERNATIVAS

Modelamiento Microscópico de Transporte y Tránsito

Antecedentes

Actualmente, son diversas las herramientas de modelación de tráfico que pueden utilizarse, las cuales varían desde simples ecuaciones determinísticas hasta complejos modelos de micro simulación. La ciudad de Lima, presenta características peculiares en cuanto a la circulación, infraestructura, comportamiento de los conductores y cantidad de vehículos de transporte público.



Esto, hace necesario que el modelo seleccionado tenga la capacidad de replicar una realidad compleja. En nuestro medio, la tendencia es utilizar las herramientas macro-determinísticas, en todas las situaciones, sin reconocer sus limitaciones. A continuación se presentan algunos de los modelos de tráfico empleados en la ciudad de Lima: VISSIM 5.3 y AIMSUM 6.0.

Modelos de Simulación Microscópica

Los modelos microscópicos permiten analizar detalladamente el tráfico, basados en aspectos del comportamiento individual, los cuales varían desde la elección de la ruta y tiempo de partida (Lie et al 2006), (Zhang et al 2006), hasta características del comportamiento de manejo, como: las teorías del vehículo siguiente y cambio de carril (Laval y Daganzo, 2006), (Ossen et al, 2006). Típicamente, los vehículos ingresan a la red utilizando distribuciones estadísticas de arribos, luego se les asigna: un destino, un tipo de vehículo y un tipo de conductor, de acuerdo a un “número inicial” escogido aleatoriamente. Posteriormente, los vehículos son seguidos, cada segundo o fracción de segundo, (Ej. 0.1 s) registrándose su posición, velocidad y aceleración.

Los modelos de micro-simulación, en su mayoría, son efectivos al evaluar la evolución dinámica de la congestión; sin embargo, requieren de muchos datos y tiempo para ser construidos y calibrados. Es precisamente, la etapa de calibración quien determina la aceptación del modelo y su posterior uso como herramienta de predicción.

Una de las razones por la cual los modelos de micro simulación son usados con mayor regularidad, es la posibilidad de observar los resultados de forma de animación. Esto permite a los técnicos y políticos observar los impactos de las medidas de gestión. Sin embargo, esto constituye un arma peligrosa en los casos donde se desconozca la base teórica del modelo o este no se encuentre debidamente calibrado. Estudios estiman que diferencias en la calibración del 20% podrían conducir a diferencias de hasta el 50% situaciones futuras (Algers et al, 1997).

También, debe señalarse que debido al carácter aleatorio de los modelos de micro simulación, éstos deben analizarse repetidamente hasta encontrar respuestas con un grado determinado de confiabilidad (May, 1990) por lo que a diferencia de los modelos analíticos (basados en simple ecuaciones) requiere mucho más tiempo para su construcción y aceptación.

En la actualidad hay más de 60 software de micro simulación (Burgos, 2004); para el caso es necesario evaluar los programas AIMSUM 6.0 y VISSIM 5.3.



Modelamiento Macroscópico de Transporte y Tránsito

Hay varias alternativas de software de modelamiento macroscópico de transporte: EMME/3, TransCAD y VISUM.

Lo que se requiere es adquirir un software (incluida la licencia) de modelamiento macroscópico de transporte para la OGPP.

7. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO

Modelamiento Microscópico de Transporte y Tránsito

Cuadro comparativo de las funciones del software AIMSUM 6.0, y el software VISSIM 5.3.

CARACTERÍSTICA	VISSIM 5.3	AIMSUM 6.0
Descripción	Es una herramienta de simulación microscópica, la cual modela el tráfico a nivel urbano y la operación del transporte público. Puede analizar diferentes condiciones de tráfico en diferentes condiciones de operación y analizar la operación de diferentes dispositivos de regulación del tráfico. Por tanto, es un programa que puede realizar análisis dinámicos. Es un paquete de simulación de tránsito que puede interactuar con sistemas de regulación del tránsito semaforizados, los cuales pueden ser actuados, semiaactuados o prefijados. Esto convierte esta herramienta en una de las más poderosas para el análisis dinámico entre la operación del flujo vehicular y la operación de los sistemas de regulación del tráfico.	Es un software de origen español, desarrollado por la empresa Transport Simulation Systems – TSS, la Universidad Politécnica de Cataluña y una serie de colaboradores en investigación de Unión Europea desde 1989. Es la única herramienta en el mercado que integra en un software de aplicación individual, tres tipos de modelos de transporte: herramientas de asignación de tráfico estático (planeamiento de transporte – demanda de viajes).
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Disponibilidad del código fuente	NO	NO
Interacción con otros modelos	CID, VNP, VISUM	EMME/2, SCATS, TRANSYT 7F
Herramientas para el procesamiento posterior	NO	SI



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

Editores gráficos de la red	SI	SI
Editor gráfico de la red (extensible)	NO	NI
Se ejecuta en PC	SI	SERVIDOR
Estructura orientada a objetos	SI	SI
Modelación de semáforos controlados	SI*	SI**
NI (no hay información)		
* El software tiene archivos de salida para análisis		
** Con hardware redundante		
EXTRACCIÓN DE DATOS		
Estado de los vehículos exportable a archivos	SI	SI
Formato de archivo de animación público	SI	NO
API disponible	SI	SI
Archivos configurables de salida	SI	NI
Exportación de eventos de aceptación de brechas	POSIBLE	POSIBLE
Exportación de eventos de rechazo de brechas	POSIBLE	POSIBLE
Exportación de eventos de cambios de carril	POSIBLE	POSIBLE
Ubicación de los vehículos (x,y)	SI	SI
Incluye estadísticas del conflicto	SI*	NO
NI (no hay información)		
* Con lógica de los micro nodos, solo provee el conteo de conflictos aproximados		
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES		
Medidas de las brechas	SI	SI
Medidas de los cambios de carril	SI	SI
Medidas del modelo seguimiento de vehículos	SI	SI
Medidas de la velocidad de giro	SI	Si
Reacción al amarillo	NO	NO
Tiempo de reacción del conductor	Por conductor y por semáforo	SI
Movimiento de las intersecciones	No	SI
Porcentaje de variación de la aceleración y desaceleración	SI	SI
Limites en la distancia y visibilidad	SI*	SI*
Ceda el paso en movimiento	SI	SI
Interacción de vehículos y peatones	SI	SI
Mezclamiento amigable	SI	Solo en rampas
Mezclamiento en multicarriles	SI**	NO
Derecho de vía en interacciones	SI	Si
Registro de maniobras erradas	POSIBLE	POSIBLE
Maniobras de parqueo	Si	NO
Señales de giro	NO	NO
Giros en U	SI	SI
Orígenes y destinos en intersecciones	SI	NO
* El límite de la distancia de visibilidad se puede especificar, pero las obstrucciones no		
** El modelo puede incluir carriles de entrada preferenciales pero depende de los vehículos que se aproximan.		



CALIBRACIÓN Y PARÁMETROS		
Tiempo de paso variable	SI	SI
Tiempo de paso < 1.0 s	SI	SI
Criterio de aceptación de brechas cambia con la demora	SI*	SI
Longitud de vehículo	POR TIPO	POR TIPO
Longitud del vehículo considerada por lógica de la brecha	SI	SI
Avances variables	POR TIPO	POR TIPO
Progreso variable en la descarga de las colas	POR TIPO	POR TIPO
* La aceptación de la brecha por cambios de carril por la distancia requerida por la maniobra		

Evaluación Técnica

Los modelos AIMSUM y VISSIM presentan resultados similares en intersecciones con baja demanda vehicular ($v/c < 0.5$), escasa presencia de transporte público y en vías donde los conductores respetan las reglas de tránsito. Es decir podrían ser empleados en zonas residenciales de Lima o en lugares donde las personas se desplacen principalmente en automóvil.

Los modelos microscópicos consideran las características de cada vehículo individual, y sus interacciones con otros vehículos en el flujo de tránsito. Por consiguiente, ellos pueden simular las operaciones de tránsito con gran detalle pero normalmente pueden requerir de entradas extensas, y tiempo de ejecución extenso para su aplicación. Por tal motivo representan mejor el análisis del tránsito vehicular.

En el caso de situaciones congestionadas, con un alto porcentaje de peatones, buses y vehículos pesados, los modelos determinísticos analizados no podrían representar adecuadamente las condiciones del tráfico en Lima. Asimismo, AIMSUM tampoco podría hacerlo, debido a su simplicidad. Para el caso VISSIM se presenta como mejor alternativa.

Asimismo solo VISSIM contaría con un módulo adecuado para analizar la circulación de peatones y ciclistas y por ende realizar gestión a favor de los más vulnerables.

AIMSUM también plantea situaciones similares a VISSIM, sin embargo la ventaja de VISSIM sobre AIMSUM es que puede ser exportado directamente a VISUM, a fin de tener un escenario micro corriendo sobre una plataforma macro.

VISSIM actualmente se encuentra utilizado en el mercado peruano con resultados óptimos. Actualmente es usado por muchas empresas consultoras y por organismos públicos como Gerencia de Transporte Urbano-Lima, GTU-MML, Callao, STLC-MTC, entre otros.

Modelamiento Macroscópico de Transporte y Tránsito

A continuación se muestra un cuadro comparativo de software de modelamiento macroscópico de transporte:



Los criterios de comparación son:

- Tipo de paquete (modular o entidad individual)
- Formatos para los datos de importación y exportación; limitaciones de tamaño
- Cuatro pasos de este proceso:
 - Generación de opciones de viaje
 - Distribución de opciones de viaje
 - Modelos de opciones de dividir
 - Viaje de asignación para el tráfico y el tránsito
- Paquetes de integración con el Sistema de Información Geográfica (SIG)
- Encuestas de geocodificación de Origen-Destino (OD)
- Análisis de los viajes no motorizados, y
- Compatibilidad con los modelos de uso de tierra

Criterios	EMME / 3	TransCAD	VISUM
Tipo de paquete (modular / jurídica)	entidad individual	entidad individual	Modular
Los formatos para los datos de importación y exportación	<u>Importación:</u> ASCII, archivos Shape, dBase <u>Exportación:</u> ASCII	<u>Importación:</u> ASCII, CSV, DBF, BIN, XLS, SHP, DGN, DXF, Tranplan, Emme / 2, tModel, gráficos etc <u>Exportación:</u> ASCII, CSV, DBF, BIN, SHP, DXF, gráficos, Emme / 2, TP +, Tranplan, MinUTP.	<u>Importación:</u> Access, ODBC, DBF, ASCII, CSV, gráficos, ESRI, SHP, p-BGF, Mapinfo, tModel, Emme / 2, Tranplan, MinUTP, QRS, TransCAD. <u>Exportación:</u> Access, DBF, ASCII, CSV, XLS, DXF, gráficos, p-BGF, Mapinfo, tModel, Emme / 2
Las limitaciones de tamaño	Zonas = 6.000 Enlaces = 150.000 Nodos = 60.000 Tránsito = 24.000	Ilimitado	Ilimitado
Viaje ¹ opciones de generación	a, b, c (Cualquier método se puede implementar utilizando la calculadora de la matriz)	a, b, c, las tasas de ITE, logit, macros definidos por el usuario y el usuario los programas escritos, de microsimulación	a, b, c, la actividad de los horarios diarios y el tiempo de la generación de día



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

Viaje ² opciones de distribución	a, b (2D y modelos 3D de distribución de viajes, viaje de calibración para la distribución de tallas observadas, el ajuste de la matriz con los recuentos observados, cualquier método se puede implementar utilizando los procedimientos de equilibrio de la matriz).	a, b, valoración y aplicación de modelos de gravedad, la elección de destino, proporcional Fratar tri y la gravedad, la gravedad de asignación simultánea, la estimación de la cuenta	A, b, viaje de la construcción de la cadena de los calendarios de actividad
Modal opciones de dividir	Logit y logit anidado, y cualquier función de demanda se puede utilizar	Logit y logit anidado; hogar o de microsimulación nivel personal	modelos específicos de usuarios, incluidos los logit anidado, se pueden especificar en las secuencias de comandos visuales básicas usando objetos COM VISUM y métodos.
Asignación de Viaje - ³ de tráfico	a, b, c, d, e, f; procedimiento de asignación versátil, multi-modal y de equilibrio de clases múltiples.	a, b, c, d, e, f, el equilibrio de usuario estocástico, asignación de costes generales, etc	a, b, c, d, e, f, bi-criterio del usuario equilibrio, puntos de asignación de múltiples etc
Asignación de Viaje - ⁴ de tránsito	a, b, c, d, procedimiento versátil, modal y asignación de clase multi-multi, las funciones de costos, tarifas y asignación de capacidad limitada	a, b, c, d, asignación de equilibrio estocástico con capacidades de ruta	a, b, c, d - multi-ruta, la ruta puede definir modelo de elección, la asignación directa de los itinerarios de tránsito de los registros de encuesta o de billeteo electrónico
SIG	Enif es una interfaz alternativa que tiene acceso a EEME / 2 bancos de datos, SHP y archivos DBF. INRO ha desarrollado procedimientos para la transferencia de datos hacia y desde Arcinfo.	Es cierto SIG paquete y se vincula fácilmente a ArcView, ArcGIS, MapInfo y Maptitude.	Mantiene la calle geográficamente exacta de la red. Tiene un menú de gran alcance para la cartografía temática de las redes y la geografía de la red no.
Geocodificación de las encuestas OD	Ninguno	Siempre con una capa de la calle y la calle con suministro de archivos de usuario.	herramienta externa: MapServer y AddressLocator están disponibles.
No motorizados análisis de los viajes	Paseo viajes, excursiones en bicicleta y otros modos no motorizados un ser modelados	Separa las redes e integrado plenamente.	Paseo en bicicleta y se han incluido en el modelo de cadena de viaje. En la asignación, que se puede modelar como modo de acceso de tránsito simples o con la elección de itinerarios distintos.



“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

Compatibilidad con los modelos de uso de la tierra	Interfaz con el uso de métodos de tierras	Compatible con prácticamente todos los usos de la tierra modelos.	Puede definir los atributos de la TAZ. Los resultados de un modelo de uso de la tierra se pueden importar a estos atributos que se utilizarán en el proceso de modelado.
--	---	---	--

Notas:

1. La generación de opciones de viaje son:
 - a) Análisis de regresión
 - b) Clasificación cruzada
 - c) Viajes tasas
2. Distribución de las operaciones de viaje son:
 - a) La gravedad del modelo
 - b) Fratar modelo
 - c) Otro
3. Asignación de Viaje – opciones de tráfico son:
 - a) Todo o nada
 - b) Capacidad de retención
 - c) Intersección de retención de capacidad basada en
 - d) Estocásticos / probabilístico
 - e) Incremental
 - f) Equilibrio
 - g) Dinámica
4. Asignación de Viaje – opciones de transporte son:
 - a) Tránsito sistema basado
 - b) Ruta base
 - c) Horario base
 - d) Multi-ruta

Evaluación Técnica

- Cada software tiene su particularidad.
- EMME/3 es una herramienta poderosa para planificar. Su desventaja radica en que necesita una plataforma adicional de un software GIS. Asimismo su programación es de plataforma baja, lo cual implica necesario conocimiento de programación. Entorno poco amigable de planificación.
- VISUM fue introducido al Perú hace años con resultados óptimos en el INSTITUTO METROPOLITANO DE PLANIFICACIÓN, donde se llegó a planificar escenarios de planificación.
- Actualmente TRANSCAD tiene mayor posicionamiento sobre VISUM, dado que son muchos consultores españoles que han desarrollado consultorías en Lima, para lo cual han impuesto su uso en el medio.



- Esta determinación en su uso ha sido arbitrario y a criterio del Consultor Contratado, sin embargo no garantiza que sea mejor que VISUM.
- VISUM posee mejor interacción entre el nivel macro y micro por su interfaz con VISSIM, lo cual lo convierte en una herramienta muy poderosa de planificación, manejando los niveles de evaluación macro y micro.

8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO – BENEFICIO

Modelamiento Microscópico de Transporte y Tránsito

Tabla de comparación de costos

Software	Costo (con IGV)
VISSIM V4 versión 5.3	US\$ 23,134.00
AIMSUM 6.0	No hay información referencial

Modelamiento Macroscópico de Transporte y Tránsito

Tabla de comparación de costos

Software	Costo (con IGV)
VISUM S3 versión 11.5	US\$ 24,426.00
TransCAD	No hay información referencial
EMME/3	No hay información referencial

9. CONCLUSIONES

Modelamiento Microscópico de Transporte y Tránsito

Se concluye que para analizar con mayor nivel de detalle y a nivel operacional, los distintos puntos críticos de la red nacional que presentan bajos niveles de servicio y que tengan el potencial de convertirse en futuros cuellos de botella que comprometan el desempeño general del sistema vial, se recomienda adquirir el software de modelamiento microscópico de transporte VISSIM V4 versión 5.3, incluyendo el módulo adicional Paquete de Fuerza Social de 5,000 peatones.



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”
“Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo”

Modelamiento Macroscópico de Transporte y Tránsito

Se concluye que para supervisar y dar sostenibilidad a los diversos estudios y/o proyectos, producto de los resultados de las conclusiones del Estudio de Impacto en la Red Metropolitana de Lima y Callao por el Flujo de Carga del Puerto, Aeropuerto y Zona de Actividad Logística (ZAL), se recomienda adquirir el software de modelamiento macroscópico de transporte VISUM S3 versión 11.5.

Ing. Luis Roberto Blas Sernaqué