

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN**



**“MÓDULO DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR PARA LA
CIUDAD DE SOYAPANGO”**

**TESIS DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO EN
CIENCIAS DE LA COMPUTACION**

**PRESENTADA POR:
CARMEN DOLORES FRANCO MIRANDA
MAGDALENA IVETTE MARTÍNEZ GUZMÁN
RUBÉN MARLON VÁSQUEZ ROSALES**

MARZO 2004

SOYAPANGO

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

AUTORIDADES

**ING. FEDERICO HUGUET RIVERA
RECTOR**

**PADRE VICTOR BERMUDEZ
VICERECTOR ACADEMICO**

**LIC. MARIO RAFAEL OLMOS
SECRETARIO GENERAL**

**ING. ERNESTO GODOFREDO GIRON
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA**

**LIC. MAURICIO COTO
DIRECTOR DE ESCUELA DE COMPUTACION**

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA



JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

ING. SERGIO MARTIN

ASESOR

LIC. OSCAR MENDEZ

JURADO

ING. PATRICIA ESTRADA

JURADO

ING. XIOMARA MARTINEZ

JURADO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TOPOPODEROSO

Por haberme dado la vida, el conocimiento, la sabiduría y la energía necesaria para que pudiera culminar mi carrera.

A MIS PADRES

Santiago Franco (Q.D.D.G.) y Fidelina Miranda Vda. de Franco quienes han sido el fundamento de mi existencia y que con su visión de futuro, me enseñaron a soñar y trabajar arduamente por alcanzar esos sueños y a quienes dedico este logro; aunque mi padre no este físicamente, sé que desde el cielo comparte mi alegría.

A TODA MI FAMILIA

A mis hermanos, tíos, primos y demás familia que con sus consejos y motivación me impulsaron a alcanzar la meta propuesta.

Así como también a Reyes del Carmen Escobar que estuvo a mi lado en las últimas etapas de mi carrera y que siempre creyó en mi capacidad para coronar mi carrera.

AL ASESOR DE TESIS

Ing. Sergio Adrián Martín, por haber aceptado el reto desde el principio, su paciencia y motivación y por siempre creer en que éramos capaces de culminar el trabajo.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS

Por su tolerancia, cooperación y trabajo que cada uno mostró para la realización del proyecto.

Dolores Franco Miranda

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso y a la Virgen Maria:

Por haberme iluminado, permitir mi existencia, darme sabiduría y hacer realidad el anhelo de culminar mi carrera profesional.

A Mis Padres:

Lic. Víctor Manuel Martínez Beltrán y Lic. Maria Magdalena de Martínez, quienes han sido el fundamento de mi existencia, y quienes con sus enseñanzas, apoyo y amor han hecho posible que alcance este triunfo. Para ellos este logro con mucho amor.

A Mis Hermanas:

Karla Patricia Martínez Guzmán y Shirley Jeanneth Ichkanian, por los sabios consejos que me dieron y por su apoyo moral e incondicional siempre que lo necesite.

A Mi Asesor:

Ing. Sergio Adrián Martín por su entrega y dedicación de principio a fin por esta ardua tarea.

A Mis Compañeros de Tesis:

Por la solidaridad que me brindaron cuando lo necesite y la unidad que mantuvimos.

Magdalena Ivette Martínez Guzmán

AGRADECIMIENTOS

Hay muchas personas que han intervenido cada una dando una parte de si para que hoy yo pueda ver culminada una de mis metas en la vida, y resultaría imposible poder plasmar todos esos nombres en un papel, pero para todos aquellos a quienes les tengo que agradecer pero no son mencionados en esta hoja, les doy las mas sinceras Gracias.

Le agradezco primeramente a Dios todopoderoso y a mi Madre la Virgen Maria por haberme dado desde el primer día de mi vida siempre lo mejor al haberme puesto como hijo de unos padres excepcionales.

A mis Padres Rubén de Jesús Vásquez Lazo y Cruz Aracely Rosales de Vásquez por haberme dado siempre no lo que quería pero si lo que necesitaba, y haberme formado con su ejemplo a una persona de bien y con principios bien fundamentado en el amor que solo unos padres como ellos pueden dar.

A mis hermanas, tios, abuelos y demas familia quienes estuvieron siempre pendientes de mí para poder brindarme su apoyo en cualquier momento que lo necesitara.

A mis compañeros de Tesis por haber aportado sus ideas y conocimientos para la culminación de este trabajo. Y espero que hoy si estén convencidos que "Somos de Aguante".

Al Asesor Sergio Martín quien estuvo ahí presente para poder brindarnos su conocimientos y así poder salir adelante.

Rubén Marlon Vásquez Rosales

INDICE

INDICE DE IMÁGENES	i
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I. GENERALIDADES	
1.1 Planteamiento y definicion del tema	
1.2 Justificación.....	
1.2.1 Aplicaciones de simuladores.....	
1.2.2 Ventajas de simuladores.....	
1.3 Objetivos	
1.3.1 Objetivo General.....	
1.3.2 Objetivos Específicos.....	
1.4 Alcances.....	
1.5 Limitaciones	
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Teoría del Tráfico Telefónico	1
2.2 Modelos Erlang.....	1
2.3 Tipos de conmutación desde el punto de vista de tráfico	1
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACION	1
3.1 Finalidad de la aplicación.....	1
3.2 Descripción de las Operaciones.....	1
CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA APLICACION	1
4.1 Análisis Matemático	1
4.1.1 Planteamiento Matemático	1
4.1.2 Formulación del modelo matemático	2
4.1.3 Resolución del modelo matemático	2
4.2 Diseño de la aplicación	3
4.2.1 Tecnología usada.....	3
4.2.2 Diseño de la Base de Datos	3
4.2.3 Diseño de la Interfaz.....	4
4.2.4 Diseño de Objetos.....	6
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	7

5.1 Conclusiones	7
5.2 Recomendaciones	7
BIBLIOGRAFÍA	7
ANEXOS	
Anexo I. Estudio de Tráfico por BONAL de Centroamérica.....	7
Anexo II. Gráficas de resultados según modelo matemático.....	8
Anexo III. Solución de ecuaciones lineales por el Método de Gauss	8
Anexo IV. Presupuesto.	9
Manual del usuario	
Manual del programador	

INDICE DE IMÁGENES

❖ Figuras	Página
Figura 1. Mapa de la ciudad de Soyapango	3
Figura 2. Gráfica de los valores de coeficiente a (diarios).....	25
Figura 3. Sistema de ecuaciones lineales.....	29
Figura 4. Representación matricial del sistema de ecuaciones lineales.....	29
Figura 5. Modelo matemático en función del día y hora.....	30
Figura 6. Segundo sistema de ecuaciones lineales.....	31
Figura 7. Estructura de la Base de Datos.....	41
Figura 8. Pantalla Principal del Simulador.....	47
Figura 9. Barra de Menú del Simulador.....	47
Figura 10. Menú Archivo.....	48
Figura 11. Ventana para guardar proyecto.....	49
Figura 12. Menú Ver.....	49
Figura 13. Ventana de Zoom.....	50
Figura 14. Menú Proyecto.....	50
Figura 15. Formulario de Mantenimiento de Ciudades.....	51
Figura 16. Formulario de Mantenimiento de Vías.....	51
Figura 17. Formulario de Mantenimiento de Segmentos de Vía.....	52
Figura 18. Formulario de Mantenimiento de Estaciones.....	53
Figura 19. Formulario de Mantenimiento de Altos.....	53
Figura 20. Formulario de Introducción de Datos de Tráficos.....	54
Figura 21. Formulario de Archivos de Simulaciones previas.....	55
Figura 22. Menú Ejecutar.....	56
Figura 23. Menú Reportes.....	56
Figura 24. Barra de Herramientas.....	57
Figura 25. Área de Trabajo.....	58
Figura 26. Área de Información.....	58
Figura 27. Área de Configuraciones.....	59
Figura 28. Área de Indicadores de tiempo.....	59

Figura 29. Pantalla de Bienvenida.....	60
Figura 30. Pantalla de Consulta de Semáforos.....	61
Figura 31. Pantalla de Consulta de Infraestructura Vial.....	62
Figura 32. Pantalla de Consulta de Tráfico Vehicular.....	63
Figura 33. Gráfica de tráfico en tramo 10ª avenida norte Acceso norte.....	84
Figura 34. Gráfica de tráfico en tramo 6ª avenida norte Acceso norte.....	84
Figura 35. Gráfica de tráfico en tramo calle a Tonacatepeque Acceso norte....	85

❖ Tablas

Tabla 1. Intensidad de Trafico por hora y calle.....	22
Tabla 2. Valores de Coeficientes a por calle.....	23
Tabla 3. Agrupación de coeficientes a por calle.....	24
Tabla 4. Valores de los coeficientes b por coeficiente a.....	26
Tabla 5. Descripción de barra de herramientas.....	57

INTRODUCCIÓN

El transporte terrestre, utilizado en las diferentes actividades y ocupaciones de la vida humana, ha sido durante muchos años una herramienta para hacer más productivas sus actividades, comunicar lugares y personas entre grandes distancias y en general mejorar la calidad de vida.

Pero cada día, los asentamientos urbanos en su constante dinámica de crecimiento generan altos volúmenes de tráfico vehicular ocasionando serios congestionamientos, mayor contaminación, pérdida de la productividad, etc. Por lo que es indispensable realizar una planificación vial adecuada para cada ciudad, permitiendo dar las soluciones más óptimas para la disminución de los inconvenientes antes mencionados.

El presente trabajo de Tesis de grado, denominado “**Modulo de Simulación de Tráfico Vehicular para la Ciudad de Soyapango**”, hace una investigación de tráfico y su comportamiento de la ciudad y desarrolla una herramienta que permite ser de apoyo a las decisiones que para tal fin se desean implementar.

La aplicación se basa en un modelo matemático, desarrollado a partir de los datos encontrados en la investigación, así como también en la estadística de probabilidades, los cuales rigen el comportamiento de la simulación, además de los elementos del escenario de la simulación como lo son las vías, semáforos, etc.

En el desarrollo de la aplicación se utiliza tecnología de punta, tanto para dar al usuario una interfaz gráfica fácil de usar como para el manejo eficiente de la información del simulador.

Además, se incluye un apartado donde se utiliza tecnología para Internet con el fin de que los datos obtenidos en las simulaciones puedan ser consultados en un Intranet o desde la Web.

CAPITULO I. GENERALIDADES

En este capítulo se hace una descripción del marco de referencia del trabajo de tesis denominado “**Modulo de Simulación de Tráfico Vehicular para la ciudad de Soyapango**”, el cual comprende apartados como: planteamiento y delimitación de problema, justificación, objetivos, alcances y limitaciones.

1.1 Definición y delimitación del tema

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar un sistema que permita simular el tráfico de una ciudad específica, considerando factores que serán determinados previamente, los cuales son: infraestructura vial, carga vehicular, horarios y semaforización.

Para la demostración del simulador se tomará a la ciudad de Soyapango (Figura 1) ya que es la segunda ciudad más importante y más poblada del AMSS (Área Metropolitana de San Salvador), por lo que merece mucha atención debido a la existencia de mucha industria comercio, centros comerciales, así como la necesidad de movilidad de sus pobladores.

Además esta ciudad es una de las entradas importantes a la ciudad capital de El Salvador y que comunica a otras ciudades del AMSS así como al oriente del país.



Figura 1. Mapa de la ciudad de Soyapango

1.2 Justificación

Los cambios y el crecimiento demográfico de las ciudades en muchas situaciones han causado trastornos en el tráfico vehicular, aún más el aumento del parque vehicular y la cantidad de transporte público necesario para movilizar a la población, así como para transportar productos, materia prima, etc. a través de distancias cada vez más largas y congestionadas, genera serios inconvenientes para el desarrollo productivo de cualquier ciudad actual, ya que los tiempos de movilidad de un lugar a otro son muy prolongados, hay mayores costos económicos de combustible, entre otros.

La planificación vehicular se vuelve indispensable para cualquier ciudad que quiere mantener funcional para sus actividades productivas, la cual permite ingenieros de tráfico ó instituciones involucradas a evaluar posibles acciones implementar con el fin de disminuir el caos vehicular, tales como: modificaciones las vías de circulación vehicular, configuraciones alternativas de señalización construcción de vías nuevas y en general, cualquier tipo de innovación que aún no se ha puesto en marcha.

Con el avance de la tecnología y en particular el creciente desarrollo de las microcomputadoras, se abre un mundo de nuevas prestaciones posibilidades que anteriormente eran impensables para equipos de bajo costo. Dentro de este ámbito surge la técnica de la simulación como un herramienta que ha demostrado importantes utilidades mediante el estudio conveniente del comportamiento de los sistemas.

R.E. Shannon define a la simulación como “el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y conducir experimentos con este modelo; con el propósito de entender su comportamiento ó evaluar diferentes estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio ó conjunto de criterios) para la operación del sistema”¹

La simulación de vehículos provee un ambiente seguro, conveniente cómodo para conducir investigaciones de desarrollo, permitiendo sentar las bases de implementación de herramientas que ayuden a las instituciones encargadas de regular y organizar el tráfico a verificar el resultado de sus estudios y decisiones, sin tener que recurrir al mecanismo de prueba y error.

¹ <http://fc.uni.edu.pe/labosin>

1.2.1 Aplicaciones de simuladores

➤ Evaluación de toma de decisiones sobre cambios de infraestructura.

Mediante la simulación podemos evaluar todos los aspectos de una zona determinada, generando artificialmente tráfico realista dinámico que la surque. Así se puede simular los efectos de reducir o ampliar carriles, agregar semáforos, etc.

Los resultados de estas simulaciones pueden ser la base para el desarrollo de proyectos de mejoramiento vial.

➤ Simulación del efecto de las medidas de control.

Se puede evaluar el impacto en la circulación vehicular al modificar límites de velocidad, restricciones de cambio de carril, cambio de los sentidos de calles, prohibición de estacionar en zonas problemáticas, cambio de velocidades máximas y mínimas permitidas en arterias, avenidas o modificación de tiempos de semáforos.

1.2.2 Ventajas de simuladores

➤ Rapidez en la obtención de resultado

Se puede extraer todos los datos relativos al evento en cada momento de la simulación, construir tablas y bases de datos con los resultados obtenidos e inferir conclusiones a partir de ellos. La recolección de datos por personal especializado en la vida real es un proceso tedioso y de alto costo, e inclusive de este modo existen parámetros difíciles de relevar, imposibles de conseguir, mientras que el simulador en contados minutos puede devolver resúmenes con toda la información requerida.

➤ Disminución de costo

La simulación permite minimizar los costos debido a que no se necesitan efectivamente utilizar vehículos, combustible o personal calificado que realice las pruebas y releve los datos en largos períodos de tiempo.

La implementación de un cambio vial involucra una gran cantidad de trabajo y dinero, como ser la construcción de infraestructura, señalización personal, y el impacto que la obra causa en el tráfico durante su duración. Todos estos gastos se realizan con la expectativa de generar una mejor vial posterior, la cual no se puede constatar hasta su funcionamiento. Pero si ocurriera un error en las previsiones, los gastos tal vez hayan sido en vano, puesto que se necesitarán nuevos cambios o ajustes.

El simulador, en este caso, permite tener una seguridad mayor a la hora de tomar las decisiones estratégicas que pudieran causar grandes costos y confirmar su utilidad y las mejores opciones para ellas.

➤ Disminución de peligros.

Hacer pruebas de cambios de sentidos de calles, señalizaciones o semejante puede ser confuso para los conductores y causa de accidentes en la vida real, y que si esta acción no tiene resultados positivos se podría volver a la configuración anterior o impulsar otro cambio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta de simulación de tráfico vehicular que brinde información necesaria para la búsqueda de una solución óptima al problema de tráfico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- A. Brindar alternativas que ayuden a respaldar la toma de decisiones ; autoridades competentes, tales como Alcaldías, Vice Ministerio de Transporte y el Ministerio de Obras Publicas.
- B. Crear un sistema que pueda adaptarse a los factores particulares de una ciudad.
- C. Prever el comportamiento del tráfico mediante parámetros conocidos.
- D. Disminuir el tiempo para el análisis del comportamiento vial de una ciudad.

1.4 Alcances

- A. Se podrá importar diferentes formatos para los mapas digitalizados tales como: JPEG, GIF, Mapa de Bits.
- B. El simulador puede ser utilizado para otras ciudades, debido a la gran cantidad de atributos configurables.
- C. Interfaz grafica con visualización en 2 dimensiones.
- D. Se tomarán en cuenta 3 tipos de vehículos: automóviles, buses, microbuses.

1.5 Limitaciones

- A. Falta de documentación acerca del tráfico vehicular en El Salvador.
- B. Falta de existencia de trabajos previos de simuladores que sirvan como base.
- C. Tiempo limitado para el desarrollo del simulador.
- D. La complejidad en el comportamiento de factores que influyen en el tráfico vehicular

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace un estudio de los factores fundamentales que intervienen en el comportamiento del tráfico telefónico; tales como: teoría del tráfico telefónico, modelo de Erlang, tipos de conmutación; los cuales son tomados como base para el estudio y análisis del tráfico vehicular.

Considerando que la simulación por computadora se podría definir como aquella disciplina que involucra diseñar el modelo de un sistema físico-teórico o real y ejecutar el modelo en una computadora, valiéndose luego de los resultados de mismo para fines bien determinados ⁴.

Es por ello que la simulación por computadora se utiliza cuando las pruebas sobre el sistema real no son factibles porque sobrepasan los límites aceptables de tiempo, costo y/o seguridad de las personas. Se desarrolla entonces un modelo matemático el cual se basará en datos que se obtendrán previamente mediante la información que puedan brindar las instituciones como el Vice ministerio de transporte y la empresa BONAL (Ver Anexo I). Este modelo es luego traducido en términos de un programa de computadora para generar la solución del problema.

En general, el término simulación hace referencia a aquello que permite enfrentar un problema trabajando con una imitación del mismo en vez de trabajar con el problema real. ⁶

Por lo tanto la técnica de la simulación surge como una herramienta que ha demostrado importantes utilidades mediante el estudio conveniente del comportamiento de los sistemas.

⁴ Fishwick, P. A. "Computer Simulation: Growth Through Extension", European Simulation Multiconference, Barcelona, Spain, 1994.

⁵ Empresa que presta servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, gestión y control del tráfico de instalaciones semaforizadas de la red nacional de El Salvador, BONAL.

⁶ Arsham, Hossein. "Systems Simulation: The Shortest Path from Learning to Applications". 7th Edition (2001). <http://ubmail.ubalt.edu/~harsham/simulation/sim.htm>

2.1 Teoría del Tráfico Telefónico

La teoría de tráfico se basa en el supuesto del equilibrio estadístico, lo que implica que ésta solo puede tratar con casos sujetos a condiciones estacionarias. Dicha teoría puede considerarse como la teoría de la disposición en cola aplicada a los sistemas de telecomunicaciones. El concepto general de esta teoría tiene que ver con el análisis matemático de sistemas sujetos a demandas, cuyas ocurrencias y duraciones pueden en general, especificarse solo probabilísticamente.

2.2 Modelos Erlang

Para aplicar el modelo Erlang es preciso poder determinar la cantidad media de llamadas así como el tiempo medio empleado por esas en un instante dado, en telefonía se hace mención a estas cantidades refiriéndose a la cantidad de tráfico telefónico existente, el grado de servicio y la cantidad de equipamiento juegan un rol primordial al momento de la aplicación del modelo Erlang.

El criterio utilizado para expresar la calidad de servicio durante las horas pico se expresa como criterio de grado de servicio (GoS).

El período de mayor demanda se denomina, hora cargada y corresponde a la hora durante la cual el tráfico está en su nivel más alto.

Si el tráfico es el fenómeno físico originado al intentar ocupar unos medios para la utilización de un servicio, el tráfico telefónico se define como el conjunto de llamadas telefónicas realizadas sobre un enlace, considerando su duración y número.

El comportamiento general del tráfico telefónico desde cualquier fuente, puede ser definido mediante distribuciones de probabilidades, una describiendo el flujo de llegada de las llamadas y la otra, la duración de las llamadas.

Si A es el tráfico en [E], C es el promedio de llamadas por hora y H es la duración media, entonces

$$A = CH$$

$$C \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}}$$

$$H \frac{\text{horas}}{\text{llamada}}$$

El producto del número de llamadas durante un periodo concreto y su tiempo medio de ocupación se define como Volumen de tráfico (A).

La intensidad del tráfico se expresa así:

$$I = \text{Volumen tráfico} / \text{Duración total del volumen}$$

El tráfico instantáneo está dado por:

$$T_i = \text{Tiempo de ocupación} / \text{Hora de observación}$$

Cuando no existe acumulación, se puede asegurar lo siguiente:

$$T_e + T_o = T_s + T_t$$

Donde:

T_e = Tráfico entrante

T_o = Tráfico originado

T_s = Tráfico saliente

T_t = Tráfico terminado

2.3 Tipos de conmutación desde el punto de vista de tráfico

Existen 2 tipos básicos de sistemas de conmutación:

- | | |
|---|-------------------------|
| A. Sistema sin memoria o Sistema con pérdidas | LCC (Lost Call Cleared) |
| B. Sistema con memoria o retardo | LCD (Lost Call Delayed) |

A. Sistema sin memoria o con pérdidas

Son sistemas en que si la llamada no puede ser establecida se pierde y el abonado tiene que reintentarla. En estos sistemas es interesante conocer la probabilidad de que una llamada no encuentre una troncal libre o la probabilidad de que un número medio de llamadas esté en progreso.

La teoría de la congestión en sistemas con pérdidas fue desarrollada por Erlang (1909). Esta teoría está basada en las siguientes suposiciones:

Las llegadas de llamadas y las terminaciones de ellas son eventos aleatorios independientes.

Si una troncal está libre, ella siempre será usada para llevar cualquier llamada, esto es, existe disponibilidad completa.

Equilibrio estadístico, esto es, la probabilidad de llamadas que llegan o terminan, es independiente del tiempo.

Si el tráfico A es ofrecido a un grupo de n troncales de disponibilidad completa la probabilidad P de que todas las troncales estén ocupadas (esto es congestión en el tiempo) está dada por.

$$P = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{r=0}^n \frac{A^r}{r!}} \quad \text{Erlang B}$$

Esta ecuación conocida como Erlang B, también da la probabilidad que una llamada encuentre congestión y se pierda (congestión de llamadas o bloqueo).

P es el grado de servicio para un tráfico A y un número de troncales n . Si embargo, para propósitos de diseño normalmente desea calcularse el número de troncales requeridas para valores dados de A y P .

B. Sistema con memorias o retardo

Son aquellos en que las llamadas que no pueden ser establecidas inmediatamente, son incorporadas a una cola de alguna manera específica (orden de llegada, aleatoriamente, etc.) y son cursadas de esa manera cuando los circuitos están disponibles.

En estos sistemas será interesante conocer la probabilidad que una llamada sea retardada, el tiempo medio de retardo de todas las llamadas, etc.

Para estos sistemas se emplea el análisis de sistemas con colas (queuing systems).

El modelo del sistema se divide en tres partes:

El proceso de entrada, que describe la manera en que se hacen las demandas sobre el sistema.

El comportamiento de la cola, que describe la manera en que la llamada o mensaje llegan y abandona la cola.

El mecanismo de servicio del sistema, esto es cómo el servidor responde a las demandas.

Debido a la gran similitud del tráfico telefónico al tráfico vehicular, es que la teoría del tráfico telefónico será utilizada para prever el comportamiento del tráfico vehicular.

Al igual que el tráfico telefónico, el tráfico vehicular puede ser definido mediante distribuciones de probabilidades, lo que nos permite la utilización de las ecuaciones del tráfico telefónico al tráfico vehicular.

En el tráfico vehicular, no se puede perder ningún flujo debido a que las calles estén congestionadas, como en el caso del tráfico telefónico que existe la posibilidad de perder la llamada cuando el canal está ocupado, por lo que será utilizado el segundo método de conmutación de tráfico telefónico, el sistema con memorias, que

nos permite incorporar a una cola cada vehículo que llega a una determinada calle o avenida.

Siendo el proceso de entrada determinado por el comportamiento vehicular de cada calle en específico, el comportamiento de la cola está determinado por el orden de llegada y cada vehículo es evacuado por la técnica FIFO (First In First Out) y el mecanismo de servicio del sistema está dado por las maniobras permitidas en esa calle o tramo (Adelante, Derecha, Izquierda

CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACION

Este capítulo da a conocer las diferentes operaciones que implica la realización de una simulación, siendo estas las que llevan a la obtención de los resultados que servirán para el análisis y toma de decisiones, dichas operaciones son: registro de datos básicos, registro de datos de tráfico, creación de objetos, configuración de los objetos, resolución del modelo matemático y simulación.

3.1 Finalidad de la aplicación

El proyecto “Módulo de Simulación de Tráfico Vehicular para la Ciudad de Soyapango” tiene como finalidad desarrollar una herramienta que permita simular el tráfico de la ciudad y así contribuir a la planificación y ordenamiento de la misma.

3.2 Descripción de las Operaciones

En el sistema se definen 6 operaciones importantes, las cuales se describen continuación:

1. Registro de Datos Básicos

Aquí se introducen las ciudades, las vías de cada ciudad y los segmentos de vías con los cuales se va a realizar la simulación, almacenándose estos datos en sus respectivas tablas de la Base de Datos.

2. Registro de Datos de Tráficos

Cada vía, es dividida en un número de segmentos n , en los cuales se ha cuantificado el tráfico y estos valores de tráfico son introducidos y almacenados en la Base de Datos, con los cuales se utilizarán para la formulación del modelo matemático que se usará para la simulación.

3. Creación de los Objetos

Esta operación, se realiza en el área de trabajo, colocando los diferentes objetos que representan el ambiente a simular, tales como: segmentos de vía, semáforos, líneas alternativas, puntos iniciales, pudiendo guardar esta información en un archivo de extensión *.ini para su posterior recuperación.

4. Configuración de los Objetos

Cada objeto creado debe poseer datos para la simulación, como los segmentos de vías o configurados como en el caso de los semáforos, por lo que se vuelve necesario asociar los datos que se encuentran almacenados en la base de datos con los objetos creados.

5. Resolución del modelo matemático

Esta operación es generada por el sistema, en base a toda la información de datos de tráfico introducidos anteriormente, con el cual se podrá luego realizar la simulación propiamente dicha.

6. Simulación

En esta operación se puede visualizar gráficamente la forma en que todos los objetos del ambiente simulado interactúan, tomando en cuenta el modelo matemático y los demás datos almacenados en la base de datos.

CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA APLICACION

Este capítulo describe detalladamente la forma de plantear la solución del modelo que lleva a la generación de datos para la simulación, así como la también la descripción de todos los elementos que intervienen en la aplicación y los procesos que en cada uno de ellos se generan, y la forma en que se interrelacionan.

4.1 Análisis Matemático

4.1.1 Planteamiento Matemático

Teniendo en consideración los datos que se han obtenido mediante un estudio de medición del tráfico vehicular por parte de las autoridades del Ministerio de Transporte y la empresa BONAL, en donde se muestran las mediciones de tráfico en distintas intersecciones de la ciudad de las cuales cuentan con semáforos realizando operaciones básicas para la obtención del tráfico en otras calles en donde no se tienen intersecciones semaforizadas se ha podido llegar a una estimación de tráfico vehicular en la ciudad de Soyapango en distintas horas y calles de la misma.

El estudio realizado por las autoridades permite observar el tráfico circulante por las calles de Soyapango en una semana dividido por cuartos de hora. Dichos estudios permiten la realización de gráficos de Intensidad V_r Tiempo, los cuales ayudan para poder visualizar de una mejor manera la distribución del tráfico en un día y en una calle en específico.

Al observar los gráficos provenientes del estudio se podrá abordar el problema de la simulación del tráfico tomando en cuenta dichos datos encontrando un modelo matemático que represente el comportamiento de los mismos, y teniendo así un modelo que represente el comportamiento del tráfico vehicular por calles o tramos de los mismos con respecto al tiempo y al día.

Para el análisis de dichos gráficos y poder obtener el modelo matemático del cual se hará uso para la simulación, y teniendo en cuenta, que existe marcada diferencia en la intensidad de tráfico de un día a otro, se apoyará de las siguientes series las cuales tienen distintas formas de abordar el problema:

- Series de Taylor.
- Series de Laurent
- Series de Mc Laurin

La forma en que cada uno de los métodos aborda el problema se puede ver en los anexos, pero se puede decir, que se toma en cuenta la forma de los gráficos de estudio con las siguientes características:

- Función continua.
- Función no tiene valores que tiendan al infinito.

Debido a la facilidad con la que se pueden hacer los cálculos para la simulación, se hará uso de las series de Maclaurin para saber el volumen de tráfico vehicular con respecto al tiempo.

Dicha serie se plantea de la siguiente forma:

Siendo esta serie una que permite representar funciones por medio de polinomios alrededor de un punto en concreto, que en este caso se llamará "a".

Si $F(x)$ tiene una representación en serie en torno de a , así:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n (x-a)^n \quad |x-a| < R$$

Entonces, se puede decir que los coeficientes son:

$$c_n = \frac{f^{(n)}(a)}{n!}$$

Sustituyendo c_n en la serie para F , y haciendo $a=0$ se tiene la serie de Maclaurin de esta forma, la cual es llamada la forma general de la serie de Maclaurin.

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \frac{f'''(0)}{3!} x^3 + \dots$$

4.1.2 Formulación del modelo matemático

Para encontrar el modelo matemático a partir de este método, se plantea una ecuación de grado 12 como máximo, el cual representa a 12 mediciones dentro de 24 horas de un día, dichas mediciones deberán ser las más representativas de comportamiento, ya que con esto se conseguirá un menor margen de error de los datos con respecto a los presentados en el estudio.

No obstante, las mediciones que definirán el grado de la ecuación para generar el modelo matemático es variable y puede ser menor dependiendo de la calle y de la variación del tráfico que esta tenga en el tiempo, en nuestro caso con la ciudad de Soyapango, se tomarán 12 ya que al analizar el estudio de BONAL se llega a la conclusión que con 12 mediciones distribuidas en las 24 horas del día, se representaría el comportamiento del tráfico en cada calle en un día en específico.

La realización del modelo matemático se divide en dos partes en donde la realización de la primera es importante, ya que de ella depende la siguiente.

La primera será encontrar el comportamiento o intensidad del tráfico con respecto al tiempo en una calle y en un día en específico, esto quiere decir, que los datos que se necesitan para poder obtener resultados de intensidad serán:

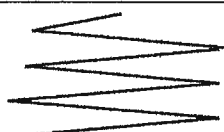
- Intensidad de tráfico en una hora en específico.
- Hora de la medición de la intensidad.

Como anteriormente se menciona, solamente se tomarán 12 mediciones repartidas dentro de las 24 horas por calle y por día.

Los datos que servirán para esta primera fase, son los que brinda el estudio de BONAL y lo único que se hará con ellos es tabularlos de tal forma que se faciliten las operaciones con ellos.

La forma de tabular los datos será la siguiente:

Calle	Hora	Intensidad
1	6.00	350
1	9.00	500
1	11.00	150
1	13.00	100
1	15.00	450
1	17.00	300



10	20	400
10	23	15

Tabla 1. Intensidad de Trafico por hora y calle

Como es de notar, las calles se nombraran por un numero y por cuestiones de ejemplo, se hace alusión a solamente 10 de ellas.

4.1.2.1 Fase 1: Coeficientes por Día

Al hacer una revisión de las graficas (ver anexos) que se pueden realizar por cada calle y por cada día de los datos anteriormente presentados, se plantea la siguiente ecuación haciendo uso de las series de Mc Laurin.

$$I(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots + a_{11} t^{11}$$

En donde: I(t): Representa la intensidad de trafico con respecto a la variable de tiempo.

a.....a: Coeficientes de la función.

0 11

t: tiempos en los cuales se tomaron las muestras

Observando lo anterior, es de mencionar, que dicha función se evaluará por cada día y para cada calle por consiguiente, si se tiene una calle la cual posee las mediciones de su tráfico en 7 días, se plantearía una ecuación por cada día de esa calle.

La tarea a partir de este momento se centraliza en encontrar los coeficientes que satisfagan la igualdad planteada, siendo un método muy conveniente el método de Gauss (Ver anexo I) para la solución de ecuaciones.

Al aplicar dicho método, se tendrán tabulados los datos en donde estarán los coeficientes de la ecuación, siendo estos desde a_0 ... a_{11} , en nuestro caso puesto que solamente tomamos 12 mediciones por día y por calle.

Habrán coeficientes desde a_0 hasta a_{11} para cada una de las calles y un día específico los cuales hacen cumplir la función anteriormente planteada.

Para el mejor manejo de los datos se tabulara de la siguiente manera:

Calle	día	Coefficiente	Valor
1	1	a_0	3.2154654654
1	1	a_1	65.233287987
.			
.			
10	5	a_9	125.231357687
10	6	a_{10}	155.233323
10	7	a_{11}	-15.3233232

Tabla 2. Valores de Coeficientes a por calle


El número de calles es variable, ya que depende de las calles que se tienen datos de la intensidad del tráfico con respecto al tiempo.

Al tabular los datos, se conocerán los coeficientes de la ecuación que anteriormente se planteó, por consiguiente, se puede saber por medio de la misma la cantidad de tráfico vehicular en una calle y en una hora en específico.

Ya que por el momento se tiene una función que representa el comportamiento del tráfico con respecto al tiempo y habiendo encontrado los coeficientes que satisfacen la igualdad de la ecuación planteada, se continúa con la segunda fase, la cual consiste, en que teniendo en cuenta dichos datos y en específico los coeficientes de la ecuación, se obtendrá una función que represente el comportamiento de cada una de las calles que anteriormente se ha encontrado en cada uno de los días y en cada calle en específico.

Resumiendo la segunda parte del proceso, la cual tiene como finalidad la de transformar en una función el comportamiento que cada uno de los coeficientes de cada calle y día. Es por ello que dichos coeficientes serán agrupados y tabulados así:

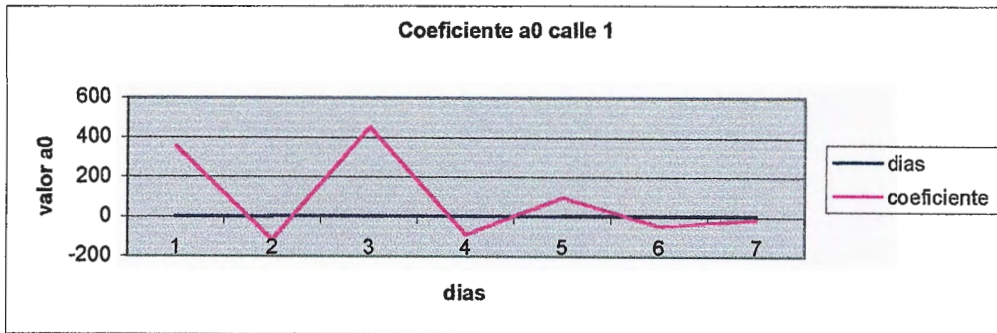
Calle	Día	coeficiente	Valor
1	1	a0	2.31313131
1	2	a0	23.26656
1	3	a0	2366555
1	4	a0	2.656565787
1	5	a0	3.12
1	6	a0	6.25
1	7	a0	9.25



10	5	a11	56.323232
10	6	a11	23.232
10	7	a11	10.233235

Tabla 3. Agrupación de coeficientes a por calle

Al graficar los datos por calle y por coeficiente como por ejemplo la grafica que muestra el comportamiento del coeficiente a_0 en los siete días de la semana para la calle 1 seria:



D
esa

Figura 2. Gráfica de los valores de coeficiente a (diarios)

De esa forma se grafican los coeficientes para cada una de las calles por separado con el objeto de obtener una idea de la forma de la función que podría representar su comportamiento.

4.1.2.2 Fase 2: Coeficientes por Hora

Al obtener la mayoría de gráficos como muestra, se pudo llegar a la conclusión que los coeficientes varían de una forma no muy regular, por lo que se hace necesario el uso de las series de Mc Laurin y plantear una ecuación polinómica de grado siete ya que son mediciones de 7 días.

Los datos que esta ecuación necesitara, serán:

- Coeficiente a0.....a11 que se encontraron en la resolución de la ecuación anterior por calle.
- Día al que pertenece el coeficiente.

La ecuación que se plantea será de la siguiente forma:

$$a(0....11)=b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^3 + b_3 d^4 + b_4 d^5 + b_5 d^6 + b_6 d^7 + b_7 d^7$$

en donde:

a(0....11): Valor de los coeficientes dados por la resolución de la ecuación anterior.

b0.....b6: Coeficientes de la ecuación


d1.....d7: día al que pertenece la medición (Numérico 1-7)

La resolución de la ecuación implica aplicar el método de Gauss que anteriormente se había aplicado.

Al resolver la ecuación, y encontrar los coeficientes que satisfacen la igualdad planteada, se puede tabular los datos de la siguiente manera:

Calle	Coeficiente b	Valor b	Coeficiente a
1	b0	3.2332	a0
1	b1	2.666565	a0
1	b2	32.56565	a0
1	b3	-56.2323232	a0
1	b4	-0.23232	a0
1	b5	56.2323	a0

1	b6	8.2323	a0
---	----	--------	----



10	B5	33.232323232324	a11
10	B6	8.121212321	a11

Tabla 4. Valores de los coeficientes b por coeficiente a

La obtención de cada uno de los coeficientes permitirá la formulación de un modelo matemático que podrá representar la intensidad de tráfico vehicular para un calle o tramo con respecto a dos variables las cuales serán el tiempo y el día siendo de la siguiente manera:

$$I(t,d) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6 + a_7 t^7 + a_8 t^8 + a_9 t^9 + a_{10} t^{10} + a_{11} t^{11}$$

En donde:

$$a_0 = b_{0,0} + b_{1,0} d + b_{2,0} d^2 + b_{3,0} d^3 + b_{4,0} d^4 + b_{5,0} d^5 + b_{6,0} d^6$$

$$a_1 = b_{0,1} + b_{1,1} d + b_{2,1} d^2 + b_{3,1} d^3 + b_{4,1} d^4 + b_{5,1} d^5 + b_{6,1} d^6$$

$$a_2 = b_{0,2} + b_{1,2} d + b_{2,2} d^2 + b_{3,2} d^3 + b_{4,2} d^4 + b_{5,2} d^5 + b_{6,2} d^6$$

$$a_3 = b_{0,3} + b_{1,3} d + b_{2,3} d^2 + b_{3,3} d^3 + b_{4,3} d^4 + b_{5,3} d^5 + b_{6,3} d^6$$

$$a_4 = b_{0,4} + b_{1,4} d + b_{2,4} d^2 + b_{3,4} d^3 + b_{4,4} d^4 + b_{5,4} d^5 + b_{6,4} d^6$$

$$a_6 = b_{0,6} + b_{1,6} d + b_{2,6} d^2 + b_{3,6} d^3 + b_{4,6} d^4 + b_{5,6} d^5 + b_{6,6} d^6$$

$$2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6$$

$$a_7 = b_{0,7} + b_{1,7} d + b_{2,7} d^2 + b_{3,7} d^3 + b_{4,7} d^4 + b_{5,7} d^5 + b_{6,7} d^6$$

$$a_8 = b_{0,8} + b_{1,8} d + b_{2,8} d^2 + b_{3,8} d^3 + b_{4,8} d^4 + b_{5,8} d^5 + b_{6,8} d^6$$

$$a_9 = b_{0,9} + b_{1,9} d + b_{2,9} d^2 + b_{3,9} d^3 + b_{4,9} d^4 + b_{5,9} d^5 + b_{6,9} d^6$$

$$a_{10} = b_{0,10} + b_{1,10} d + b_{2,10} d^2 + b_{3,10} d^3 + b_{4,10} d^4 + b_{5,10} d^5 + b_{6,10} d^6$$

$$a_{11} = b_{0,11} + b_{1,11} d + b_{2,11} d^2 + b_{3,11} d^3 + b_{4,11} d^4 + b_{5,11} d^5 + b_{6,11} d^6$$

En donde la forma de leerse por ejemplo para a_0 :

El coeficiente a_0 es igual a la suma del coeficiente b_0 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_1 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_2 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_3 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_4 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_5 encontrado del coeficiente a_0 + el coeficiente b_6 encontrado del coeficiente a_0 .

Es por eso la utilidad de la tabulación y almacenamiento de los distintos coeficientes que a lo largo del proceso se han encontrado, para obtener un modelo matemático.

4.1.3 Resolución del modelo matemático

Mediante el método de Mc Laurin mencionado se obtiene un modelo matemático que se apegue a los datos reales obtenidos de la información recolectada. Así se procede a establecer la mecánica para la solución de estas. Para ello se utiliza la eliminación del método de Gauss (Ver Anexo II).

Como se menciona con anterioridad la realización del modelo matemático se divide en dos partes, la primera es la de encontrar el comportamiento o intensidad

del tráfico con respecto al tiempo en una calle en un día en específico, por lo tanto el primer sistema de ecuaciones lineales es de la siguiente forma:

$$\begin{cases} I_1 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots + a_{11} t^{11} \\ I_2 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots + a_{11} t^{11} \\ I_3 = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots + a_{11} t^{11} \\ \vdots \\ I_{12} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \dots + a_{11} t^{11} \end{cases}$$

Figura 3. Sistema de ecuaciones lineales

Considerando que el uso de las matrices es una ayuda insustituible para resolver sistemas algebraicos de n ecuaciones lineales con n incógnitas, el sistema de ecuaciones anterior se puede describir, empleando una útil representación matricial, como:

$$\begin{pmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 & t_1^3 & t_1^4 & + \dots & + t_1^{11} \\ 1 & t_2 & t_2^2 & t_2^3 & t_2^4 & + \dots & + t_2^{11} \\ 1 & t_3 & t_3^2 & t_3^3 & t_3^4 & + \dots & + t_3^{11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & t_{12} & t_{12}^2 & t_{12}^3 & t_{12}^4 & + \dots & + t_{12}^{11} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_{12} \end{pmatrix}$$

Figura 4. Representación matricial del sistema de ecuaciones lineales

Entonces se puede notar que resultan las matrices de "t", "a" y "I" de forma que la ecuación se reduce simplemente a:

$$ta=I$$

Si "t" representa la matriz de los coeficientes en figura 5, se sabe que se puede usar la regla de Cramer para resolver el sistema, siempre que la determinante de t ≠ 0. Sin embargo, para seguir esta regla se necesita realizar un arduo trabajo si t es mayor de 3x3, como sería en este caso. Por ello el procedimiento que se utiliza tiene la ventaja de no solo ser un método eficiente para manejar sistemas grandes sino también un método para resolver sistemas consistentes y para resolver n ecuaciones lineales con n incógnitas.

Es por ello que este método no solo ayuda a resolver un modelo matemático simple sino uno amplio ya que se encuentran una familia de coeficientes de los cuales definen el comportamiento de una calle en un día y en una hora específica. En el programa en sí, se hace uso del método de Gauss en las dos partes del modelo matemático, una cuando se buscan los coeficientes de a₀ a₁ a₁₁ que satisfagan la igualdad planteada de los cuales se podrá saber por medio de la misma, la cantidad de tráfico vehicular en una calle y en una hora en específico. Parte de que estos aportan una de las validaciones a la hora de comparar los datos obtenidos y los datos reales. Ya que se grafican dos tendencias; una que se obtiene directamente de los datos tabulados los cuales son los datos obtenidos por BONA y los otros datos son de la tendencia que se genera cuando se ha desarrollado el método de Gauss. Después de obtener dichos coeficientes los cuales son almacenados para así poder ser recuperados y producir una segunda función de esta manera:

$$I(t,d) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6 + a_7 t^7 + a_8 t^8 + a_9 t^9 + a_{10} t^{10} + a_{11} t^{11}$$

Figura 5. Modelo matemático en función del día y hora

Esta función representa el comportamiento de cada una de los coeficientes que anteriormente se han encontrado en cada uno de los días y en cada calle específica, por lo tanto el segundo sistema de ecuaciones lineales es de la siguiente forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 = b_{0,0} + b_{1,0} d + b_{2,0} d^2 + b_{3,0} d^3 + b_{4,0} d^4 + b_{5,0} d^5 + b_{6,0} d^6 \\ a_1 = b_{0,1} + b_{1,1} d + b_{2,1} d^2 + b_{3,1} d^3 + b_{4,1} d^4 + b_{5,1} d^5 + b_{6,1} d^6 \\ a_2 = b_{0,2} + b_{1,2} d + b_{2,2} d^2 + b_{3,2} d^3 + b_{4,2} d^4 + b_{5,2} d^5 + b_{6,2} d^6 \\ \vdots \\ a_{11} = b_{0,11} + b_{1,11} d + b_{2,11} d^2 + b_{3,11} d^3 + b_{4,11} d^4 + b_{5,11} d^5 + b_{6,11} d^6 \end{array} \right.$$

Figura 6. Segundo sistema de ecuaciones lineales

A partir de las ecuaciones en figura 6 se hace necesario la utilización de Gauss para la búsqueda de los nuevos coeficientes $b_0, b_1, b_2, \dots, b_6$ los cuales son importantes a la hora de resolver la segunda ecuación del modelo matemático.

Es por ello que la utilización del método de Gauss se hace muy eficiente al momento de trabajar con la resolución de ecuaciones lineales ya que resuelve sistemas consistentes y de m ecuaciones lineales con n incógnitas como lo han sido ambas partes del modelo matemático.

4.2 Diseño de la aplicación

4.2.1 Tecnología usada

En el desarrollo del proyecto en sus diferentes partes, se usa tecnología de información de punta, que permite desarrollar una aplicación amigable al usuario fácil de usar.

➤ Almacén de Datos

Para el almacenamiento de los datos se usa el servidor de datos de Microsoft SQL Server 2000, por su facilidad de uso, robustez y confiabilidad para el manejo de datos.

➤ Lenguaje de Programación

La aplicación está desarrollada en un lenguaje de Cuarta generación (4 GL), Microsoft Visual Basic 6.0 ya que proporciona flexibilidad, facilidad de uso y rapidez de desarrollo.

➤ Servidor Web

Se utiliza el Internet Information Server (IIS) de Microsoft, para poder realizar las consultas de los datos del simulador desde la Web.

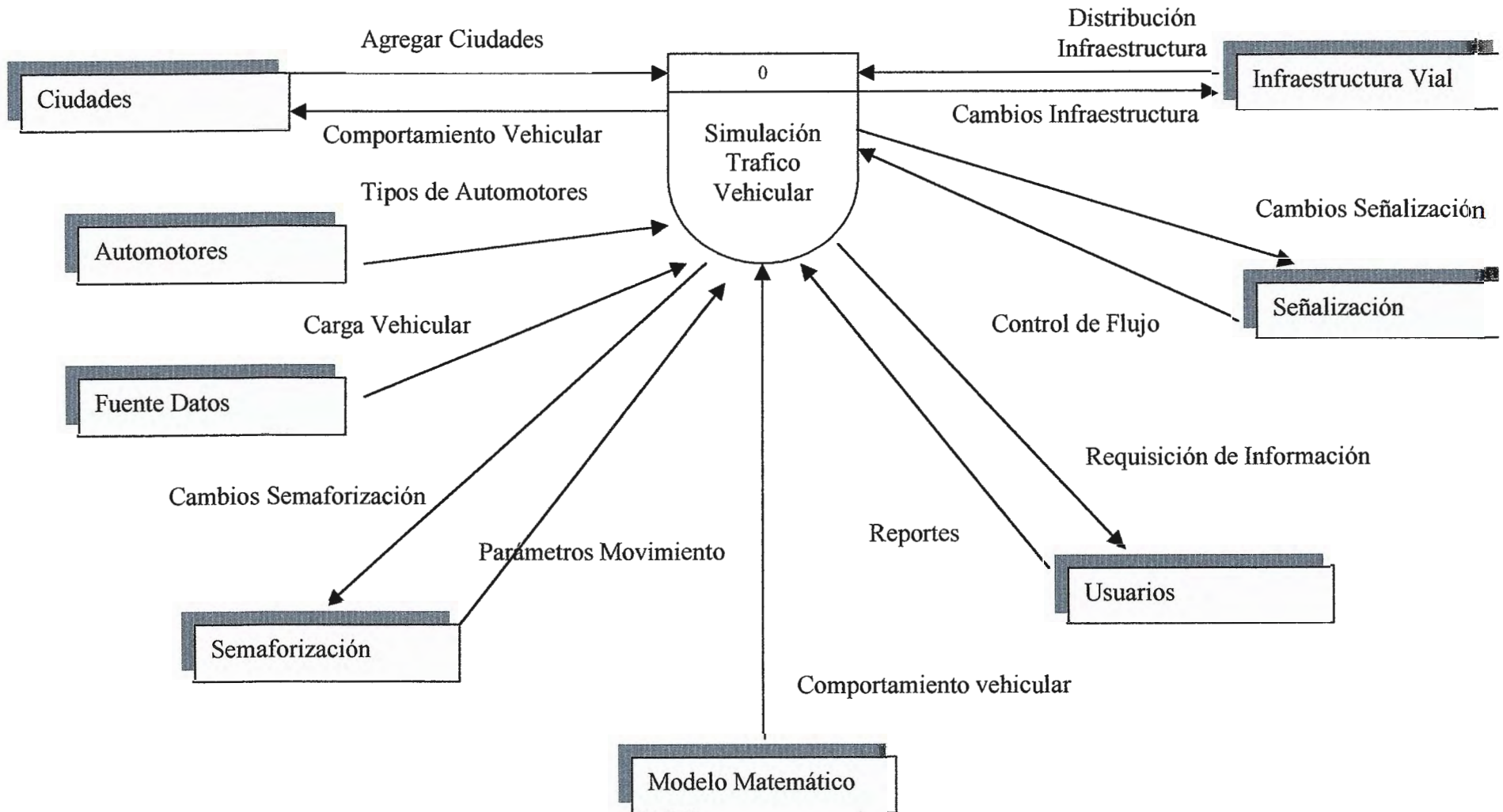
➤ Consultas de Internet

Con el afán de que los datos que el sistema genere puedan ser consultados por los usuarios desde cualquier lugar donde se encuentren, se desarrolla un módulo de consulta a través de Internet construido a partir de tecnologías para Internet como JavaScript y Active Server Pages (ASP).

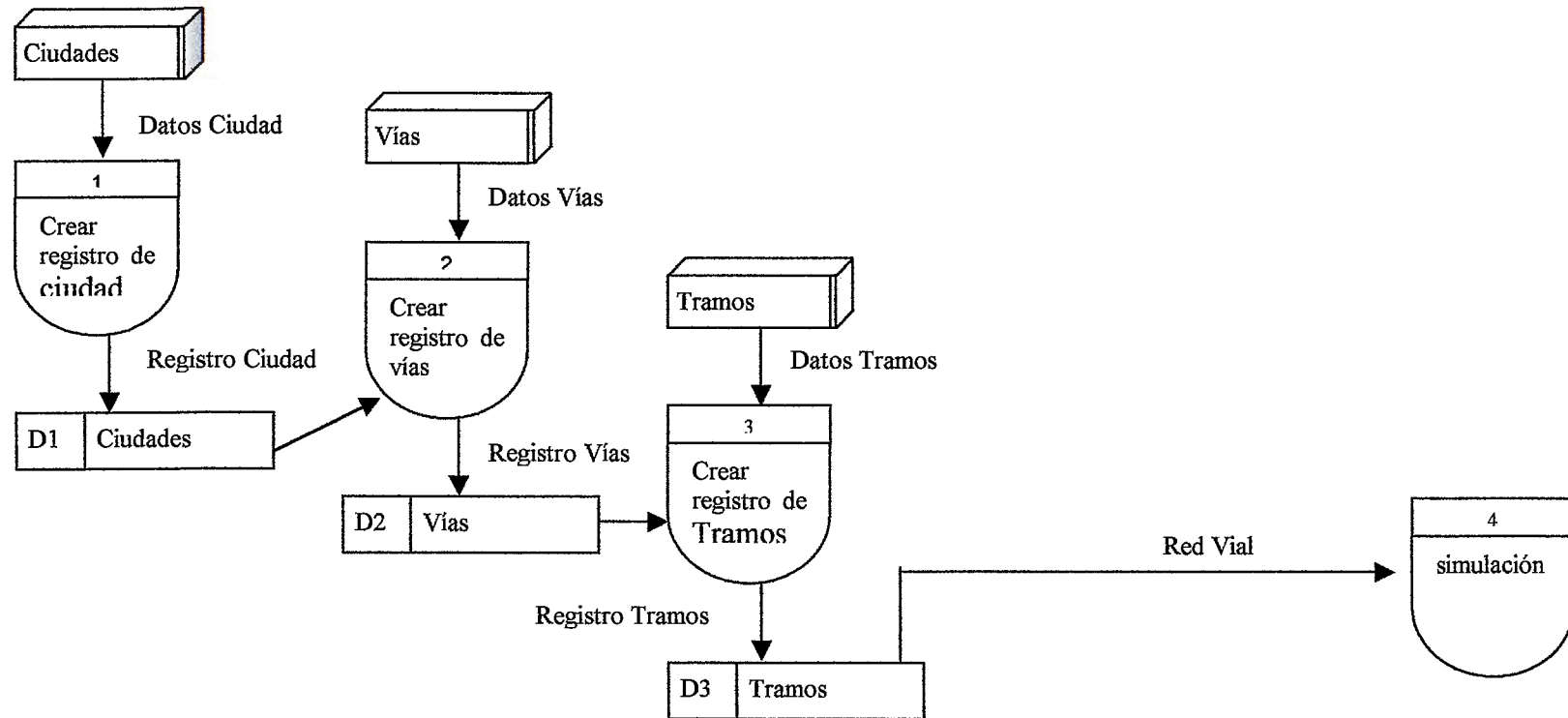
4.2.2 Diseño de la Base de Datos

4.2.2.1 Diagramas de Flujo de Datos

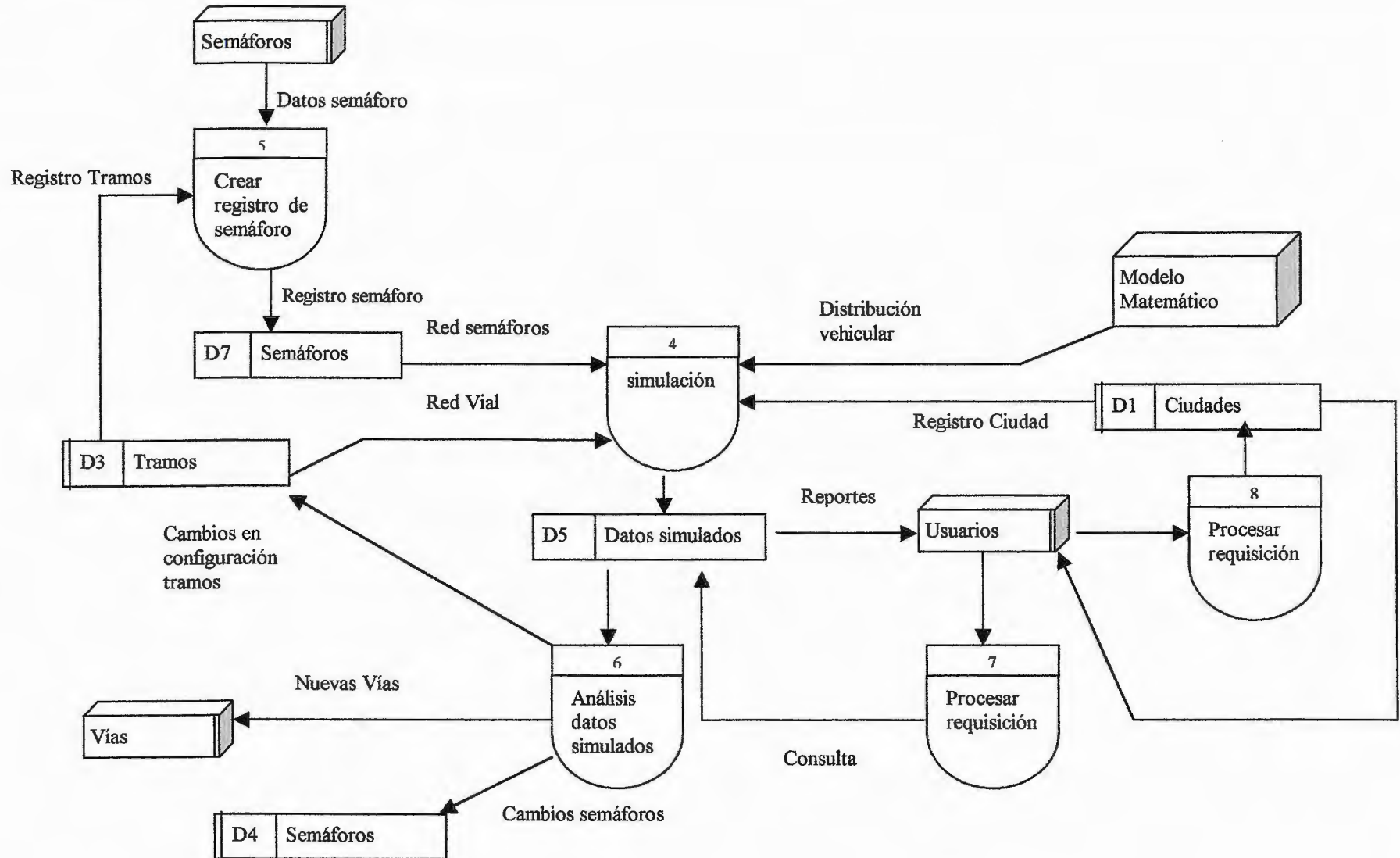
4.2.2.1.1 DFD Nivel 0 (Contexto)



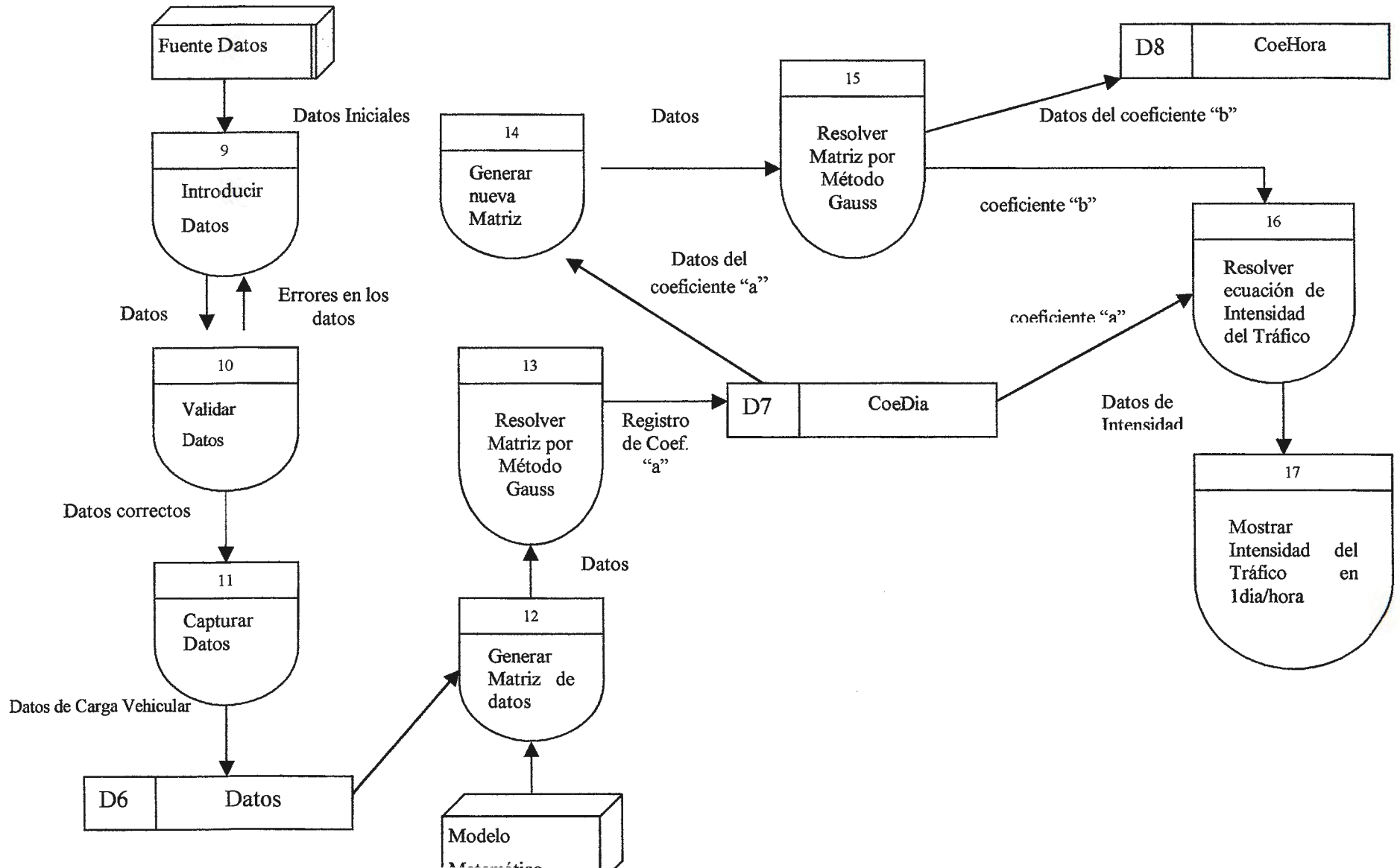
4.2.2.1.2 DFD Nivel 1. Ciudades, Infraestructura Vial

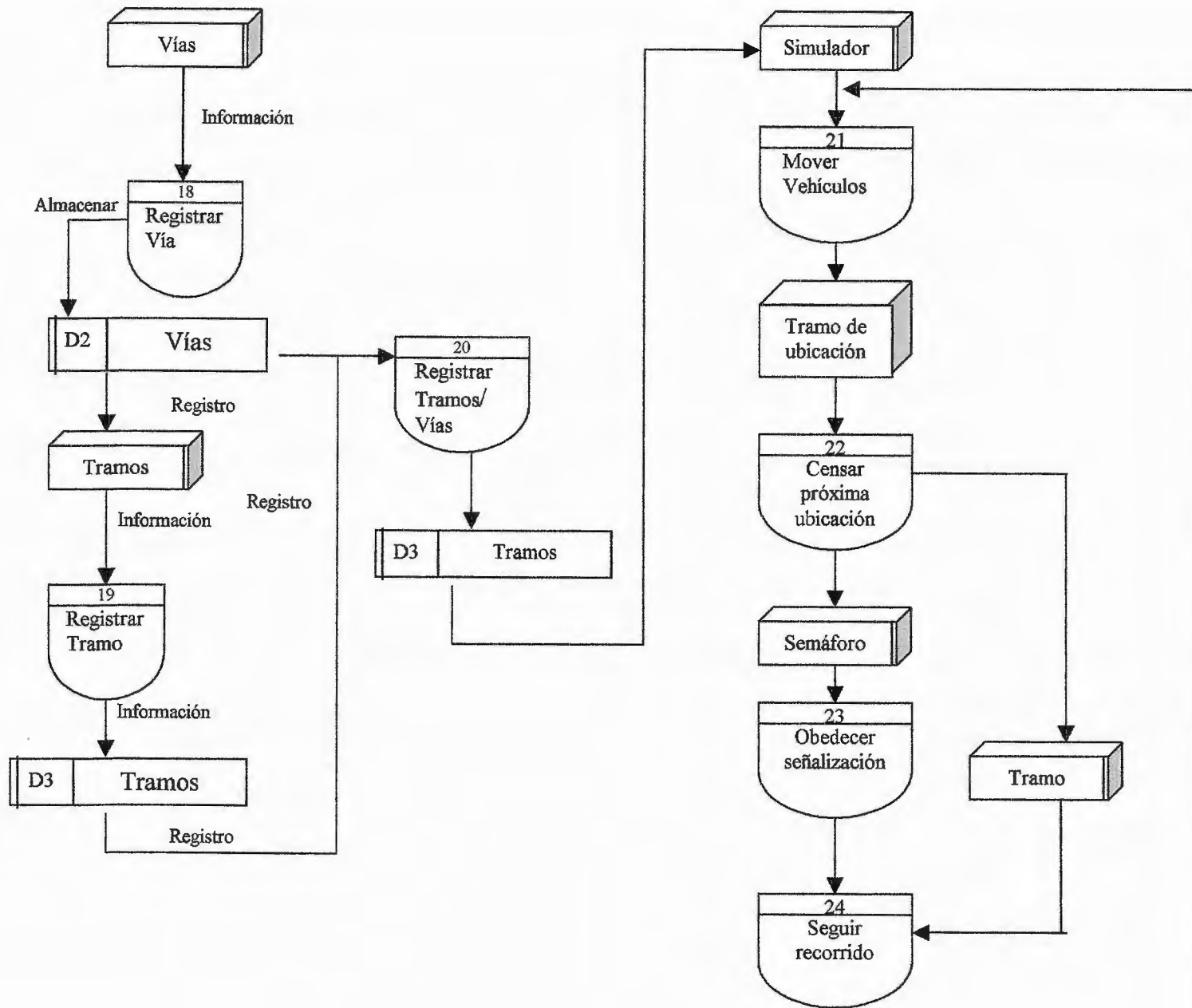


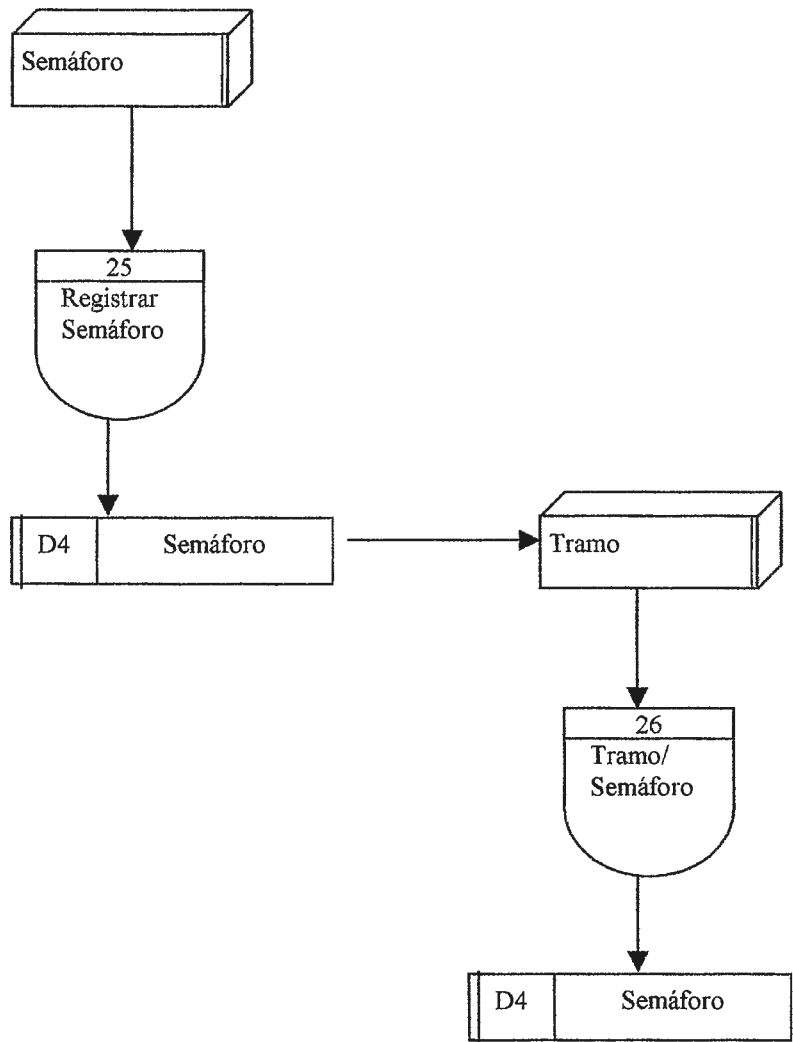
4.2.2.1.3 DFD Nivel 1. Semaforzación, Simulación, Consultas



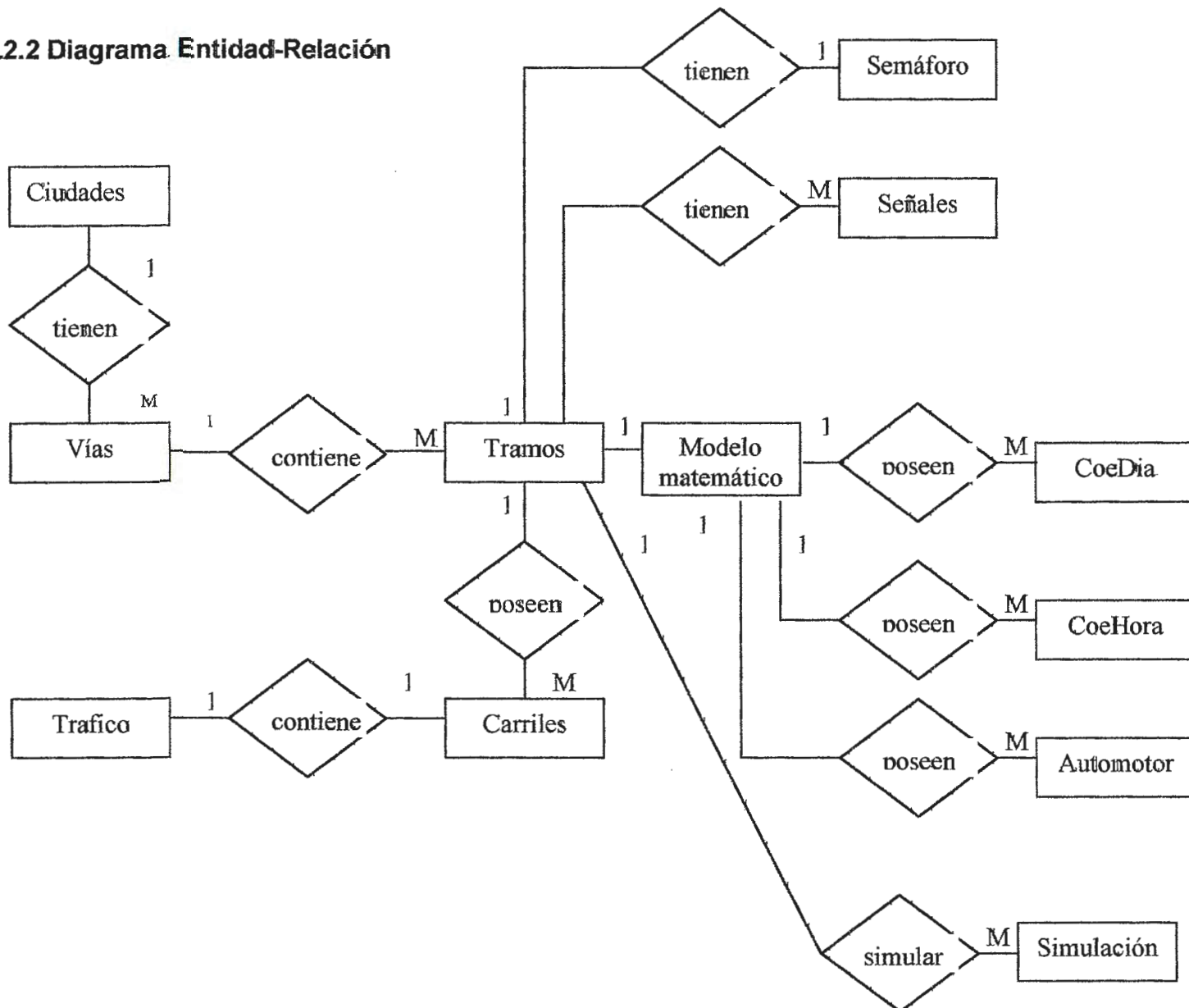
4.2.2.1.4 DFD Nivel 1. Datos Iniciales y resolución del modelo matemático







4.2.2.2 Diagrama Entidad-Relación



4.2.2.3 Base de Datos

La elaboración de la base de datos ha sido creada utilizando la herramienta de Microsoft SQL Server 2000. Se implementa esta porque provee un conjunto de componentes tales como seguridad, robustez para el almacenamiento y mantenimiento de los datos. Al combinar todos estos factores se obtiene una calidad al momento del procesamiento de los datos en el sistema.

Al definir el uso de esta herramienta la creación de la base de datos se hace más fácil de manejar y relacionarla con el sistema en sí. La información que será almacenada por el simulador se puede dividir en dos partes:

- Las condiciones iniciales del sistema y
- Los resultados de la simulación

➤ Condiciones Iniciales del Sistema

Entre los datos que serán almacenados como condiciones iniciales, se tienen Carga vehicular, semáforos, tiempos de semáforos.

➤ Resultados de la Simulación

Entre los datos resultantes de la simulación, tenemos: Volumen de tráfico por calle y hora.

Considerando dicha información a la hora del almacenamiento y mantenimiento de los datos se planteo la siguiente estructura de la base de datos, tal como se observa en la siguiente figura.

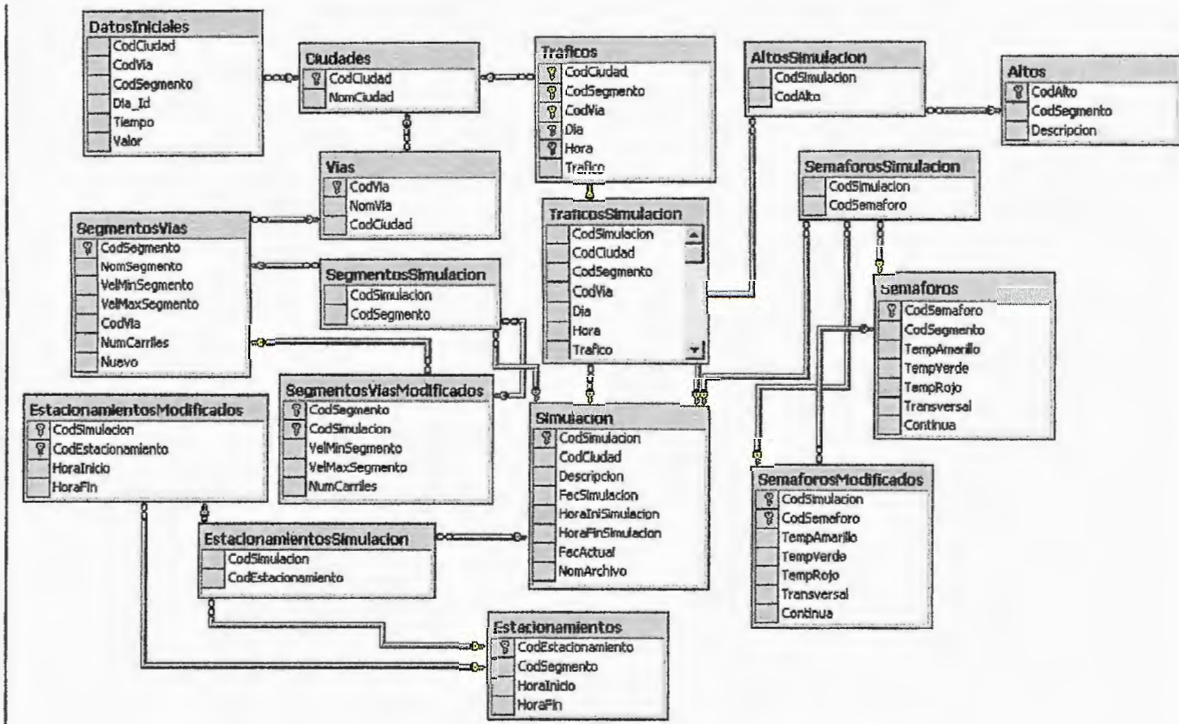


Figura 7. Estructura de la Base de Datos

Tomando como base el diagrama mostrado se puede observar que la tabla simulación. Tiene como objetivo ser la tabla central de toda una simulación, ya que por medio de ella se puede integrar todos los factores que intervienen. Como lo son la ciudad en que se genera el escenario a simular, los datos iniciales necesarios de trafico vehicular, los objetivos y sus configuraciones, y por ultimo todo los datos almacenados del trafico generado en una simulación. Siendo estos semáforos segmentos, segmentos alternativos, altos y estacionamientos.

Descripción de tablas:

dbo.Simulacion

Almacena información de una simulación, considerando los siguientes campos código de simulación [CodSimulacion], código ciudad [CodCiudad], descripción [Descripción], fecha de la simulación [FecSimulacion], la hora inicial de una simulación [HoraIniSimulacion], la hora final de una simulación [HoraFinSimulacion].

la fecha actual es decir del sistema [FecActual] y por ultimo el nombre del archivo asociado a esta simulación [NomArchivo].

dbo.DatosIniciales:

Almacena los datos iniciales tales como: código ciudad [CodCiudad], código de vía [CodVia], código de segmento [CodSegmento], código día de id [Dia_Id], tiempo [Tiempo] y el valor [Valor].

dbo.Ciudad:

Contiene los campos del nombre de la ciudad [NomCiudad] y código de ciudad [CodCiudad]

dbo.Vias:

Lleva el control de todas las vías que pertenecen a la ciudad. Con campo como: el código de vía [CodVia], nombre de la vía [NomVia] y el código de ciudad [CodCiudad].

dbo.SegmentosVias:

Esta tabla permite asociarse a las tablas vías para conocer todos los segmentos que este tiene por medio de los campos: código de segmento [CodSegmento], nombre de los segmentos [NomSegmento], velocidad mínima permitida en el segmento [VelMaxSegmento], velocidad máxima permitida en el segmento [VelMinSegmento], el código de vía [CodVia], el número de carriles de segmento [NumCarriles], y por ultimo el campo nuevo en el que permite reconocer si es segmento nuevo con los valores (0=Falso y 1=Verdadero) [Nuevo].

Dbo.SegmentosViasModificados:

Permite reconocer que segmento vía ha sido alterado en una simulación. Considerando los campos tales como: código del segmento [CodSegmento], código de la simulación [CodSimulacion], velocidad mínima permitida en el segmento

[VelMinSegmento], velocidad máxima permitida en el segmento [VelMaxSegmento], y el número de carriles [NumCarriles].

dbo.SegmentosSimulacion:

Permite conocer todos los segmentos que pertenecen a una simulación ya sean estos modificados o no. Esto por medio de los campos: código de simulación [CodSimulacion] y código del segmento [CodSegmento].

dbo.Traficos:

Esta tabla contiene la información generada de una simulación, relacionada con la ciudad, segmento y vía a la que pertenecen los datos. Con campos tales como código de ciudad [CodCiudad], código del segmento [CodSegmento], código de la vía [CodVia], el día [Dia], la hora [Hora] y la cantidad de tráfico generado [Tráfico].

dbo.TraficosSimulacion:

Permite conocer los tráfico generados por simulación basándose en la ciudad a la que pertenecen. Los campos son código de simulación [CodSimulacion] y código de ciudad [CodCiudad].

dbo.Altos:

Contiene la relación de que altos pertenecen a un segmento en específico. Esto mediante los campos: código de alto [Cobalto], código del segmento [CodSegmento] y descripción [Descripción].

dbo.AltosSimulacion:

Presenta la información de los altos que intervienen en una simulación en específico. Por medio de los campos: código de simulación [CodSimulacion] y código del alto [Cobalto].

dbo.Semaforos:

Tiene información de los segmentos que tienen semáforos y los tiempos de programación de estos; por medio de los campos código de semáforo [CodSemaforo], código de segmento [CodSegmento], el tiempo de luz amarilla [TempAmarilla], el tiempo de luz verde [TempVerde], y el tiempo de luz roja [TempRoja].

dbo.SemaforosModificados:

Básicamente contiene todos los semáforos que han sufrido alteración en sus configuraciones en una simulación en específico. Con los campos: código de simulación [CodSimulacion], código del semáforo [CodSemaforo], el tiempo de luz amarilla [TempAmarilla], el tiempo de luz verde [TempVerde], y el tiempo de luz roja [TempRoja].

dbo.SemaforosSimulacion:

Presenta la información de los semáforos que intervienen en una simulación ya sean estos modificados o no. Considerando los campos de código de semáforo [CodSemaforo] y código de simulación [CodSimulacion].

dbo.Estacionamientos:

Contiene la información de los objetos estacionamiento el cual lleva campos tales como: código de estacionamiento [CodEstacionamiento], código de segmento [CodSegmento], hora de inicio permitida para estacionamiento [Horalnicio], hora final permitida para estacionarse [HoraFin].

dbo.EstacionamientosModificados:

Contiene todos los estacionamientos que han sufrido alteración en sus configuraciones. Con campos tales como: código de simulación [CodSimulacion] código de estacionamiento [CodEstacionamiento] hora de inicio permitida para estacionarse [Horalnicio], hora final permitida para estacionarse [HoraFin].

dbo.EstacionamientosSimulacion:

Presenta la información de los estacionamientos que pertenecen a una simulación, ya sean estos modificados o no. Considerando campos como: código de simulación [CodSimulacion] y código de estacionamiento [CodEstacionamiento].

dbo.CoeDia

Los coeficientes almacenados en esta tabla son los datos procesados de la tabla "datos" resolviendo así la primera incógnita del modelo matemático. Se usan los campos: campo del coeficiente día (CamCoeDia), fecha del coeficiente día (FecCoeDia), el id del día (el valor está entre el 1 al 7 considerando que el 1 es domingo y así sucesivamente) (dia_id), código del segmento (CodSegmento) y el valor del coeficiente día (ValCoeDia).

dbo.CoeHora

Los coeficientes por hora sirven para encontrar el comportamiento o intensidad del tráfico con respecto al tiempo en una calle y en un día en específico, todo esto basándose en los datos arrojados mediante los coeficientes días de la tabla "CoeDia". Para esto se encuentra la intensidad del tráfico almacenando datos en los campos: campo del coeficiente hora (CamCoeHora), fecha del coeficiente hora (FecCoeHora), el id del día (el valor está entre el 1 al 7 considerando que el 1 es domingo y así sucesivamente) (dia_id), código del segmento (CodSegmento) y el valor del coeficiente hora (ValCoeHora).

4.2.3 Diseño de la Interfaz

La interfaz del sistema tiene como objetivo crear una aplicación la cual sea agradable y fácil de usar para el usuario, es decir una interfaz "user-friendly". Para ello se consideran dos interfaces una estrictamente para la ejecución del simulador y la otra la cual provee al usuario con información mediante consulta Web.

4.2.3.1 Interfaz Local

La interfaz principal del sistema es aquella que brindara la factibilidad al usuario de poder crear sus propios escenarios para ser simulados considerando parámetros de entrada, que al mismo tiempo arrojaran datos finales de la simulación. Para ello es necesario considerar las áreas de la interfaz para familiarizarse con el entorno, la cual se muestran en la siguiente figura.

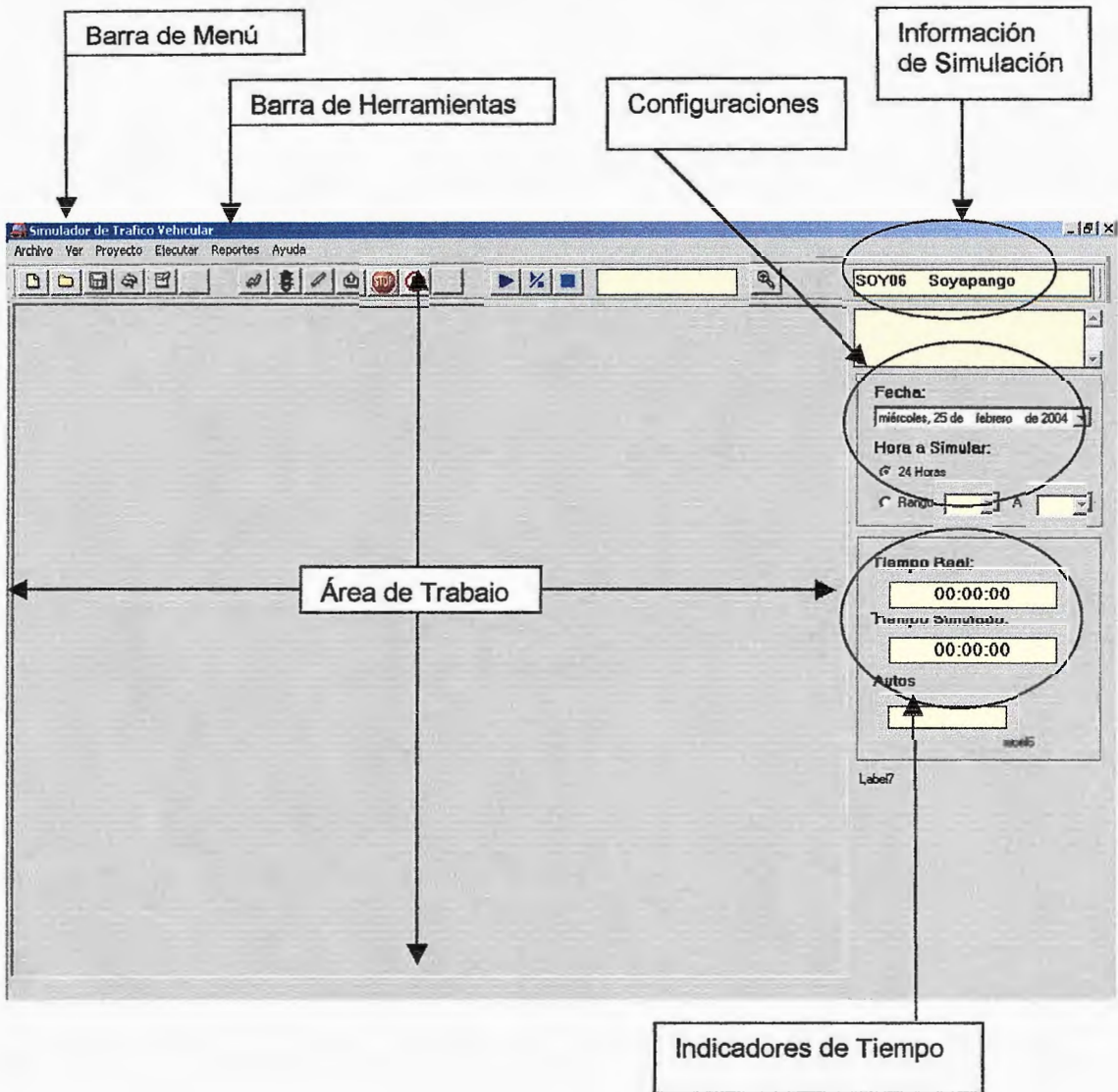


Figura 8. Pantalla Principal del Simulador

➤ Barra de Menú

En esta barra se encuentran todas las operaciones que se pueden realizar en la aplicación.

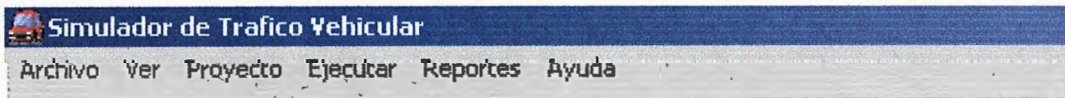


Figura 9. Barra de Menú del simulador

Menú Archivo



Figura 10. Menú Archivo

Este menú contiene opciones tales como abrir proyecto, guardar como, guarda proyecto, nuevo, abrir y cerrar. Básicamente el funcionamiento de estas es como las que por defecto contienen otros programas.

Cargar Mapa...: permite colocar cualquier mapa en el área de trabajo con extensiones .bmp, .jpg, .jpeg, .gif, que servirá de plantilla para colocar los objetos sobre el.

Guardar proyecto como.... es necesario mencionar que al momento de guarda se debe escribir el nombre del archivo mas la extensión, que en este caso es específico es .ini, tal y como se muestra a continuación:

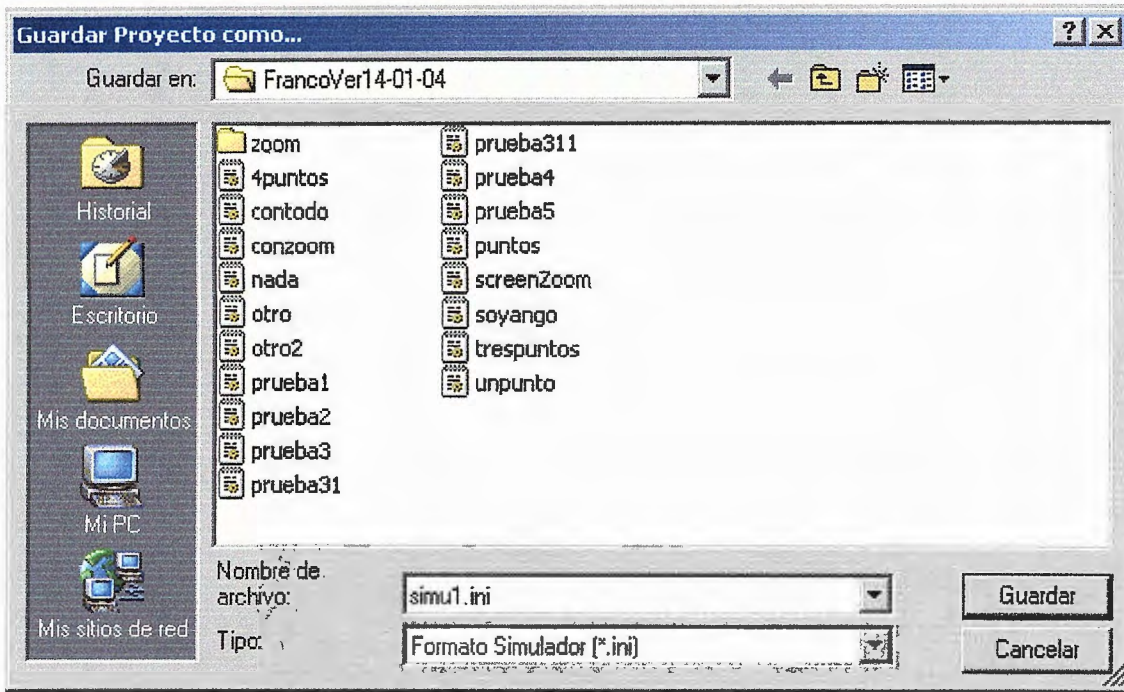


Figura 11. Ventana para guardar proyecto

De tal manera que se almacena la información en meta archivos para así poder ser recuperados a la hora de requerir otros cambios en él. Los meta archivos son de fácil uso ya que estos en vez de salvar una descripción punto por punto de una imagen grafica solo almacenan los posiciones de cómo y donde se coloco o dibujo e objeto en sí. Puesto que describen el dibujo en términos de círculos, líneas y similares, es decir como un Script de sentencias simples. Generando así que sea más fácil de manipular estos archivos a la hora de abrirlos nuevamente ya que son más rápidos de rescatar.

Menú Ver



Figura 12. Menú Ver

Dicho menú contiene dos opciones estándares como lo son “zoom” y “ocultar/mostrar barra de herramientas”.

Zoom tiene la factibilidad de permitir tres posibles acercamientos de un área específica esto se logra dando clic derecho dentro de la pantalla zoom y seleccionando la magnificación deseada.

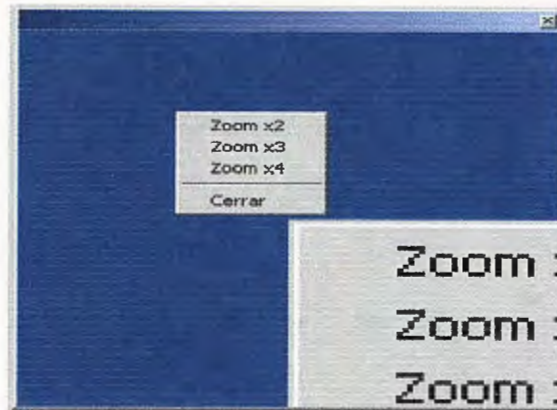


Figura 13. Ventana de Zoom

Menú Proyecto

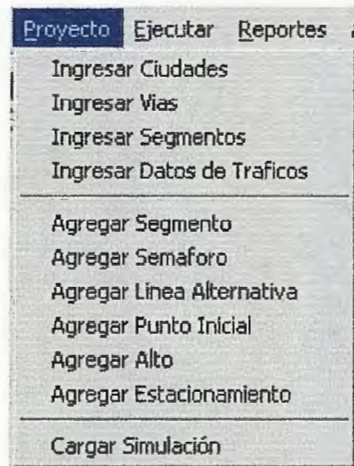


Figura 14. Menú Proyecto

Este menú se divide en tres secciones una en la cual el usuario tiene la oportunidad de dar mantenimiento a las tablas del simulador, en la otra sección permite al usuario colocar o agregar objetos en el área de trabajo, por último la opción de cargar una simulación ya previamente creada.

Sección de mantenimientos

Entre los mantenimientos se encuentran las tablas de “Ciudades”, “Vías”, “SegmentosVías”, y “DatosIniciales”. Por lo tanto se permite ingresar nueva información al sistema o hacer búsquedas, eliminar y modificar datos previamente ingresados.



Figura 15. Formulario de Mantenimiento de Ciudades

Como se observa en la pantalla este mantenimiento permite agregar y busca ciudades en el sistema. Cabe mencionar que el código de ciudad es generado mediante un trigger de inserción el cual combina las tres primeras letras del nombre y dos combinaciones de números aleatorios.

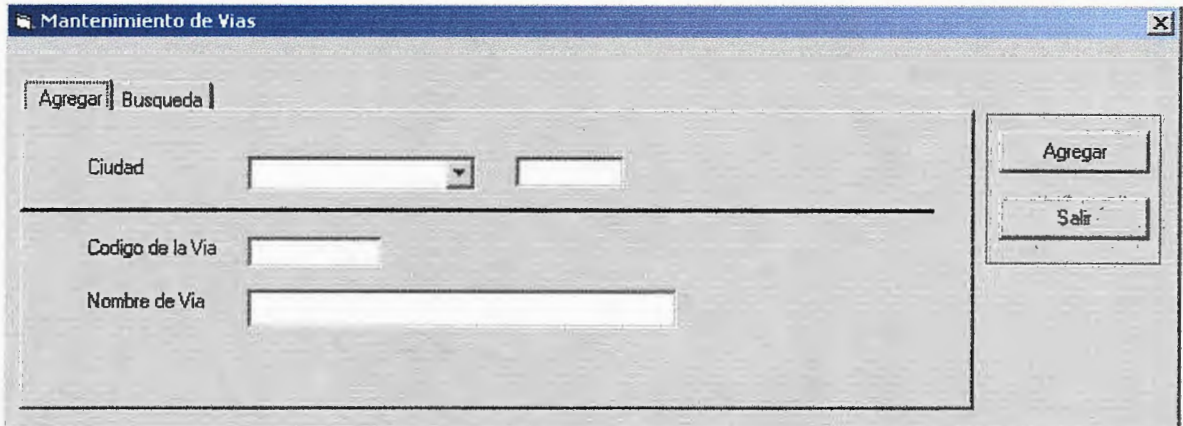


Figura 16. Formulario de Mantenimiento de Vías

Permite al usuario tener la facilidad de búsqueda y adición de vías en la base de datos del sistema. Por la relación que existe con la tabla ciudades se hace de mayor utilidad agregar n-vías en una ciudad en específico. De la misma manera que el código ciudad el código vía se genera automáticamente mediante un trigger de inserción. Por otro lado la búsqueda se hace basándose en la cantidad existente de vías en una ciudad dada.

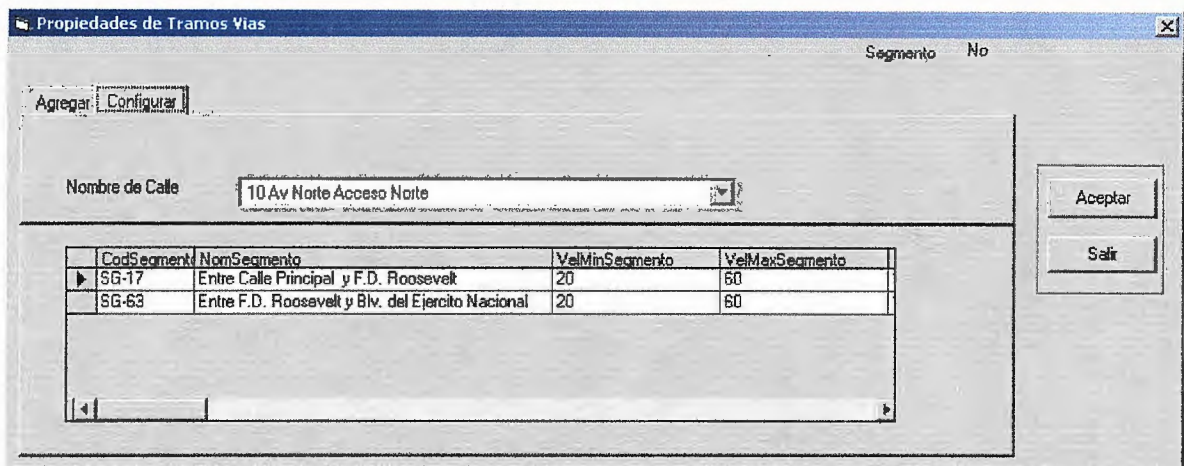


Figura 17. Formulario de Mantenimiento de Segmentos de Vía

Esta ventana permite agregar segmentos por vías, por lo tanto existe un objeto combo para poder escoger de lista la calle a la que dicho segmento pertenece y a la vez agregar sus propiedades. La viñeta configurar permite hacer búsqueda de las vías y sus segmentos previamente enlazados.

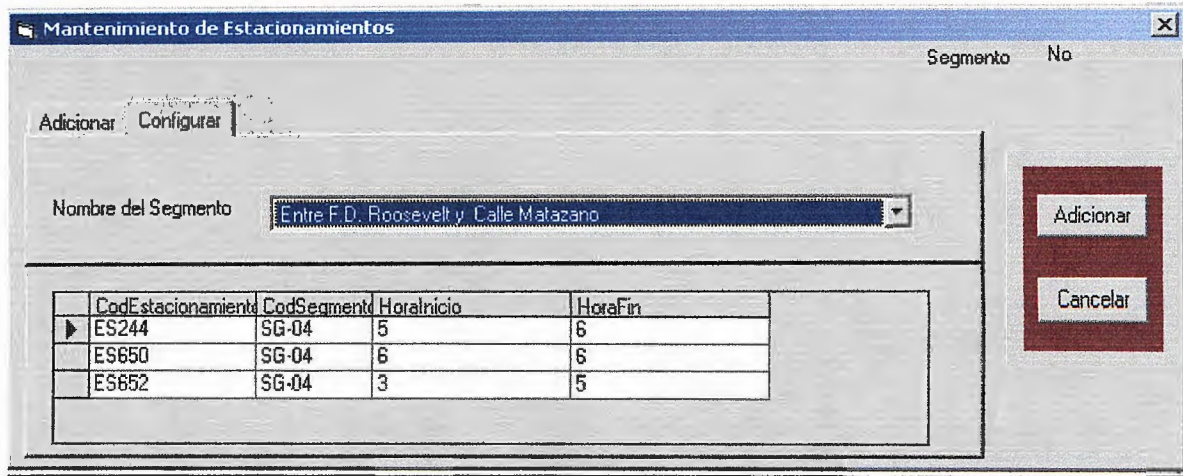


Figura 18. Mantenimiento de Estacionamientos

Este formulario permite configurar los estacionamientos es decir asociarlos con un segmento, al igual de las opciones básicas de adicionar, modificar y eliminar dicho datos de la tabla.

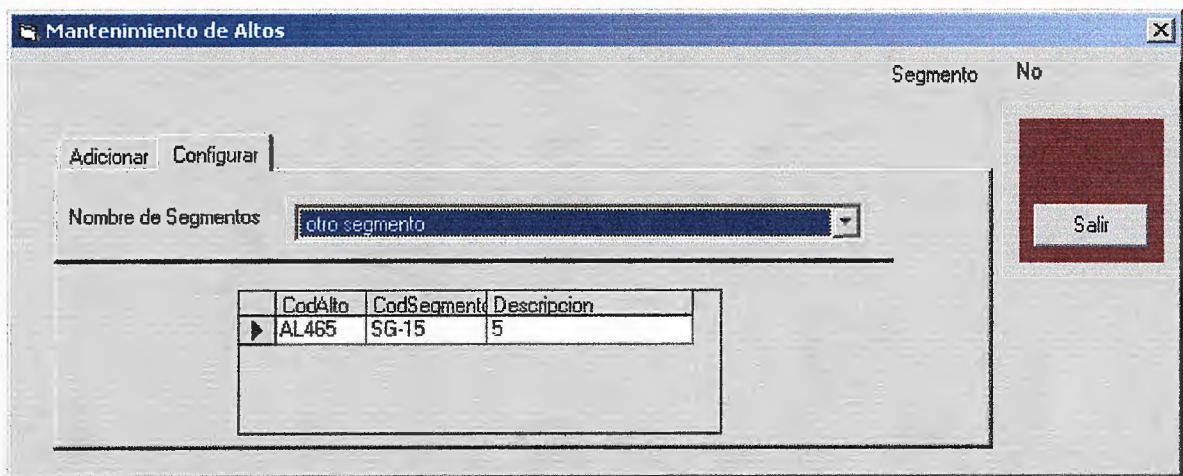


Figura 19. Mantenimiento de Altos

Este formulario permite configurar altos, es decir asociarlos con algún segmento, al igual de las opciones básicas de adicionar, modificar y eliminar dichos datos de la tabla.

Ciudad
 Nombre: Soyapango Vía: Santos Dos
 Tramo: SY-02 4a. Avenida Norte Acceso Sur

Día
 2 Lunes: 0

Datos Iniciales

tiempo	valor
0	204
2	81
4	88
6	390
8	707
10	689
12	624
14	636
16	698
18	713
20	446
22	163
*	

Tramos y Coeficientes Diarios

calle id	día id	coeficiente a	valor
SY-02 CALLE F.D. ROC1	1	a1	-732
SY-02 CALLE F.D. ROC1	1	a2	111E
SY-02 CALLE F.D. ROC1	1	a3	-709
SY-02 CALLE F.D. ROC1	1	a4	2512
SY-02 CALLE F.D. ROC1	1	a7	-84.2

Tramos y Coeficientes por Hora

calle id	coeficiente a	coeficiente b	valor b
Rossvelt 2	a1	b1	-538
Rossvelt 2	a1	b2	1339.4
Rossvelt 2	a1	b3	-943.5361111
Rossvelt 2	a1	b4	298.3541111

Simulación
 Fecha: Saturday, December 13, 2003 Tiempo: 0 [Procesar] [Detener]

[Salir]

Figura 20. Formulario de Introducción de Datos de Tráficos

Básicamente este formulario permite al usuario ingresar los datos iniciales los cuales son el motor para la generación de la simulación. Detrás de este procedimiento se encuentra la solución del modelo matemático para conocer la intensidad del tráfico simulado.

El formulario se divide en las siguientes secciones:

Ciudad: Agregar datos de ciudad, es aquí donde se indica la ciudad, tramo y vía.

Día: El día es decir un valor de 1-7 de los días de la semana.

Datos Iniciales: Los valores iniciales que son las 12 muestras tomadas del estudio de BONAL.

Simulación: Se especifica los valores de la fecha a simular y el tiempo que se desea para efectuar dicho proceso.

Resultado de datos procesados: Muestra los datos iniciales ya procesados encontrados para hora y día que son los que se utilizan para el modelo matemático.

Sección de Agregar objetos

Permite agregar objetos entre las que se tienen están: semáforo, segmento altos, estacionamientos, punto de inicio y líneas alternativas. Estas funcionan de igual forma que al utilizar los iconos de la barra de herramienta, los cuales se explican en el apartado de “Barra de herramientas”.

Sección de Cargar Simulación

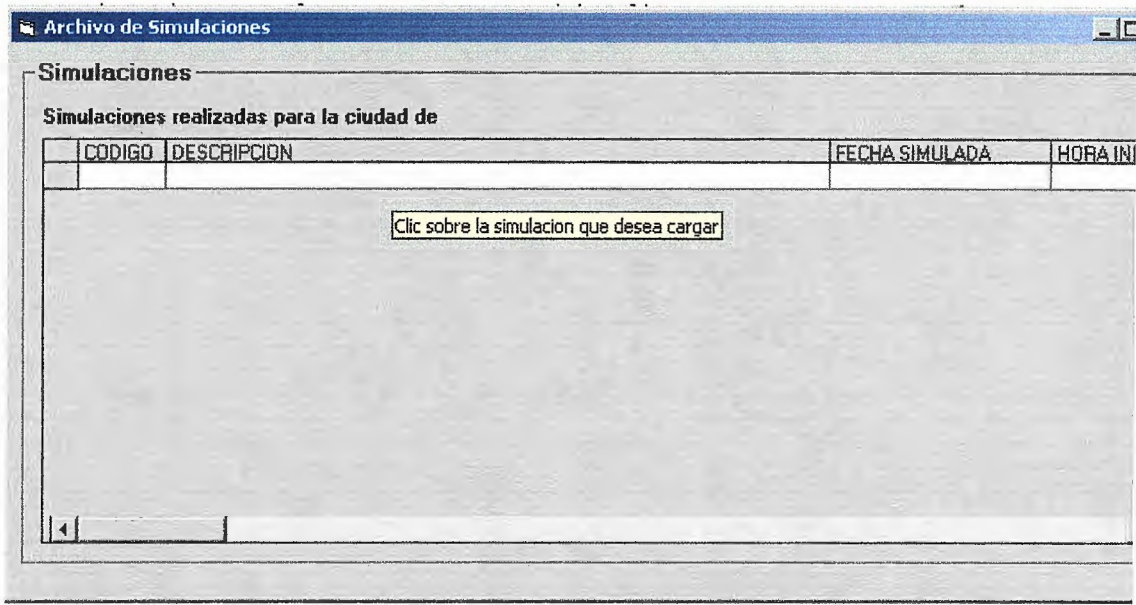


Figura 21. Formulario de Archivos de Simulaciones previas

Permite al usuario poder cargar una previa simulación en el sistema para poder generar cambio en este. Se muestra información como el código de simulación descripción de la simulación y archivo asociado a esta simulación, entre otros datos.

Menú Ejecutar

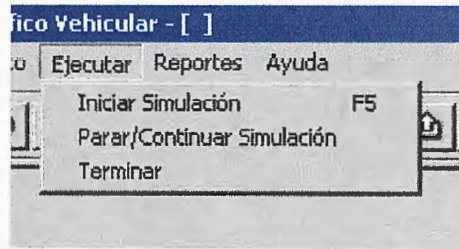


Figura 22. Menú Ejecutar

Contiene opciones como ejecutar simulación, parar/continuar, y termina simulación estas tienen las mismas funciones tal y como los iconos de la barra de herramientas.

Menú Reportes

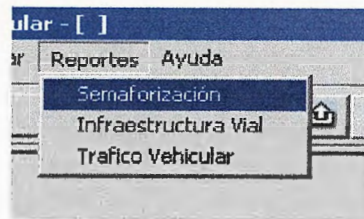


Figura 23. Menú Reportes

Generación de reportes como Infraestructura Vial la cual tiene como objetivo generar reportes que puedan dar información de las vías almacenadas y sus respectivos segmentos en una ciudad en específico, siendo estos agrupados por segmento. Otro reporte es el de semafORIZACIÓN, esta enlista los segmentos que contienen semáforos y como es la relación de estos a la hora de simular es decir si los semáforos están transversales o están continuos. Y por ultimo la cantidad de tráfico vehicular en una hora y calle específica.

Menú Ayuda

Contiene una explicación generalizada de la forma a utilizar el simulador, con los temas básicos como lo son las opciones de la barra de menú, la barra de herramientas y el funcionamiento del área de trabajo, entre otros.

➤ Barra de Herramientas

Tiene como objetivo brindar los iconos de opciones más utilizadas al momento de simular.



Figura 24. Barra de Herramientas

Entre estas opciones se tienen:

<i>Nuevo:</i>	Opción de tener un proyecto nuevo.
<i>Abrir:</i>	Abrir un proyecto ya existente.
<i>Guardar:</i>	Almacenar los cambios a un proyecto.
<i>Deshacer:</i>	Deshacer ya la creación de un objeto.
<i>Editar:</i>	Permitir al usuario entrar a las opciones del objeto siendo estas la de configuración y eliminación de este.
<i>Segmentos:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic también se entra a las opciones del objeto.
<i>Semáforo:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Línea alternativa:</i>	Creación de vías alternativas para el flujo del tráfico, también tienen opciones de configuración.
<i>Punto inicial:</i>	Para colocar el inicio del flujo del tráfico.
<i>Altos:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Estacionamiento:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Iniciar simulación</i>	
<i>Parar/continuar</i>	
<i>Terminar</i>	
<i>Nada:</i>	Permite cambiar el modo en el cual se encuentra, los

	modos son todos los antes mencionados.
<i>Tipo de modo:</i>	Este caja de texto muestra el estado del modo actual en que se esta trabajando.
<i>Zoom:</i>	Permite hacer acercamientos a la hora de crear o simular.

Tabla 5. Descripción de barra de herramientas

➤ Área de Trabajo

Permite al usuario agregar los objetos para crear una situación a simular, estos objetos son especificados en el apartado de entidades.

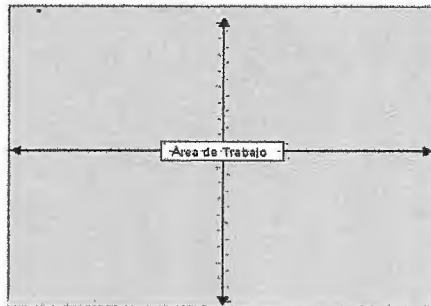


Figura 25. Área de Trabajo

➤ Área de Información

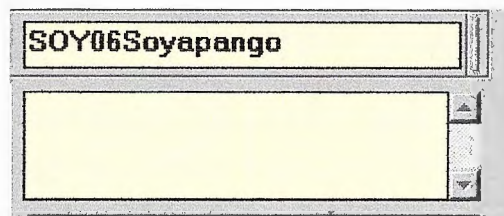


Figura 26. Área de Información

Permite mostrar al usuario en que ciudad se encuentra generando escenarios de la simulación, además de mostrar una descripción de la simulación que se esta ejecutando.

➤ Área de configuraciones

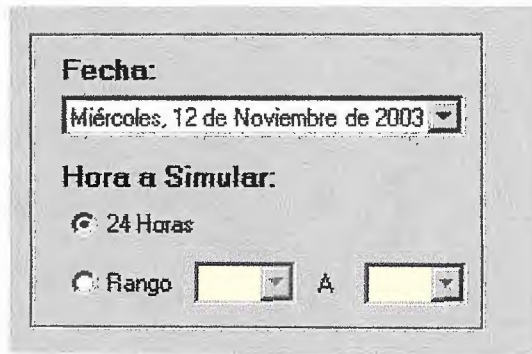


Figura 27. Área de Configuraciones

Esta área de la interfaz del sistema permite al usuario tener la facilidad de configurar parámetros generales de una simulación dando la fecha, la hora e intervalo, que se quiere ejecutar. Considerando que previamente deben de ser colocados los objetos en el área de trabajo.

➤ Área de indicadores de tiempo



Figura 28. Área de Indicadores de tiempo

El área de indicadores permite visualizar los datos de salida generados en el instante en que se está ejecutando una simulación. Estos son la hora generada por la simulación pero considerando una alteración de un factor de escala comparado con la hora real, la hora real del proceso de simulación. Y por último el indicador de la cantidad total de vehículos que están corriendo, es decir la sumatoria de todo el tráfico circulante en las vías colocadas en el área de trabajo.

4.2.3.2 Interfaz Web

El desarrollo de la interfaz Web esta basada en la utilización de tecnología de Internet como JavaScript combinada con ASP. Generando así que estas contribuyan a generar una visualización agradable y flexible, al igual que proporcionen una manera más interactiva con el usuario.

Así, al ingresar a la página Web desde el navegador de Internet, nos aparecerá la siguiente pantalla.

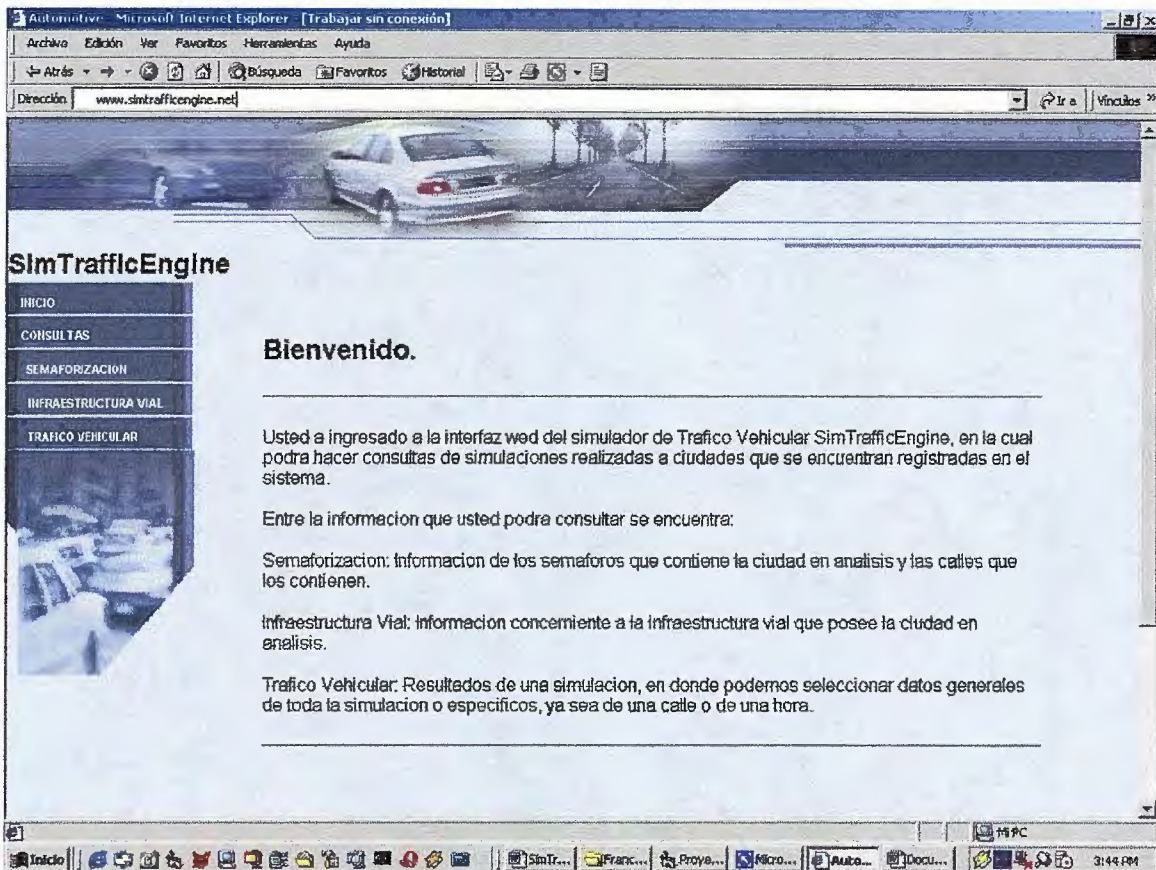


Figura 29. Pantalla de Bienvenida

En esta figura se observa que en lado izquierdo de la página se encuentra un menú, con el cual se puede realizar las diferentes consultas a la información de las simulaciones realizadas por la aplicación SimTrafficEngine.

Semaforización, permite enlistar los segmentos que contienen semáforos en una ciudad con sus respectivas propiedades.

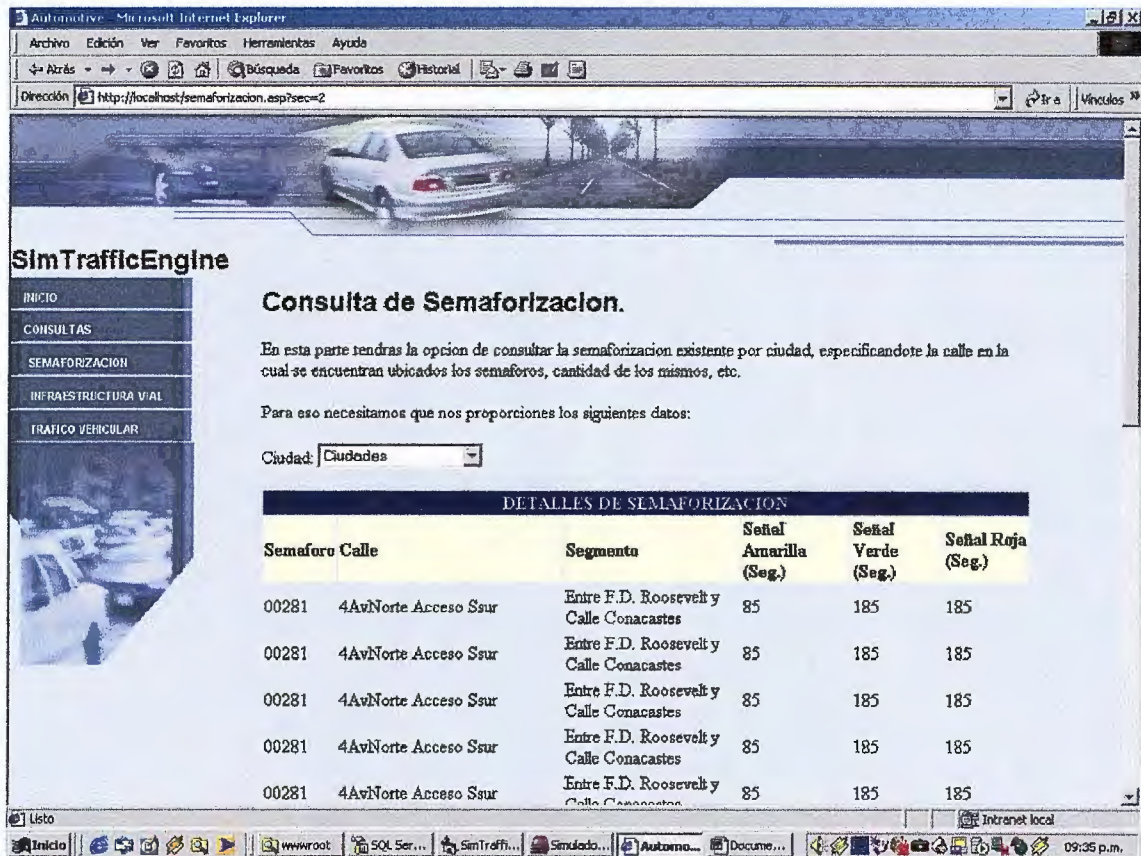


Figura 30. Pantalla de Consulta de Semáforos

Infraestructura Vial, en esta consulta se obtiene toda la información acerca de vías, segmentos de vía, seleccionando únicamente la ciudad de la cual deseamos consultar, tal como se muestra en la siguiente figura.

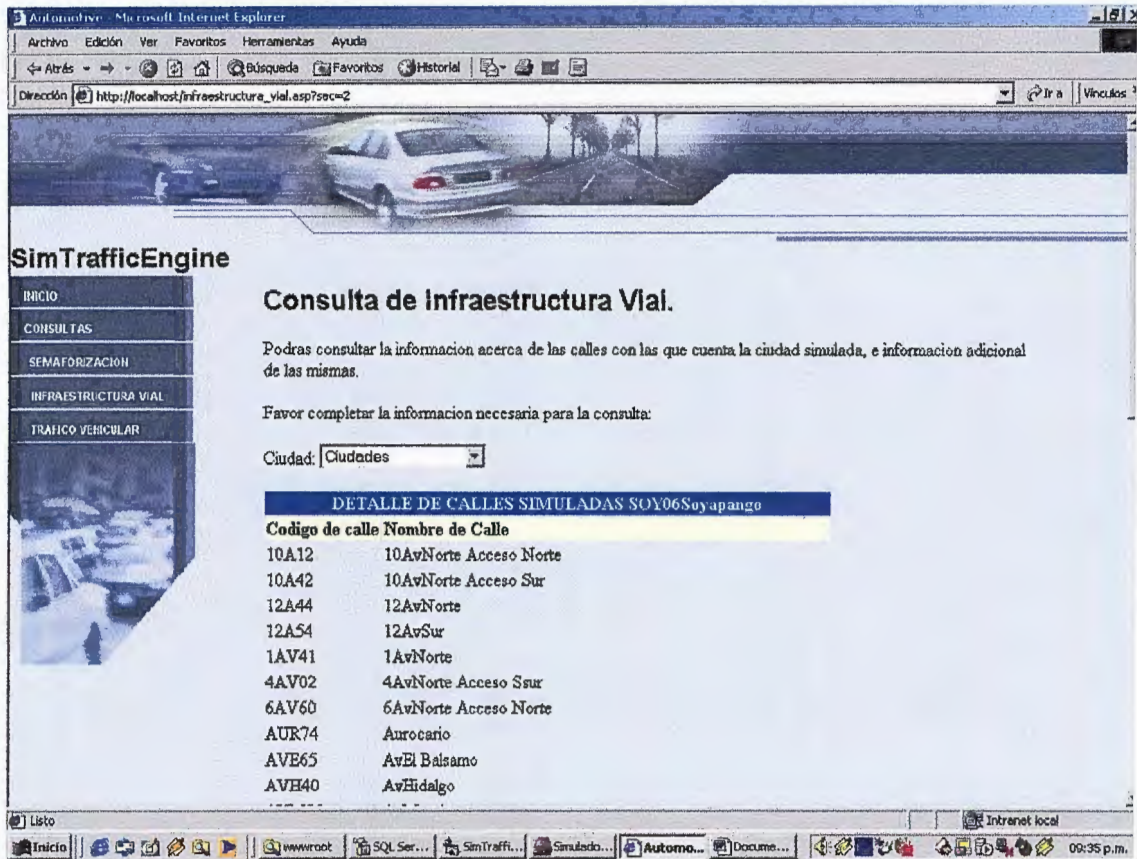


Figura 31. Pantalla de Consulta de Infraestructura Vial

Tráfico Vehicular, esta consulta permite obtener los datos generados por la aplicación acerca de las simulaciones dadas, como se muestra en la siguiente figura.

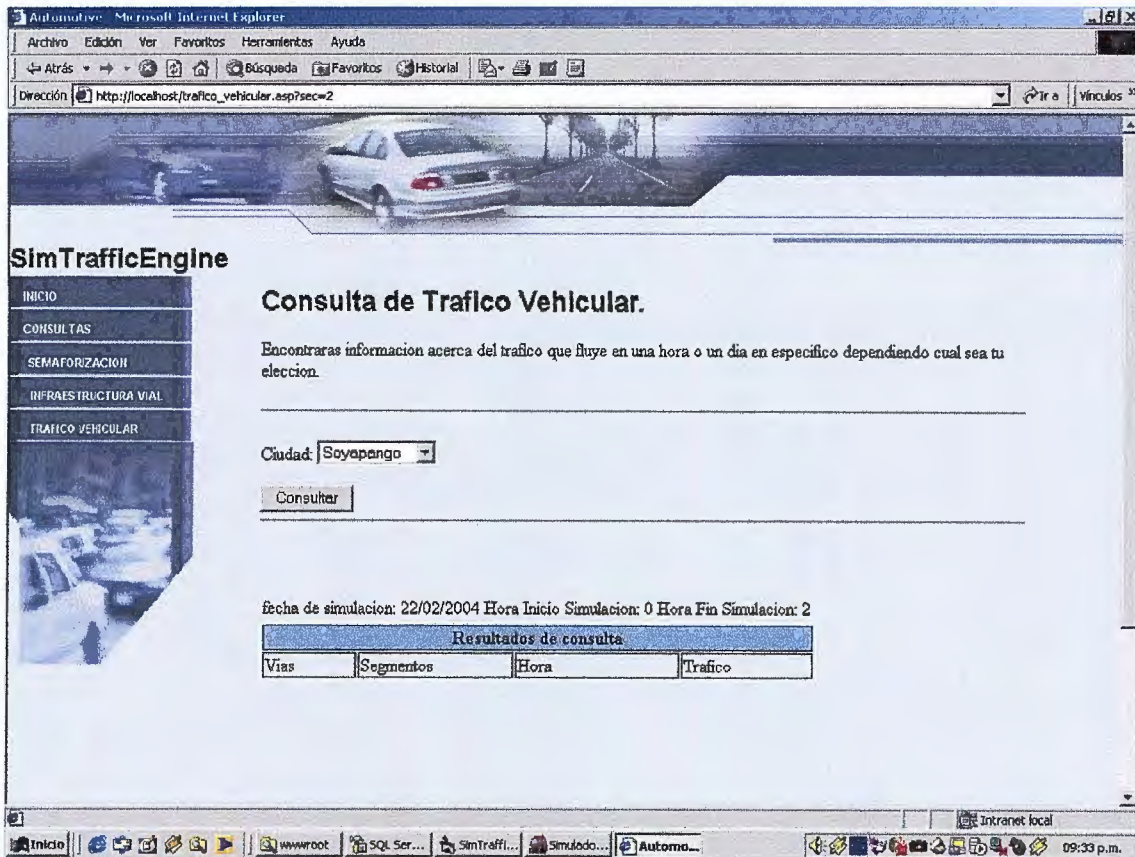


Figura 32. Pantalla de Consulta de Tráfico Vehicular

4.2.4 Diseño de Objetos

4.2.4.1 Entidades

El sistema cuenta con un conjunto de entidades las cuales pueden ser configurables por parte del usuario al momento de hacer la simulación.

Las entidades con las que cuenta el sistema son:



Segmento

Entidad que tiene por objetivo el dibujar las líneas que sirven de guía a la entidad automóviles en el movimiento durante la simulación, siendo estas líneas las que simularan las calles por las cuales se trasladaran los mismos.

Esta entidad es un control de usuario creado y llamado `segmentodevia`, compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto `Line`.

Se tomó la decisión de crear este objeto de usuario, por la necesidad de tener uno que se adapte a ciertas propiedades y características dentro de la simulación y; que es de suma importancia que este interactúe con otros elementos dentro de ella.

Las propiedades que se le han creado a esta entidad son:

Nombre: Propiedad que contendrá el nombre del segmento de vía que se le puede asignar para así identificarlo dentro de la matriz de segmentos de vía que existirá dentro de la simulación.

CodigoSegmento: Propiedad que contendrá el código de segmento que se le asocia al momento de configurar el segmento, esto para efecto de identificación.

SX1: Contiene la coordenada X del punto inicial del segmento de vía esta coordenada se obtiene directamente cuando se selecciona el objeto `segmentodevia` y se da clic derecho sobre el área de trabajo del simulador.

SX2: Contiene la coordenada X del punto final del segmento de vía y se obtiene al hacer clic sobre el área de trabajo del simulador, siempre y cuando ya se haya marcado el punto inicial del segmento que se está dibujando.

SY1: Actúa de igual forma que `SX1` con la diferencia que la coordenada que en esta propiedad se almacena es la coordenada Y del punto inicial.

SY2: Similar a la propiedad `SX2`, pero esta almacena la coordenada Y del punto Final del Segmento de Vía.

Este objeto además cuenta con el diseño de un evento como lo es el evento `Dblic` el cual sirve para configurar o eliminarlo.

Es de hacer mención que al momento de diseñar los distintos tramos de calle con los segmentos de vía, se va creando una matriz de objetos *SegmentodeVia* creándolos de una forma dinámica a la hora de ejecución del sistema, agregándoles un sub Índice el cual identificara a cada uno dentro de la simulación.



Semáforo

Objeto de usuario creado para simular un semáforo sencillo de tres luces, las cuales pueden ser configuradas para establecer los tiempos de espera de cada uno de los colores.

Esta entidad es un objeto de usuario creado con objetos nativos de Visual Basic como lo son:

Shape: Objeto en forma de círculo que mostrara los colores del semáforo, son tres los cuales se permutan para ir dando los colores correspondientes al semáforo.

Timer: Este Objeto es el encargado de especificar los tiempos de espera para cada color del semáforo y haciendo que se permute la aparición de cada uno de los Shape's.

PictureBox: Objeto que sirve de base para colocar los demás objetos del control de usuario como lo son los Shape's y el timer.

Se decidió la utilización de estos controles para la elaboración del objeto de usuario por la poca memoria que pudiesen consumir dentro de la simulación, ya que el uso de este debe de ser óptima para un buen funcionamiento del sistema.

Dentro de algunas propiedades que se le definieron al control para poder configurarse al momento de la simulación y así poder lograr el objetivo perseguido como lo es la de simular el comportamiento de un semáforo son:

Amarillo: En esta propiedad se almacena el tiempo en segundos que el semáforo colocara la luz verde.

Verde: Al igual que la propiedad Amarillo esta almacena la cantidad en segundos que permanecerá la luz verde del semáforo.

Rojo: Contiene el tiempo que permanecerá el color rojo del semáforo.

Además de las propiedades que se le han agregado al objeto de usuario semáforo, también se le ha creado un conjunto de eventos a los que atenderá para su buen funcionamiento, estos eventos son los siguientes:

Dblclick: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.

MouseDown, MouseUp, MouseMove: Estos eventos contienen código el cual interacciona con cada uno de ellos para poder lograr el movimiento de los objetos semáforos colocados dentro del área de trabajo dando una sensación de arrastre de los mismos.



Segmento Alternativo

Objeto de usuario el cual tiene por objetivo el simular la creación de nuevos segmentos de acceso o tránsito en la ciudad en la cual se llevara a cabo la simulación.

Al igual que el objeto segmento, este está diseñado con un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Line, cambiando del anterior en el color.

Las propiedades creadas a este objeto para su funcionamiento son:

Nombre: Propiedad que contendrá el nombre del segmento de vía alterno que se le pudiese asignar para así poder identificarlo dentro de la matriz de segmentos de vía alternativos que existirán dentro de la simulación.

CodigoSegNuevo: Propiedad que contendrá el código de segmento que se le asociará al momento de configurar el segmento, esto para efecto de identificación.

Sx1: Se almacena la posición X del inicio del segmento.

Sx2: Posición X del fin del segmento alternativo.

Sy1: Posición Y del inicio del segmento alternativo.

Sy2: Posición Y del punto final del segmento alternativo.

Además de las propiedades que se le han agregado al objeto de usuario segmento alternativo, también se le ha creado un evento el que atenderá para su buen funcionamiento, este evento es:

Dbliclic: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.



Automotores

Shape Objeto nativo de Visual Basic en forma de rectángulo que se utiliza para la simulación de automotores dentro de la simulación, teniendo el cambio de color, el cual simula el tipo de automotor al que representa dentro de la simulación.



Estacionamientos

Esta entidad es un control de usuario creado y llamado estacionamiento compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Line. Tiene por objetivo el dibujar los estacionamientos durante la simulación

La propiedad que se le ha creado a esta entidad es:

CodigoEst: Propiedad que contendrá el código de estacionamiento que se le asociará al momento de configurarlo con un segmento, esto para efecto de identificación.

Además de esta se le ha agregado al objeto de usuario estacionamiento, un evento el que atenderá para su buen funcionamiento, este evento es:

Dblclick: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.



Esta entidad es un control de usuario creado y llamado altos compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Shape. Tiene por objetivo el dibujar los altos durante la simulación

La propiedad que se le ha creado a esta entidad es:

CodigoAlt: Propiedad que contendrá el código de alto que se le asociará al momento de configurarlo con un segmento, esto para efecto de identificación.

Además de la propiedad que se le ha agregado al objeto de usuario altos también se le ha creado un evento el que atenderá para su buen funcionamiento este evento es:

Dblclick: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.



Punto de Inicio

Objeto Image de Visual el cual sirve dentro de la simulación para capturar las coordenadas X y Y de los puntos de generación de tráfico.

Este objeto es colocado al inicio de un segmento para que a partir de él se genere el tráfico.

4.2.4.2 Procesos y Funciones

Para la generación de la simulación gráfica y el procesamiento de los datos con los que dicha simulación trabaja, se hace necesario la creación de funciones y subrutinas las cuales interactúan entre sí para un mejor y más óptimo resultado.

Dichas funciones están alojadas dentro de objetos, las cuales describiremos en la continuación:

Timer1: En este objeto se encuentra el código necesario para la generación del movimiento de los objetos automotores, el control de proximidad de automóviles con los semáforos y control de objetos descargados de la simulación.

Timer2: Es el encargado de cargar los objetos automotores dentro de la simulación teniendo en cuenta que estos son colocados en el inicio de un segmento en el cual se coloque un objeto punto inicial.

Timer3: Objeto en el cual se generan los tiempos de simulación y el tiempo Real.

El primero de ellos es el afectado por un factor de escala y es el que permite que en menos de 30 minutos podamos simular un día entero.

El tiempo real es el tiempo normal y es extraído del reloj de la máquina en la que se corra.

Timer4: este evalúa el Objeto automotor de menor índice dentro de la matriz de objetos automotores para partir de el empezar a mover los demás objetos automotores.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo engloba los aportes que el trabajo de tesis brinda al análisis de un fenómeno tan complejo como lo es, el estudio del tráfico vehicular; así como también se mencionan algunos cambios y/o adiciones de elementos que están involucrados en tal fenómeno, con el fin de obtener resultados más acordes a la realidad.

5.1 Conclusiones

- El manejo de un ambiente gráfico dentro de la simulación hacen posible una mejor interacción entre el usuario y la misma, ya que el usuario coloca y configura los objetos que la componen, así como también tener el control en cualquier momento de parar o solicitar datos que brinda dicha simulación.
- La utilización de un servidor de Base de Datos tal y como lo es SQL Server permitió el equilibrar los procesos que se llevan a cabo en la simulación entre el servidor y la aplicación en sí, ya que la generación de los coeficientes y la obtención de valores de tráfico se hace por medio de procedimientos almacenados que residen en el Servidor.
- La creación de una interfaz Web, hace posible que un usuario desde Internet tenga acceso a datos que han sido almacenados mediante la simulación, estos datos son extraídos de la base de datos en donde están almacenados los datos de todas las ciudades simuladas al momento.
- El aprovechamiento de la tecnología actual en distintas áreas de la vida para una mejor asignación de recursos, es el caso de la simulación de tráfico vehicular, y que con ella se han obtenido datos de mucha importancia para el análisis de medidas a tomar en situaciones futuras, ya sea en la construcción de nueva infraestructura o en la modificación de la ya existente.
- La utilización de reportes comparativos del tráfico obtenido de una simulación contra el obtenido por cambios generados en este, permite analizar las posibles alternativas que puedan respaldar la toma de decisiones con respecto a cambios en la infraestructura vial y señalización en una ciudad.

5.2 Recomendaciones

- Agregar capacidades para poder seleccionar entre diferentes tipos de materiales de construcción de las carreteras (asfalto, concreto hidráulico, material selecto etc.).
- Incluir configuraciones de factores ambientales tales como: niebla, lluvia derrames de líquidos, luminosidad, etc.
- Agregar más elementos de configuración como túmulos, semáforos peatonales peatones, etc.
- Agregar capacidades para estimar la contaminación ambiental generada por el tráfico simulado.
- Agregar perfiles de conductores.
- Migrar la aplicación a la Web para que no solamente se pueda consultar los datos, sino que se pueda realizar la simulación desde Internet.

BIBLIOGRAFÍA

1. BONAL Centroamérica, S.A. de C.V.
2. Zill, Dennis G. "Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones de modelado", Sexta Edición, Thomson Editores, 1997.
3. www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp/matematicas/cuerpo.htm
4. www.uv.es/~diaz/mn/fmn.html
5. <http://www.math.toronto.edu/mathnet/plain/carcompet/simulation.html>
Chan, Joel. "Computer Traffic Simulation". Universidad de Toronto (Abril de 1997). University of Toronto Mathematics Network

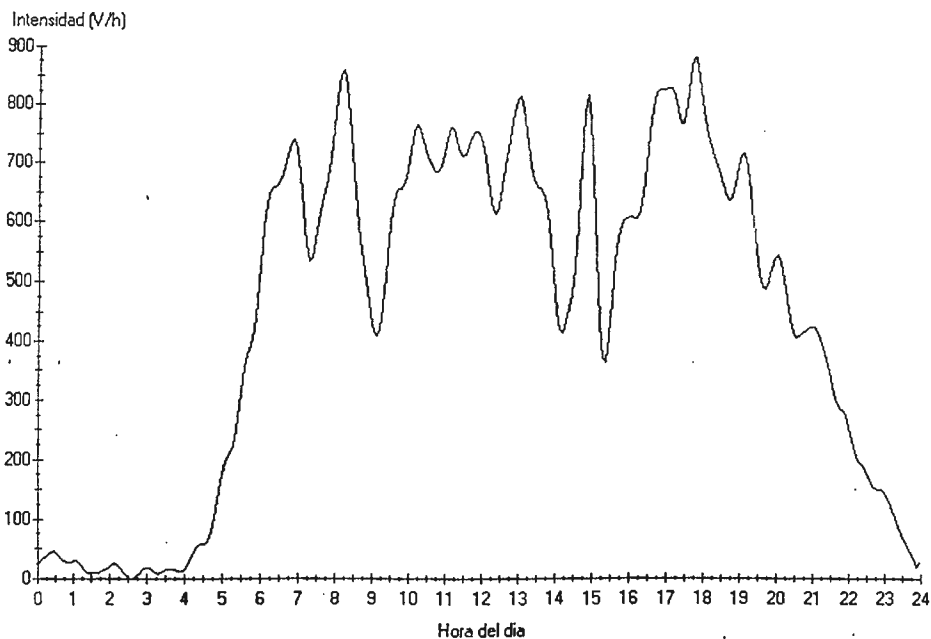
ANEXOS

ANEXOS

Anexo I. Estudio de Tráfico por BONAL de Centroamérica

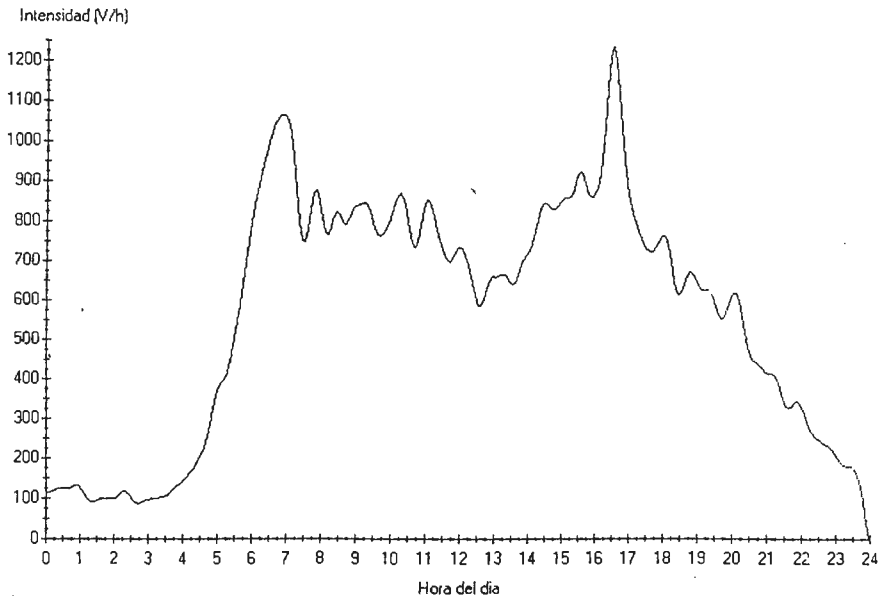
Tramo : 13/12/2002 - SY-01 Calle F. D. Roosevelt Ote.
 Acceso Ote.

Hora	Q:1	Q:2	Q:3	Q:4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	7	10	8	6	31	0,29	Total del día	10776
01:00	5	2	0	3	10	0,09	1/4 hora punta	
02:00	3	2	3	2	10	0,09	n.1 de 17:45 a 18:00	
03:00	5	2	0	3	10	0,09	n.2 de 17:30 a 17:45	211
04:00	50	63	91	112	316	2,93	n.3 de 08:00 a 08:15	210
05:00	151	165	173	183	672	6,24	n.4 de 16:45 a 17:00	207
06:00	155	172	157	172	656	6,12	Hora punta	
07:00	210	194	150	120	674	6,25	n.1 de 17:00 a 18:00	
08:00	104	128	160	168	560	5,20	n.2 de 11:00 a 12:00	739
09:00	189	181	182	188	720	6,69	n.3 de 10:00 a 11:00	721
10:00	173	155	173	196	697	6,47	n.4 de 16:00 a 17:00	721
11:00	108	114	152	198	572	5,31	4 horas mañana	
12:00	138	96	132	151	517	4,80	de 09:00 a 13:00	2717
13:00	152	154	198	207	721	6,69	4 horas tarde	
14:00	207	195	211	207	721	6,69	de 15:00 a 19:00	2756
15:00	189	175	163	167	693	6,43	16 horas día	
16:00	178	151	125	112	566	5,24	de 06:00 a 22:00	10072
17:00	132	111	103	106	452	4,19	Hora punta flotante	
18:00	104	93	77	70	344	3,19	de 17:00 a 18:00	825
19:00	55	48	41	38	182	1,70		
20:00	32	22	13	6	73	0,68		
21:00								
22:00								
23:00								



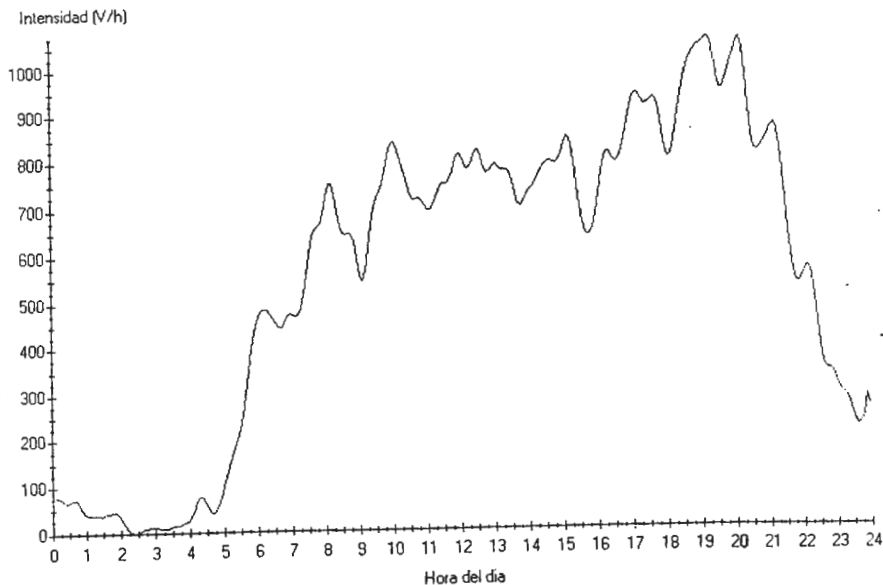
Tramo : 02/12/2002 - SY-02 Calle F. D. Roosevelt Ote.
Acceso Ote.

Hora	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	28	30	30	32	120	0,89	Total del día	13533
01:00	27	22	24	24	97	0,72	1/4 hora punta	
02:00	26	27	22	22	97	0,72	n.1 de 16:30 a 16:45	
03:00	24	25	28	32	109	0,81	n.2 de 16:15 a 16:30	281
04:00	38	45	57	80	220	1,63	n.3 de 06:45 a 07:00	265
05:00	97	111	142	180	530	3,92	n.4 de 06:30 a 06:45	257
06:00	214	238	257	265	974	7,20	Hora punta	
07:00	252	202	196	216	866	6,40	n.1 de 16:00 a 17:00	
08:00	195	201	200	204	800	5,91	n.2 de 06:00 a 07:00	974
09:00	210	207	192	195	804	5,94	n.3 de 15:00 a 16:00	879
10:00	210	212	188	197	807	5,96	n.4 de 07:00 a 08:00	866
11:00	210	191	177	180	758	5,60	4 horas mañana	
12:00	179	161	148	162	650	4,80	de 09:00 a 13:00	3019
13:00	165	164	162	176	667	4,93	4 horas tarde	
14:00	187	206	209	210	812	6,00	de 15:00 a 19:00	3359
15:00	214	221	228	216	879	6,50	16 horas día	
16:00	227	281		240			de 06:00 a 22:00	11966
17:00	205	189	181	187	762	5,63	Hora punta flotante	
18:00	187	160	161	167	675	4,99	de 16:00 a 17:00	1043
19:00	158	155	142	146	601	4,44		
20:00	154	131	112	107	504	3,72		
21:00	103	94	82	85	364	2,69		
22:00	75	64	59	55	253	1,87		
23:00	48	45	38	10	141	1,04		



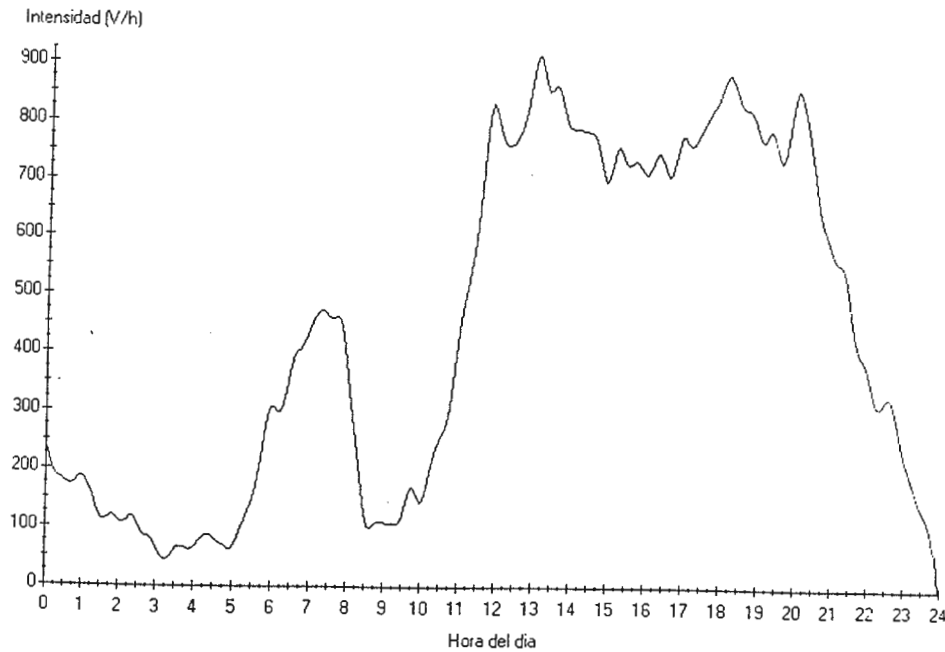
Tramo : 13/12/2002 - SY-02 4a. Avenida Norte Acceso Sur

Hora	Q:1	Q:2	Q:3	Q:4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	19	17	17	13	66	0,49	Total del dia	13337
01:00	9	9	10	10	39	0,28	1/4 hora punta	
02:00	4	0	1	2	7	0,05	n.1 de 19:00 a 19:15	262
03:00	2	2	3	5	12	0,09	n.2 de 20:00 a 20:15	260
04:00	11	18	11	17	57	0,43	n.3 de 18:45 a 19:00	253
05:00	32	47	68	103	250	1,87	n.4 de 19:15 a 19:30	
06:00	119	118	112	116	465	3,49	Hora punta	
07:00	117	130	158	168	573	4,30	n.1 de 19:00 a 20:00	
08:00	185	173	161	155	674	5,05	n.2 de 18:00 a 19:00	945
09:00	139	164	183	201	687	5,15	n.3 de 17:00 a 18:00	911
10:00	206	192	160	178	756	5,67	n.4 de 20:00 a 21:00	903
11:00	175	183	188	198	744	5,58	4 horas mañana	
12:00	198	200	200	194	792	5,94	de 09:00 a 13:00	2979
13:00	196	194	182	178	750	5,62	4 horas tarde	
14:00	185	194	198	200	777	5,83	de 15:00 a 19:00	3398
15:00	210	191	164	164	729	5,47	16 horas dia	
16:00	191	202	201	219	813	6,10	de 06:00 a 22:00	12219
17:00	234	230	232	215	911	6,83	Hora punta flotante	
18:00	204	230	251	260	945	7,09	de 18:30 a 19:30	1028
19:00	253	239	253	253	1000	7,50		
20:00	262	227	204	210	903	6,77		
21:00	216	191	150	134	691	5,18		
22:00	141	118	88	83	430	3,22		
23:00	73	65	55	65	258	1,93		



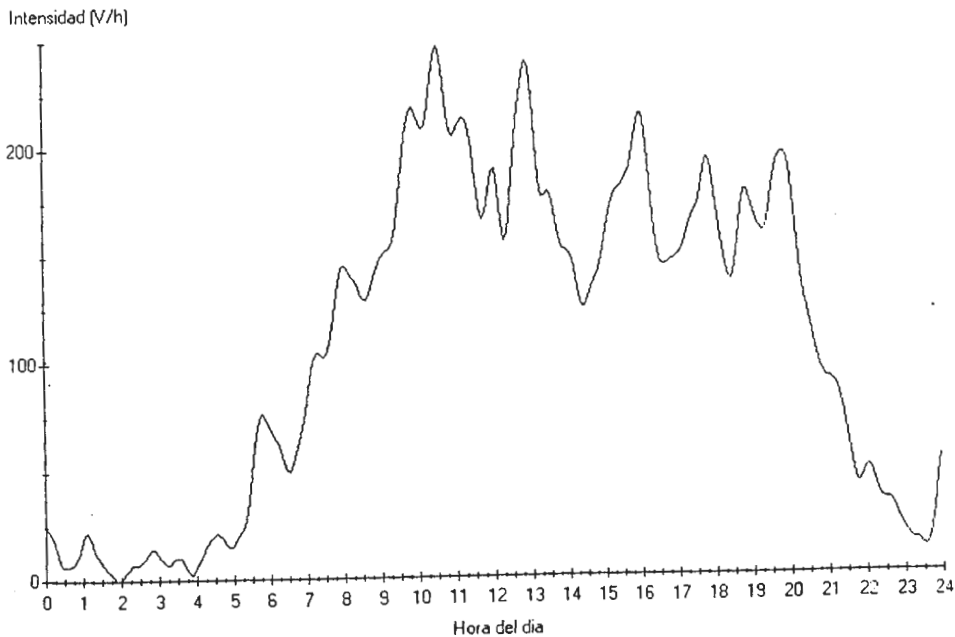
Tramo : 15/12/2002 - SY-02 4a. Avenida Norte Acceso Sur

Hora	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	52	45	43	45	185	1,73	Total del día	10686
01:00	43	33	28	29	133	1,24		
02:00	27	28	22	19	96	0,90	1/4 hora punta	
03:00	12	12	16	15	55	0,51	n.1 de 13:00 a 13:15	221
04:00	18	21	18	16	73	0,68	n.2 de 12:45 a 13:00	220
05:00	20	31	47	71	169	1,58	n.3 de 18:00 a 18:15	214
06:00	75	84	99	106	364	3,41	n.4 de 13:15 a 13:30	
07:00	115	117	115	106	453	4,24	Hora punta	
08:00	73	41	25	27	166	1,55	n.1 de 13:00 a 14:00	835
09:00	27	27	38	39	131	1,23	n.2 de 18:00 a 19:00	806
10:00	43	59	69	94	265	2,48	n.3 de 17:00 a 18:00	804
11:00	122	145	187	205	659	6,17	n.4 de 12:00 a 13:00	
12:00	192	191	200	221	804	7,52	4 horas mañana	1859
13:00		214	211	199			de 09:00 a 13:00	
14:00	197	196	190	177	760	7,11	4 horas tarde	3118
15:00	187	185	183	180	735	6,88	de 15:00 a 19:00	
16:00	184	185	180	193	742	6,94	16 horas día	9539
17:00	192	197	204	213	806	7,54	de 06:00 a 22:00	
18:00	220	211	206	198	835	7,81	Hora punta flotante	869
19:00	195	192	188	210	785	7,35	de 12:45 a 13:45	
20:00	208	187	163	150	708	6,63		
21:00	141	132	108	98	479	4,48		
22:00	84	80	81	64	309	2,89		
23:00	49	38	29	11	127	1,19		



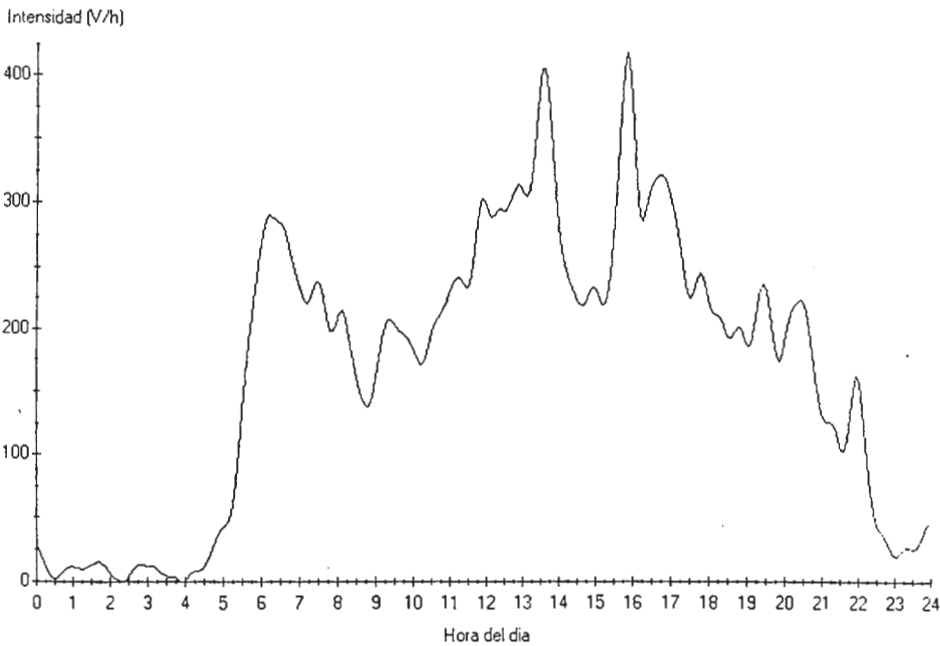
Tramo : 01/12/2002 - SY-03 10a. Avenida Norte Acceso Norte

Hora	Q1	Q2	Q3	Q4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	5	2	1	2	10	0.39	Total del día	2576
01:00	5	2	1	0	8	0.31	1/4 hora punta	
02:00	0	1	2	3	6	0.23	n.1 de 10:30 a 10:45	59
03:00	2	2	2	0	6	0.23	n.2 de 12:45 a 13:00	57
04:00	2	4	5	3	14	0.54	n.3 de 10:15 a 10:30	54
05:00	4	8	16	18	46	1.79	n.4 de 09:45 a 10:00	
06:00	16	13	13	17	59	2.29	Hora punta	
07:00	23	25	27	34	109	4.23	n.1 de 10:00 a 11:00	196
08:00	35	33	32	35	135	5.24	n.2 de 12:00 a 13:00	190
09:00	37	40	49	54	180	6.99	n.3 de 11:00 a 12:00	182
10:00	52	57	52	52	190	7.38	n.4 de 15:00 a 16:00	
11:00	52	51	43	44	174	6.75	4 horas mañana	786
12:00	44	41	52	59	136	5.28	de 09:00 a 13:00	
13:00	50	44	42	38	162	6.29	4 horas tarde	671
14:00	36	31	33	36	136	5.28	de 15:00 a 19:00	
15:00	41	44	46	51	182	7.07	16 horas día	2434
16:00	50	40	36	36	162	6.29	de 06:00 a 22:00	
17:00	38	41	44	47	170	6.60	Hora punta flotante	222
18:00	40	34	39	44	157	6.09	de 09:45 a 10:45	
19:00	41	40	46	48	175	6.79		
20:00	42	32	27	23	124	4.81		
21:00	22	19	13	11	65	2.52		
22:00	11	8	8	5	32	1.24		
23:00	4	3	3	10	20	0.78		



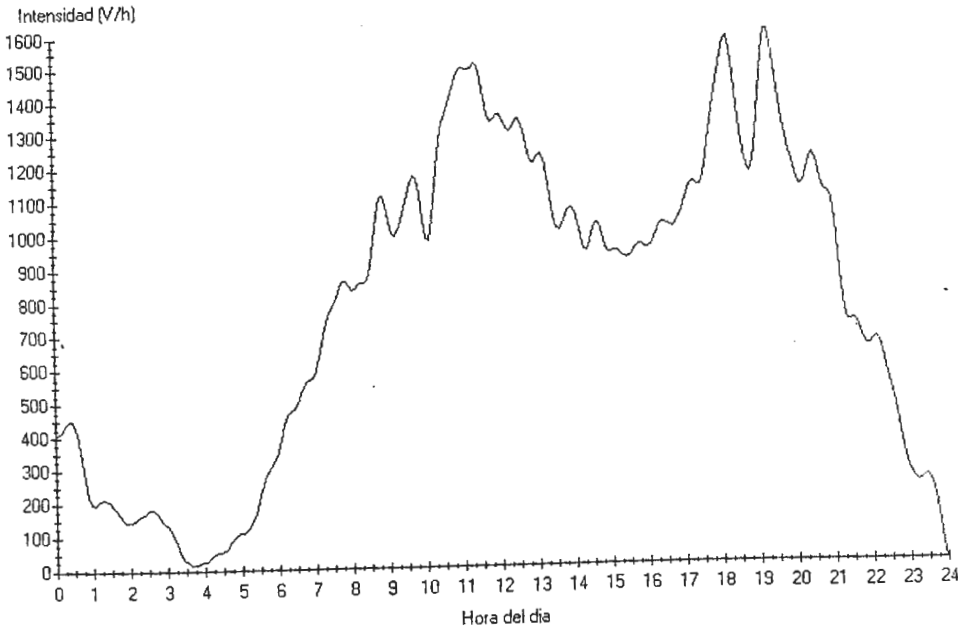
Tramo : 06/12/2002 - SY-03 10a. Avenida Norte Acceso Norte

Hora	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	5	1	1	2	9	0,22	Total del día	4041
01:00	2	2	3	2	9	0,22		
02:00	0	0	2	3	5	0,12	1/4 hora punta	
03:00	2	1	0	0	3	0,07	n.1 de 15:45 a 16:00	█
04:00	1	2	4	9	16	0,40	n.2 de 13:30 a 13:45	99
05:00	11	23	43	60	137	3,39	n.3 de 13:15 a 13:30	89
06:00	71	71	68	61	271	6,71	n.4 de 15:30 a 15:45	82
07:00	56	58	55	50	219	5,42	Hora punta	
08:00	53	45	36	36	170	4,21	n.1 de 13:00 a 14:00	█
09:00	46	51	49	48	194	4,80	n.2 de 16:00 a 17:00	312
10:00	44	45	51	55	195	4,83	n.3 de 15:00 a 16:00	298
11:00	59	59	63	75	256	6,34	n.4 de 12:00 a 13:00	297
12:00	72	73	74	78	297	7,35		
13:00	77	89	99	81	█	█		
14:00	64	58	55	57	234	5,79	4 horas mañana	
15:00	56	59	82	█	298	7,37	de 09:00 a 13:00	942
16:00	80	74	79	79	312	7,72	4 horas tarde	
17:00	72	61	58	60	251	6,21	de 15:00 a 19:00	1065
18:00	54	51	49	50	204	5,05	16 horas día	
19:00	48	57	53	45	203	5,02	de 06:00 a 22:00	3772
20:00	52	55	52	38	197	4,88	Hora punta flotante	
21:00	32	30	26	37	125	3,09	de 13:00 a 14:00	346
22:00	33	15	9	6	63	1,56		
23:00	5	6	6	10	27	0,67		



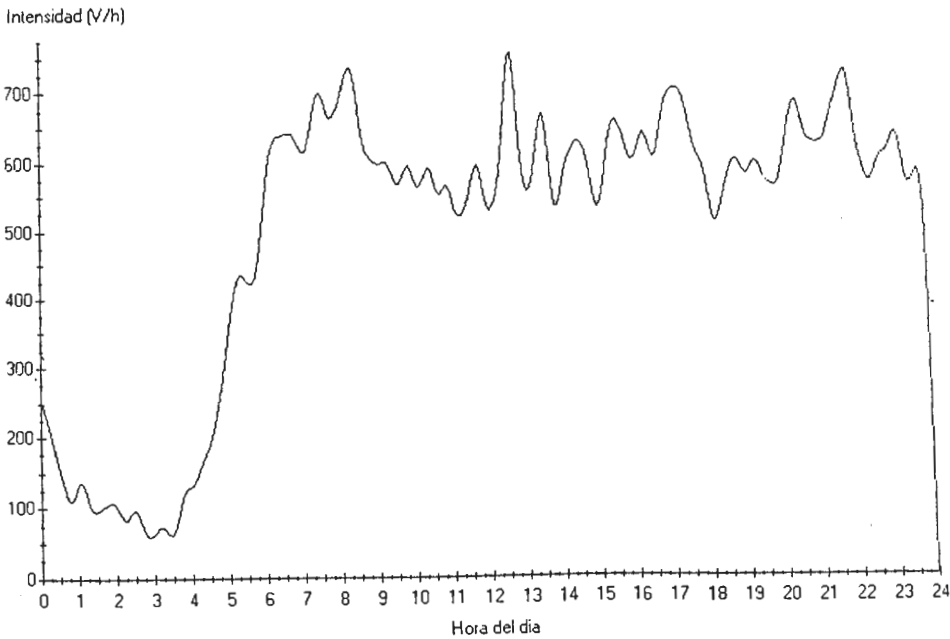
Tramo : 22/12/2002 - SY-04 Calle a Tonacatepeque Acceso Sur

Hora	Q:1	Q:2	Q:3	Q:4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	104	111	96	57	368	1,95	Total del día	18866
01:00	50	52	44	36	182	0,96	1/4 hora punta	
02:00	37	42	44	36	159	0,84	n.1 de 18:00 a 18:15	385
03:00	27	12	4	5	48	0,25	n.2 de 19:15 a 19:30	376
04:00	8	12	17	25	62	0,33	n.3 de 19:00 a 19:15	374
05:00	29	42	66	79	216	1,14	n.4 de 11:15 a 11:30	
06:00	102	117	130	140	489	2,59	Hora punta	
07:00	157	187	203	213	760	4,03	n.1 de 11:00 a 12:00	1403
08:00	209	213	244	274	940	4,98	n.2 de 19:00 a 20:00	1363
09:00	251	259	285	276	1071	5,68	n.3 de 18:00 a 19:00	1292
10:00	250	306	342	365	1263	6,69	n.4 de 12:00 a 13:00	
11:00	372	374	350	335	1292	6,85	4 horas mañana	5057
12:00	333	328	328	303	1292	6,85	de 09:00 a 13:00	
13:00	305	275	252	264	1096	5,81	4 horas tarde	4522
14:00	254	237	253	239	983	5,21	de 15:00 a 19:00	
15:00	234	230	233	238	935	4,96	16 horas día	17147
16:00	239	253	253	259	1004	5,32	de 06:00 a 22:00	
17:00	278	283	306	353	1220	6,47	Hora punta flotante	1461
18:00	376	385	338	304	1363	7,22	de 10:45 a 11:45	
19:00	376	385	338	304	1403	7,44		
20:00	284	299	290	274	1147	6,08		
21:00	229	182	177	162	750	3,98		
22:00	165	145	114	78	502	2,66		
23:00	60	60	50	12	182	0,96		



Tramo : 24/12/2002 - SY-04 Calle La Fuente Acceso Oriente

Hora	Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	Hora	% Dia	Tipo de acumulacion	Volumen
00:00	58	45	32	29	164	1,37	Total del día	11971
01:00	32	24	25	26	107	0,89		
02:00	22	22	20	15	79	0,66	1/4 hora punta	
03:00	17	16	21	31	85	0,71	n.1 de 08:00 a 08:15	█
04:00	35	43	55	76	209	1,75	n.2 de 21:15 a 21:30	178
05:00	100	108	106	125	439	3,67	n.3 de 12:30 a 12:45	177
06:00	153	159	160	155	627	5,24	n.4 de 08:15 a 08:30	176
07:00	158	172	168	168	666	5,56	Hora punta	
08:00	█	176	156	150	662	5,53	n.1 de 21:00 a 22:00	█
09:00	149	144	144	145	582	4,86	n.2 de 07:00 a 08:00	666
10:00	142	145	139	139	565	4,72	n.3 de 08:00 a 09:00	662
11:00	130	136	147	134	547	4,57	n.4 de 16:00 a 17:00	649
12:00	139	173	177	144	633	5,29		
13:00	147	164	142	139	592	4,95	4 horas mañana	
14:00	152	156	147	134	589	4,92	de 09:00 a 13:00	2327
15:00	151	163	156	151	621	5,19		
16:00	158	152	165	174	649	5,42	4 horas tarde	
17:00	173	161	150	136	620	5,18	de 15:00 a 19:00	2459
18:00	130	144	149	146	569	4,75		
19:00	149	143	141	152	585	4,89	16 horas día	
20:00	169	163	156	157	645	5,39	de 06:00 a 22:00	9826
21:00	166	178	176	154	674	5,63		
22:00	144	148	153	159	604	5,05	Hora punta flotante	
23:00	146	144	128	40	458	3,83	de 07:30 a 08:30	692



Anexo II. Gráficas de resultados según modelo matemático

Grafica de tramo 10^a. Avenida Norte Acceso Norte del 03/12/2002. Se puede observar las dos distintas tendencias una roja que es la que resulta de los datos tabulados y la negra que es la que se obtiene al resolver la ecuación por el método de Gauss. Esto también se observa en las otras dos graficas expuestas.



Figura 33. Gráfica de tráfico en tramo 10^a avenida norte Acceso norte

Grafica de tramo 6a Avenida Norte Acceso Norte del 12/12/2002



Figura 34. Gráfica de tráfico en tramo 6^a avenida norte Acceso norte

Grafica de tramo Calle a Tonacatepeque Acceso Norte del 10/12/2002

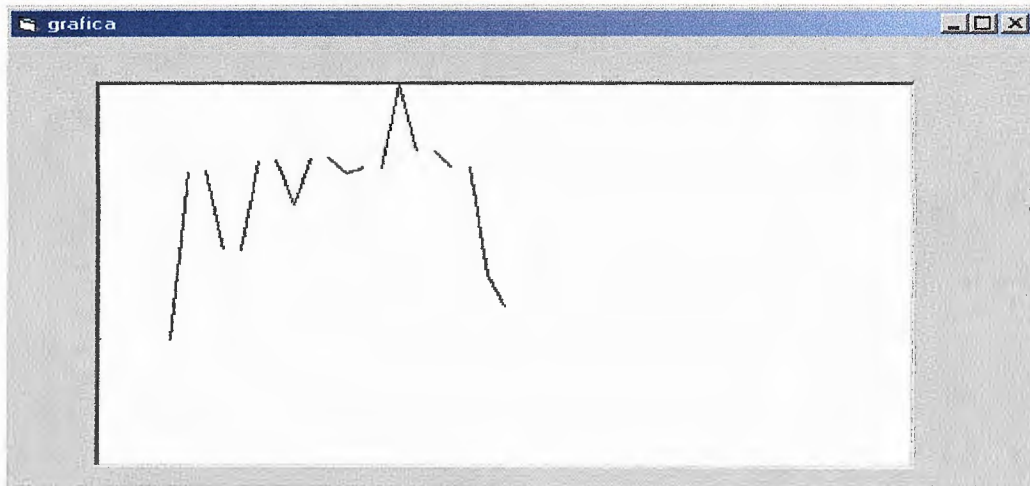


Figura 35. Gráfica de tráfico en tramo calle a Tonacatepeque Acceso norte

Anexo III. Solución de ecuaciones lineales por el Método de Gauss

1. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales

El objetivo de este apartado es examinar los aspectos numéricos que se presentan a resolver sistemas de ecuaciones lineales de la forma:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n = b_3 \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n = b_n \end{cases} \quad (1)$$

Se trata de un sistema de n ecuaciones con n incógnitas, x_1, x_2, \dots, x_n . Los elementos a_{ij} y b_i son números reales fijados.

El sistema de ecuaciones (1) se puede escribir, empleando una muy útil representación matricial, como:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

Entonces podemos denotar estas matrices por A , x y b de forma que la ecuación se reduce simplemente a:

$$Ax=b \quad (3)$$

Los métodos de resolución de sistemas de ecuaciones se pueden dividir en dos grandes grupos:

Los **Métodos exactos** o algoritmos finitos que permiten obtener la solución de sistema de manera directa.

Los **Métodos aproximados** que utilizan algoritmos iterativos e infinitos y que calculan la solución del sistema por aproximaciones sucesivas.

Al contrario de lo que pueda parecer, en muchas ocasiones los métodos aproximados permiten obtener un grado de exactitud superior al que se puede obtener empleando los denominados métodos exactos, debido fundamentalmente a los errores de truncamiento que se producen en el proceso.

De entre los métodos exactos analizaremos el método de Gauss y una modificación de éste denominado método de Gauss-Jordan. Entre los métodos aproximados nos centraremos en el estudio de los métodos de Richardson, Jacobi y Gauss-Seidel.

2. Operaciones elementales de renglón.

Se sabe que podemos transformar un sistema algebraico en un sistema equivalente es decir, un sistema que tiene la misma solución multiplicando una ecuación por una constante distinta de cero, intercambiando el orden de dos ecuaciones cualesquiera del sistema y sumando un múltiplo constante de una ecuación a otra de las ecuaciones. A su vez, estas operaciones sobre un sistema de ecuaciones son equivalentes a las **operaciones elementales de renglón** en una matriz aumentada:

Multiplicación de un renglón por una constante distinta de cero.

Intercambio de dos reglones cualesquiera.

Suma de un múltiplo constante, distinto de cero, de un renglón a cualquier otro renglón.

3. Métodos de eliminación.

Para resolver un sistema como el expuesto en este caso con una matriz aumentada se emplea la **eliminación de Gauss** o bien el **método de eliminación de Gauss Jordan**. Con el primero se efectúa una sucesión de operaciones elementales de renglón hasta llegar a una matriz aumentada que tenga la **forma de renglón escalón**:

El primer elemento distinto de cero en un renglón no-cero es 1.

En los renglones consecutivos distintos de cero, el primer elemento 1 en el renglón inferior aparece a la derecha del primer 1 en el renglón superior.

Los renglones formados únicamente por ceros están en la parte inferior de la matriz.

En el método de Gauss-Jordan, se continúa con las operaciones de renglón hasta obtener una matriz aumentada que este en la **forma reducida de renglón-escalón**.

Una matriz reducida de renglón-escalón tiene las mismas propiedades de arriba además de la siguiente:

Una columna que contiene un primer elemento 1 tiene ceros en todos sus demás lugares.

Ejemplo 1. Forma de renglón-escalón y reducida de renglón escalón.

Las matrices aumentadas

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 5 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad y \quad \left[\begin{array}{ccccc|c} 0 & 0 & 1 & -6 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 \end{array} \right]$$

Están en su forma renglón-escalón.

Las matrices aumentadas

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 7 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad \text{y} \quad \left[\begin{array}{ccccc|c} 0 & 0 & 1 & -6 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 \end{array} \right]$$

Están en su forma reducida de renglón-escalón. Obsérvese que los elementos restantes son cero en las columnas que tienen un 1 como primer elemento.

En la eliminación de Gauss nos detenemos una vez obtenida una matriz aumentada en su forma renglón-escalón. En otras palabras, al emplear operaciones de renglón en distintos ordenes podemos llegar a formas distintas de renglón-escalón; por consiguiente, para este método se requiere restituir. En la eliminación de Gauss-Jordan uno se detiene cuando ha llegado a la matriz aumentada en su forma reducida de renglón-escalón. Cualquier orden de operaciones de renglón conduce a la misma matriz aumentada en su forma reducida de renglón-escalón. Para este método no se necesita restitución; la solución del sistema se conocerá por inspección de la matriz final. En términos de las ecuaciones del sistema original, nuestra meta en ambos métodos es igualar a 1 el coeficiente de x_1 en la primera ecuación multiplicar para luego emplear múltiplos de esa ecuación y eliminar a x_1 de las demás. El proceso se repite con las demás variables.

3.1 Eliminación gaussiana básica

Ilustraremos el método de Gauss aplicando el procedimiento a un sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas:

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 12 & -8 & 6 & 10 \\ 3 & -13 & 9 & 3 \\ -6 & 4 & 1 & -18 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 34 \\ 27 \\ -38 \end{pmatrix} \quad (4)$$

En el primer paso, multiplicamos la primera ecuación por $\frac{12}{6} = 2$ y la restamos a la segunda, después multiplicamos la primera ecuación por $\frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ y la restamos a la tercera y finalmente multiplicamos la primera ecuación por $\frac{-6}{6} = -1$ y la restamos a la cuarta. Los números 2, $\frac{1}{2}$ y -1 son los **multiplicadores** del primer paso del proceso de eliminación. El número 6 es el **elemento pivote** de este primer paso y la primera fila, que no sufre modificación alguna, se denomina **fila pivote**. El sistema en estos momentos tiene el siguiente aspecto:

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 0 & -4 & 2 & 2 \\ 0 & -12 & 8 & 1 \\ 0 & 2 & 3 & -14 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 10 \\ 21 \\ -26 \end{pmatrix} \quad (5)$$

En el siguiente paso del proceso, la segunda fila se emplea como **fila pivote** y -4 como **elemento pivote**. Aplicamos del nuevo el proceso: multiplicamos la segunda

fila por $\frac{-12}{-4} = 3$ y la restamos de la tercera y después multiplicamos la segunda fila por $\frac{2}{-4} = -\frac{1}{2}$ y la restamos a la cuarta. Los multiplicadores son en esta ocasión 3 y $-\frac{1}{2}$ y el sistema de ecuaciones se reduce a:

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 0 & -4 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -5 \\ 0 & 0 & 4 & -13 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 10 \\ -9 \\ -21 \end{pmatrix} \quad (6)$$

El último paso consiste en multiplicar la tercera ecuación por $\frac{4}{2} = 2$ y restarla a la cuarta. El sistema resultante resulta ser:

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 0 & -4 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -5 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 10 \\ -9 \\ -3 \end{pmatrix} \quad (7)$$

El sistema resultante es triangular superior y equivalente al sistema original (las soluciones de ambos sistemas coinciden). Sin embargo, este sistema es fácilmente resoluble aplicando el algoritmo de **sustitución regresiva**. La solución del sistema de ecuaciones resulta ser:

$$x = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Si colocamos los multiplicadores utilizados al transformar el sistema en una matriz triangular inferior unitaria (L) ocupando cada uno de ellos la posición del cero que contribuyó a producir, obtenemos la siguiente matriz:

$$L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 3 & 1 & 0 \\ -1 & -\frac{1}{2} & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Por otra parte, la matriz triangular superior (U) formada por los coeficientes resultantes tras aplicar el algoritmo de Gauss (ecuación 7), es:

$$L = \begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 0 & -4 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -5 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

Estas dos matrices nos dan la factorización LU de la matriz inicial de coeficientes, A expresada por la ecuación (4):

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 12 & -8 & 6 & 10 \\ 3 & -13 & 9 & 3 \\ -6 & 4 & 1 & -18 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 3 & 1 & 0 \\ -1 & -\frac{1}{2} & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 6 & -2 & 2 & 4 \\ 0 & -4 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -5 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

Anexo IV. Presupuesto.

Descripción	Precio(US\$)
PC Intel Pentium Iv	802.30
Licencia de Visual Basic 6.0 Professional	557.09
Licencia de Windows 2000 Professional	123.16
Licencia de SQL Server con 5 clientes y una de servidor	1,680.87
Conexión a Internet	120.00
Alquiler de equipo	300.00
Otros(transporte, papelería)	250.00
Imprevistos	70.00
Total	\$3,903.42



SIMULADOR DE TRÁFICO VEHICULAR

Manual del programador



Índice

1. Introducción.....	i
2. Definición de la Base de datos.....	2
3. Formularios.....	7
4. Módulos.....	10
5. Descripción de Entidades.....	12
6. Procedimientos y Funciones.....	19

INTRODUCCIÓN

El manual del programador tiene como objetivo brindar información referente a desarrollo de la aplicación definida como **“Modulo de Simulación de Tráfico Vehicular para la Ciudad de Soyapango”** conocido también como SimTrafficEngine.

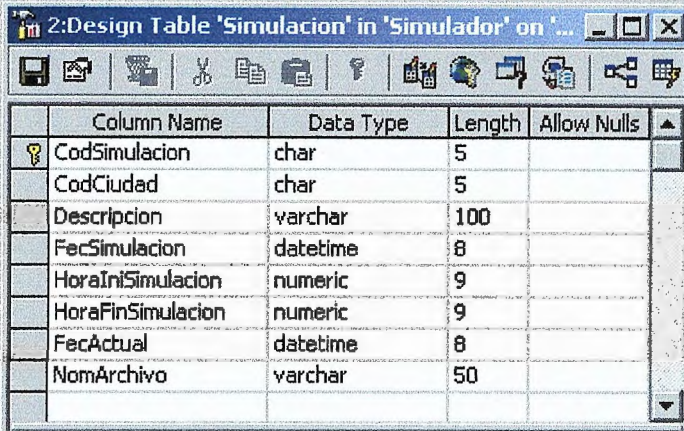
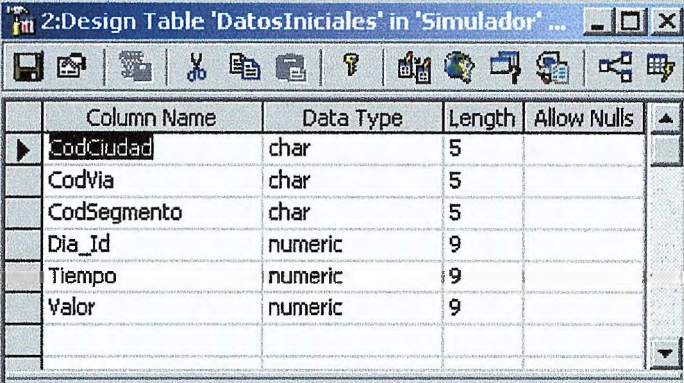
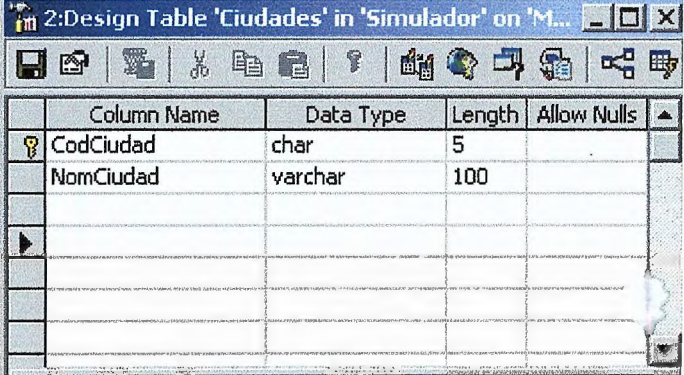
Al analizar la creación de tipo de datos y código utilizado para la generación de mismo, se hace de suma importancia para un programador conocer y tener claramente identificados los procesos, funciones, entidades y objetos que están en la aplicación ya sea para hacer futuras expansiones o al momento de correrlo.

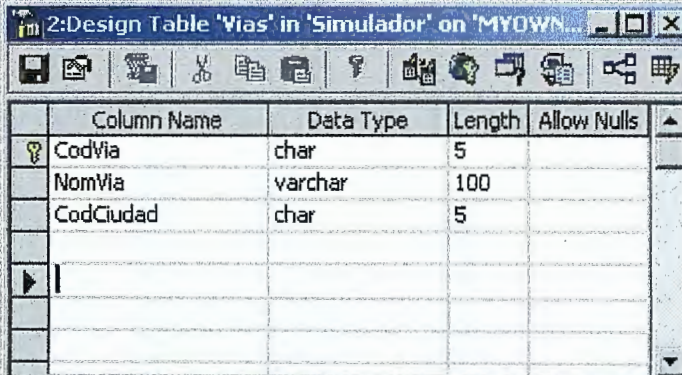
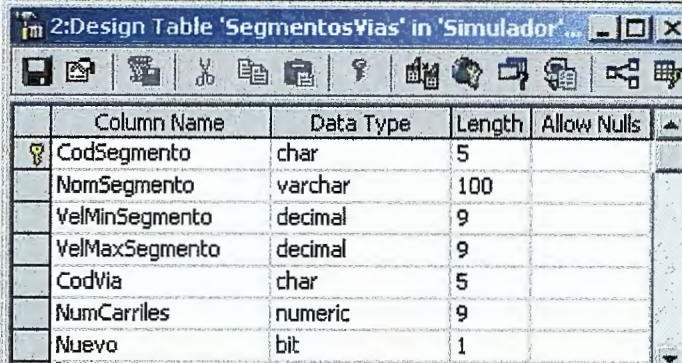
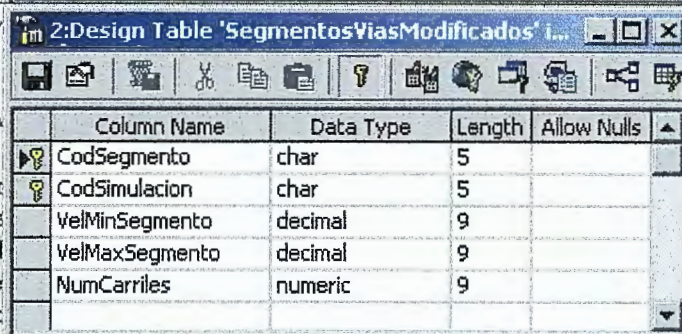
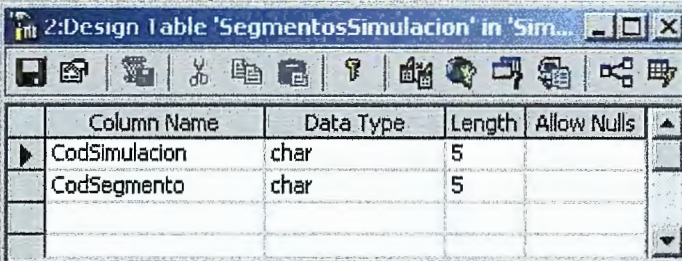
Es por ello que se inicia con el diseño de las tablas utilizadas, y partiendo de estas se formula la creación de los formularios con el código de funciones, entidades, y otros.

DEFINICIÓN DE BASE DE DATOS

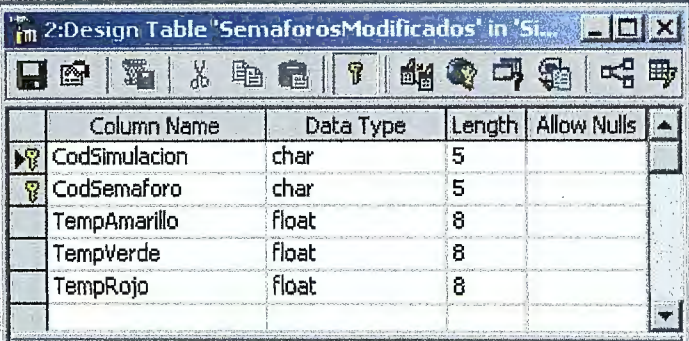

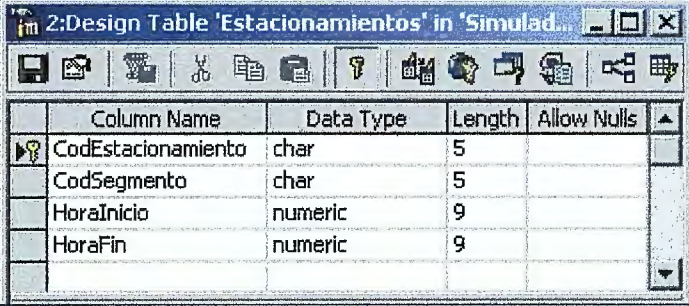
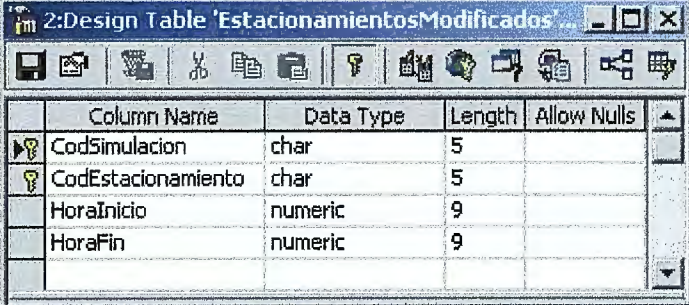
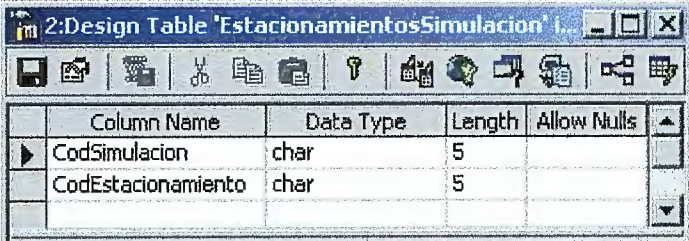
Tecnología Usada:	Microsoft SQL Server 6.0
Nombre de Base de Datos:	Simulador.mdf

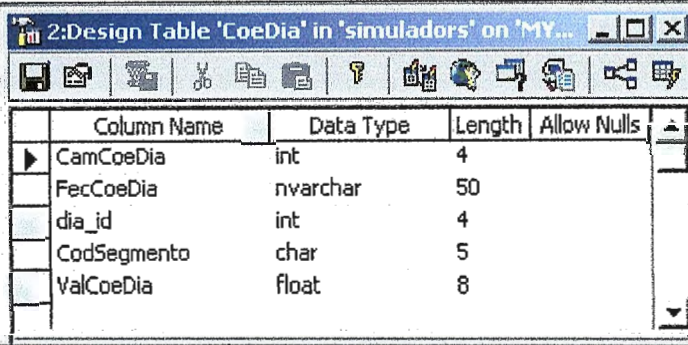
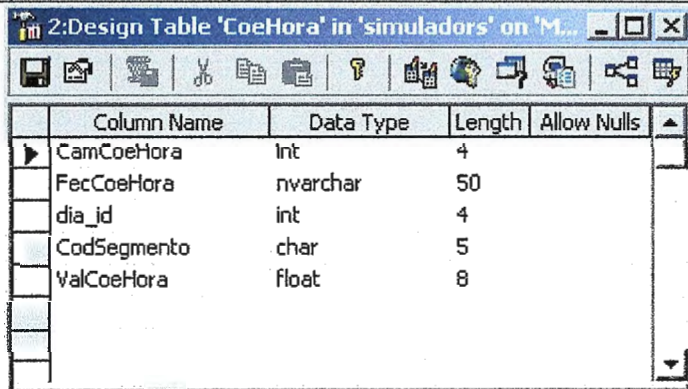
Diseño de tablas:

Nombre de Tabla	Diseño de la Tabla																																				
dbo.Simulacion	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Descripcion</td> <td>varchar</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FecSimulacion</td> <td>datetime</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraIniSimulacion</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraFinSimulacion</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FecActual</td> <td>datetime</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NomArchivo</td> <td>varchar</td> <td>50</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodCiudad	char	5		Descripcion	varchar	100		FecSimulacion	datetime	8		HoraIniSimulacion	numeric	9		HoraFinSimulacion	numeric	9		FecActual	datetime	8		NomArchivo	varchar	50	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																																		
CodSimulacion	char	5																																			
CodCiudad	char	5																																			
Descripcion	varchar	100																																			
FecSimulacion	datetime	8																																			
HoraIniSimulacion	numeric	9																																			
HoraFinSimulacion	numeric	9																																			
FecActual	datetime	8																																			
NomArchivo	varchar	50																																			
dbo.DatosIniciales	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodVia</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dia_Id</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodCiudad	char	5		CodVia	char	5		CodSegmento	char	5		Dia_Id	numeric	9		Tiempo	numeric	9		Valor	numeric	9									
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																																		
CodCiudad	char	5																																			
CodVia	char	5																																			
CodSegmento	char	5																																			
Dia_Id	numeric	9																																			
Tiempo	numeric	9																																			
Valor	numeric	9																																			
dbo.Ciudades	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NomCiudad</td> <td>varchar</td> <td>100</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodCiudad	char	5		NomCiudad	varchar	100																									
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																																		
CodCiudad	char	5																																			
NomCiudad	varchar	100																																			

dbo.Vias	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodVia</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NomVia</td> <td>varchar</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodVia	char	5		NomVia	varchar	100		CodCiudad	char	5																	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodVia	char	5																															
NomVia	varchar	100																															
CodCiudad	char	5																															
dbo.SegmentosVias	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NomSegmento</td> <td>varchar</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VelMinSegmento</td> <td>decimal</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VelMaxSegmento</td> <td>decimal</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodVia</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NumCarriles</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nuevo</td> <td>bit</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSegmento	char	5		NomSegmento	varchar	100		VelMinSegmento	decimal	9		VelMaxSegmento	decimal	9		CodVia	char	5		NumCarriles	numeric	9		Nuevo	bit	1	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSegmento	char	5																															
NomSegmento	varchar	100																															
VelMinSegmento	decimal	9																															
VelMaxSegmento	decimal	9																															
CodVia	char	5																															
NumCarriles	numeric	9																															
Nuevo	bit	1																															
dbo.SegmentosViasModificados	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VelMinSegmento</td> <td>decimal</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VelMaxSegmento</td> <td>decimal</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NumCarriles</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSegmento	char	5		CodSimulacion	char	5		VelMinSegmento	decimal	9		VelMaxSegmento	decimal	9		NumCarriles	numeric	9									
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSegmento	char	5																															
CodSimulacion	char	5																															
VelMinSegmento	decimal	9																															
VelMaxSegmento	decimal	9																															
NumCarriles	numeric	9																															
dbo.SegmentosSimulacion	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodSegmento	char	5																					
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSimulacion	char	5																															
CodSegmento	char	5																															

dbo.Traficos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodVia</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dia</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hora</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Trafico</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodCiudad	char	5		CodSegmento	char	5		CodVia	char	5		Dia	numeric	9		Hora	float	8		Trafico	float	8					
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodCiudad	char	5																															
CodSegmento	char	5																															
CodVia	char	5																															
Dia	numeric	9																															
Hora	float	8																															
Trafico	float	8																															
dbo.TraficosSimulacion	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodCiudad</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodVia</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dia</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hora</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Trafico</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodCiudad	char	5		CodSegmento	char	5		CodVia	char	5		Dia	numeric	9		Hora	float	8		Trafico	float	8	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSimulacion	char	5																															
CodCiudad	char	5																															
CodSegmento	char	5																															
CodVia	char	5																															
Dia	numeric	9																															
Hora	float	8																															
Trafico	float	8																															
dbo.Altos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodAlto</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Descripcion</td> <td>varchar</td> <td>20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodAlto	char	5		CodSegmento	char	5		Descripcion	varchar	20																	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodAlto	char	5																															
CodSegmento	char	5																															
Descripcion	varchar	20																															
dbo.AltosSimulacion	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodAlto</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodAlto	char	5																					
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSimulacion	char	5																															
CodAlto	char	5																															
dbo.Semaforos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSemaforo</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempAmarillo</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempVerde</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempRojo</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSemaforo	char	5		CodSegmento	char	5		TempAmarillo	float	8		TempVerde	float	8		TempRojo	float	8									
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																														
CodSemaforo	char	5																															
CodSegmento	char	5																															
TempAmarillo	float	8																															
TempVerde	float	8																															
TempRojo	float	8																															

dbo.SemaforosModificados	 <p>2:Design Table 'SemaforosModificados' in 'Si...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSemaforo</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempAmarillo</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempVerde</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TempRojo</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodSemaforo	char	5		TempAmarillo	float	8		TempVerde	float	8		TempRojo	float	8	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CodSimulacion	char	5																							
CodSemaforo	char	5																							
TempAmarillo	float	8																							
TempVerde	float	8																							
TempRojo	float	8																							
dbo.SemaforosSimulacion	 <p>2:Design Table 'SemaforosSimulacion' in 'Sim...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSemaforo</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodSemaforo	char	5													
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CodSimulacion	char	5																							
CodSemaforo	char	5																							
dbo.Estacionamientos	 <p>2:Design Table 'Estacionamientos' in 'Simulad...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodEstacionamiento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraInicio</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraFin</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodEstacionamiento	char	5		CodSegmento	char	5		HoraInicio	numeric	9		HoraFin	numeric	9					
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CodEstacionamiento	char	5																							
CodSegmento	char	5																							
HoraInicio	numeric	9																							
HoraFin	numeric	9																							
dbo.EstacionamientosModificados	 <p>2:Design Table 'EstacionamientosModificados' in 'Simulad...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodEstacionamiento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraInicio</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HoraFin</td> <td>numeric</td> <td>9</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodEstacionamiento	char	5		HoraInicio	numeric	9		HoraFin	numeric	9					
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CodSimulacion	char	5																							
CodEstacionamiento	char	5																							
HoraInicio	numeric	9																							
HoraFin	numeric	9																							
dbo.EstacionamientosSimulacion	 <p>2:Design Table 'EstacionamientosSimulacion' in 'Simulad...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CodSimulacion</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodEstacionamiento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CodSimulacion	char	5		CodEstacionamiento	char	5													
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CodSimulacion	char	5																							
CodEstacionamiento	char	5																							

<p>dbo.CoeDia</p>	 <p>2:Design Table 'CoeDia' in 'simuladors' on 'MY...'</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CamCoeDia</td> <td>int</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FecCoeDia</td> <td>nvarchar</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>dia_id</td> <td>int</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ValCoeDia</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CamCoeDia	int	4		FecCoeDia	nvarchar	50		dia_id	int	4		CodSegmento	char	5		ValCoeDia	float	8	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CamCoeDia	int	4																							
FecCoeDia	nvarchar	50																							
dia_id	int	4																							
CodSegmento	char	5																							
ValCoeDia	float	8																							
<p>dbo.CoeHora</p>	 <p>2:Design Table 'CoeHora' in 'simuladors' on 'M...'</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Column Name</th> <th>Data Type</th> <th>Length</th> <th>Allow Nulls</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CamCoeHora</td> <td>int</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FecCoeHora</td> <td>nvarchar</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>dia_id</td> <td>int</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CodSegmento</td> <td>char</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ValCoeHora</td> <td>float</td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls	CamCoeHora	int	4		FecCoeHora	nvarchar	50		dia_id	int	4		CodSegmento	char	5		ValCoeHora	float	8	
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls																						
CamCoeHora	int	4																							
FecCoeHora	nvarchar	50																							
dia_id	int	4																							
CodSegmento	char	5																							
ValCoeHora	float	8																							

FORMULARIOS

A continuación se detallan los nombres y descripciones de cada uno de los formularios que comprende la aplicación.

Lenguaje de Programación:	Microsoft Visual Basic 6.0
Nombre de proyecto:	SimTrafficEngine.vbp

NOMBRE:	FRMABRIRSIMULACION
Archivo:	frmAbrirSimulacion.frm
Descripción:	Contiene todos los archivos ya almacenados previamente de un proyecto y sus archivos relacionados con este.

NOMBRE:	FRMACERCA
Archivo:	frmAcerca.frm
Descripción:	Muestra el acerca de la aplicación.

NOMBRE:	FRMALTOS
Archivo:	frmAltos.frm
Descripción:	Contiene el mantenimiento de los altos que estarán asociados a un segmento.

NOMBRE:	FRMCIUDADES
Archivo:	frmciudades.frm
Descripción:	Formulario de mantenimiento de las ciudades que están almacenadas o serán creadas en la base de datos.

NOMBRE:	FRMCOMPROBARDATOS
Archivo:	frmcomprobardatos.frm
Descripción:	Formulario el cual muestra al usuario los datos iniciales ingresados para poder comprobar su correcto ingreso.

NOMBRE:	FRMDATOSINICIO
Archivo:	frmDatosInicio.frm
Descripción:	Permite el ingreso de datos iniciales que afectan el comportamiento de la simulación, estos factores son: la ciudad, el día, hora a simular, las 12 muestras en un día, y el segmento a simular

NOMBRE:	FRMDEFINIRCIUDAD
Archivo:	frmDefinirCiudad.frm
Descripción:	Permite el ingreso de la ciudad elegida para simular los escenarios deseados.

NOMBRE:	FRMESTACIONAMIENTOS
Archivo:	frmEstacionamientos.frm
Descripción:	Mantenimiento de los estacionamientos en la base, permite agregar y buscar conforme a un segmento en específico.

NOMBRE:	FRMMANTOPC
Archivo:	frmmantopc.frm
Descripción:	Formulario que contiene las posibles opciones de mantenimiento ya sean estas modificar y eliminar segmentos, vías, ciudades, altos, semáforos, y estacionamientos.

NOMBRE:	FRMMENUS
Archivo:	frmMenus.frm
Descripción:	Este es el formulario que se presenta al momento de entrar a la opción zoom y dar clic derecho sobre el, dando así las 3 posibles escalas de acercamiento de la pantalla en si.

NOMBRE:	FRMOPCIONES
Archivo:	frmOpciones.frm
Descripción:	Contiene las posibles acciones ya sea de configurar, eliminar o cancelar al momento de dar clic a un objeto sean considerados los objetos como: segmento, semáforo, punto de inicio y línea alternativa.

NOMBRE:	FRMPRESENTACION
Archivo:	frmpresentacion.frm
Descripción:	Contiene la pantalla inicial del sistema el cual muestra el logo de la aplicación.

NOMBRE:	FRMPRINCIPAL
Archivo:	frmPrincipal.frm
Descripción:	Este formulario contiene la interfaz local de la aplicación. Y esta se encuentra dividida en las siguientes partes que son: barra de menú, barra de herramienta, área de

	trabajo, área de configuración, área de información, área de proceso y área de indicadores.
--	---

NOMBRE:	FRMPROPIEDADESSEMAFORO
Archivo:	frmPropiedadesSemaforo.frm
Descripción:	Permite configurar un semáforo antes de generar el escenario de la simulación. Esto comprende elegir a que vía y segmento pertenece dicho objeto.

NOMBRE:	FRMPROPIEDADESSIMULACION
Archivo:	frmPropiedadesSimulacion.frm
Descripción:	Muestra las propiedades de una simulación es decir al momento de almacenar esta. Contiene propiedades como el proyecto con el que se enlazara, la descripción, código de simulación, código ciudad, y horas.

NOMBRE:	FRMTRAMOSVIAS
Archivo:	frmTramosVias.frm
Descripción:	Mantenimiento de los segmentos en la base, permite agregar y buscar conforme a una ciudad en específico.

NOMBRE:	FRMVIAS
Archivo:	frmVias.frm
Descripción:	Mantenimiento de las vías almacenadas o que están por ser almacenadas en la base de datos del simulador.

NOMBRE:	FRMZOOM
Archivo:	frmzoom.frm
Descripción:	Este formulario permite obtener un zoom al momento de simular un escenario en específico, esto se maneja básicamente con las posiciones del mouse al igual que hace uso de un modulo.

MODULOS

La aplicación hace uso de dos módulos ambos contienen todas las declaraciones de variables utilizadas para cada uno de sus usos.

Nombre de Modulo:	modeFunciones.bas
-------------------	-------------------

Este modulo contiene las variables publicas utilizadas por la aplicación declaraciones de constantes ocupadas por las funciones opendialog y savedialog.

De igual forma contiene algunas subrutinas y funciones utilizadas como lo son:

- Public Sub GuardarProyecto(a As String, Ruta As String)

Tiene como objetivo almacenar todos los objetos que influyen en una simulación (segmentos, segmentos alternos, puntos de inicio de tráfico semáforos, altos y estacionamientos) todos estos en la ruta específica de archivo a guardar.

- Public Sub AbrirProyecto(a As String)

Tiene como objetivo el de cargar todos los objetos almacenados en un proyecto.

- Public Sub DesObjetos()

Es la subrutina que se encarga de descargar todos los objetos de un proyecto.

- Public Function activarsemaforos(ByVal semaforo As Integer, amarillo As Integer, verde As Integer, rojo As Integer)

Esta función tiene como objetivo activar los semáforos ya creados en un proyecto.

Nombre de proyecto:	modeZoom.bas
---------------------	--------------


Contiene todas las declaraciones de aquellas variables necesarias a la hora de utilizar la opción zoom de la aplicación.

ENTIDADES

El sistema cuenta con un conjunto de entidades las cuales pueden ser configurables por parte del usuario al momento de hacer una simulación.

Además la aplicación hace uso de controles de usuario ya que mediante este tipo de diseño de objetos se puede crear ciertas propiedades y características para la simulación, y al mismo tiempo se obtiene más realismo al momento de simular por la factibilidad que estos dan. Al igual que por la poca memoria que pudiesen consumir dentro de la simulación, ya que el uso de esta debe de ser optima para un buen funcionamiento del sistema.

A continuación se especifican las entidades creadas:

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Control de usuario	segmentodevia

Tiene por objetivo el dibujar las líneas que sirven de guía a la entidad automóviles en el movimiento durante la simulación, siendo estas líneas las que simularan las calles por las cuales se trasladaran los mismos.

Esta entidad es un control de usuario creado y llamado "segmentodevia" compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Line.

PROPIEDADES:

Nombre: Propiedad que contendrá el nombre del segmento de vía que se le puede asignar para así identificarlo dentro de la matriz de segmentos de vía que existirán dentro de la simulación.

CodigoSegmento: Propiedad que contendrá el código de segmento que se le asocia al momento de configurar el segmento, esto para efecto de identificación.

SX1: Contiene la coordenada X del punto inicial del segmento de vía esta coordenada se obtiene directamente cuando se selecciona el objeto *segmentodevia* y se da clic derecho sobre el área de trabajo de simulador.

SX2: Contiene la coordenada X del punto final del segmento de vía y se obtiene al hacer clic sobre el área de trabajo del simulador, siempre y cuando ya se haya marcado el punto inicial del segmento que se está dibujando.

SY1: Actúa de igual forma que *SX1* con la diferencia que la coordenada que en esta propiedad se almacena es la coordenada Y del punto inicial.


SY2: Similar a la propiedad *SX2*, pero esta almacena la coordenada Y de punto Final del Segmento de Vía.

EVENTOS:

Dbliclic: El cual sirve para configurar o eliminar.

Es de hacer mención que al momento de diseñar los distintos tramos de calles con los segmentos de vía, se va creando una matriz de objetos *SegmentodeVia* creándolos de una forma dinámica a la hora de ejecución del sistema, agregándole un sub índice el cual identificara a cada uno dentro de la simulación.

ICONO	TIPO	NOMBRE
-------	------	--------

	Control de usuario	semaforo
---	--------------------	----------

Objeto de usuario creado para simular un semáforo sencillo de tres luces, las cuales pueden ser configuradas para establecer los tiempos de espera de cada uno de los colores.

Esta entidad es un objeto de usuario creado con objetos nativos de Visual Basic como lo son:

Shape: Objeto en forma de círculo que mostrara los colores del semáforo, son tres los cuales se permutan para ir dando los colores correspondientes al semáforo.

Timer: Este Objeto es el encargado de especificar los tiempos de espera para cada color del semáforo y haciendo que se permute la aparición de cada uno de los Shape's.

PictureBox: Objeto que sirve de base para colocar los demás objetos del control de usuario como lo son los Shape's y el timer.

PROPIEDADES:

Amarillo: En esta propiedad se almacena el tiempo en segundos que el semáforo colocara la luz verde.


Verde: Al igual que la propiedad Amarillo esta almacena la cantidad en segundos que permanecerá la luz verde del semáforo.

Rojo: Contiene el tiempo que permanecerá el color rojo del semáforo.

EVENTOS:

Dblclic: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.

MouseDown: Estos eventos contienen código el cual interacciona con cada uno de ellos para poder lograr el movimiento de los objetos.
MouseUp
MouseMove semáforos colocados dentro del área de trabajo dando una sensación de arrastre de los mismos.

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Control de usuario	Segmentoalternativo

Objeto de usuario el cual tiene por objetivo el simular la creación de nuevos segmentos de acceso o transito en la ciudad en la cual se llevara acabo la simulación.

Al igual que el objeto segmento, este esta diseñado con un objeto nativo de Visua Basic como lo es el objeto Line, cambiando del anterior en el color.

PROPIEDADES:

Nombre: Propiedad que contendrá el nombre del segmento de vía alterno que se le pudiese asignar para así poder identificarlo dentro de la matriz de segmentos de vía alternativos que existirán dentro de la simulación.

CodigoSegNuevo: Propiedad que contendrá el código de segmento que se le asociará al momento de configurar el segmento, esto para efecto de identificación.

Sx1: Se almacena la posición X del inicio del segmento.


Sx2: Posición X del fin del segmento alternativo.

Sy1: Posición Y del inicio del segmento alternativo.


Sy2: Posición Y del punto final del segmento alternativo.

EVENTO:

Dblclic: El cual sirve para configurar o eliminar.

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Shape	automotores

Objeto nativo de Visual Basic en forma de rectángulo que se utiliza para la simulación de automotores dentro de la simulación, teniendo el cambio de color, el cual simula el tipo de automotor al que representa dentro de la simulación.

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Line	estacionamientos


Esta entidad es un control de usuario creado y llamado estacionamiento compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Line. Tiene por objetivo dibujar los estacionamientos durante la simulación.

PROPIEDAD:

CodigoEst: Propiedad que contendrá el código de estacionamiento que se le asocia al momento de configurarlo con un segmento, esto para efecto de identificación.

EVENTO:

Dblclic: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Shape	altos


Esta entidad es un control de usuario creado y llamado altos compuesto de un objeto nativo de Visual Basic como lo es el objeto Shape. Tiene por objetivo dibujar los altos durante la simulación

PROPIEDAD:

CodigoAlt: Propiedad que contendrá el código de alto que se le asocia al momento de configurarlo con un segmento, esto para efecto de identificación.

EVENTO:

Dblclic: Evento en donde se encuentra el código para llamar una ventana de opciones de objetos dentro de la simulación, en donde se puede configurar o eliminar el objeto colocado con anterioridad.

ICONO	TIPO	NOMBRE
	Image	Punto de inicio

Objeto Image de Visual el cual sirve dentro de la simulación para capturar las coordenadas X y Y de los puntos de generación de tráfico.

Este objeto es colocado al inicio de un segmento para que a partir de el se genere e tráfico.

FUNCIONES Y PROCEDIMIENTOS

Para la generación de la simulación gráfica y el procesamiento de los datos con los que dicha simulación trabaja, se hace necesario la creación de funciones y subrutinas las cuales interactúan entre si para un mejor y mas optimo resultado.

Dichas funciones están alojadas dentro de objetos, las cuales describiremos a continuación:

Timer1: En este objeto se encuentra el código necesario para la generación de movimiento de los objetos automotores, el control de proximidad de automóviles con los semáforos y control de objetos descargados de la simulación.

Timer2: Es el encargado de cargar los objetos automotores dentro de la simulación teniendo en cuenta que estos son colocados en el inicio de un segmento en el cual se coloque un objeto "punto inicial".

Timer3: Objeto en el cual se generan los tiempos de simulación y el tiempo Real.

El primero de ellos es el afectado por un factor de escala y es el que permitirá que en menos de 30 minutos se pueda simular un día entero.

El tiempo real es el tiempo normal y es extraído del reloj de la maquina en que se corra.

Timer4: Este evalúa constantemente el objeto automotor de menor índice dentro de la matriz de objetos automotores para que a partir de este se empiece a mover los demás objetos automotores.



SIMULADOR DE TRÁFICO VEHICULAR

Manual de Usuario



INDICE.

Introducción	i
1 Instalación del sistema	1
1.1 Requerimientos mínimos de Hardware y software	1
1.2 Instalación de Base de Datos	1
1.3 Instalación de la aplicación	2
2 Interfaz de SimTrafficEngine	6
2.1 Barra de Menú	7
2.2 Barra de Herramientas	17
2.3 Área de Trabajo	18
2.4 Área de Información	18
2.5 Área de Configuración	19
2.6 Área de Indicadores de Tiempo	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ventana Query Analyzer (Ejecutar Script)	1
Figura 2. Ventana Query Analyzer (Verificar creación de base)	2
Figura 3. Ventana Instalación (Confirmación de instalación)	3
Figura 4. Ventana de Instalación (Cambio de directorio)	3
Figura 5. Ventana Instalación (Ubicación de acceso)	4
Figura 6. Ventana Instalación (Progreso de instalación)	4
Figura 7. Ventana Instalación (Finalización de instalación)	5
Figura 8. Accesando SimTrafficEngine	5
Figura 9. Pantalla de Inicio	6
Figura 10. Pantalla de definir ciudad de trabajo	6
Figura 11. Pantalla Principal	7
Figura 12. Barra de Menú	7
Figura 13. Menú Archivo	8
Figura 14. Ventana para guardar proyecto	9
Figura 15. Menú Ver	9
Figura 16. Ventana de Zoom	10
Figura 17. Menú Proyecto	10
Figura 18. Formulario de Mantenimiento de Ciudades	11
Figura 19. Formulario de Mantenimiento de Vías	12
Figura 20. Formulario de Mantenimiento de Segmentos de Vía	12
Figura 21. Formulario de Mantenimiento de Estacionamientos	13
Figura 22. Formulario de Mantenimiento de Altos	13
Figura 23. Formulario de Introducción de Datos de Tráficos	14
Figura 24. Formulario de Archivos almacenados previos	15
Figura 25. Menú Ejecutar	16
Figura 26. Menú Reportes	16
Figura 27. Barra de Herramientas	17
Figura 28. Área de Trabajo	18

Figura 29. Área de Información	18
Figura 30. Área de Configuraciones	19
Figura 31. Área de Indicadores de tiempo	19

INTRODUCCION.

SimTrafficEngine es un sistema diseñado para la simulación de tráfico vehicular ya sea el de una ciudad o de un tramo en específico dentro de ella, teniendo en cuenta que al sistema se puede cargar cualquier Mapa en formatos GIF, Mapa de Bits JPEG el cual facilita la configuración de los tramos, ya que este sirve como una plantilla a la hora de dibujar los segmentos.

Cuenta con un conjunto de parámetros los cuales pueden ser configurados por el usuario como lo son el de tener la posibilidad de configurar semáforos y sus tiempos de espera para cada uno de los colores, altos, estacionamientos, y el diseño de vías por medio de una interfaz completamente gráfica, en donde se cuenta con barras de herramientas las cuales facilitan el uso del mismo.

El sistema cuenta con un enlace a una base de datos SQL Server la cual almacena datos calculados de la simulación y datos de entrada que el usuario debe de ingresar antes de empezar el proceso de simulación en forma gráfica.

SimTrafficEngine también posee una interfaz Web, la cual ofrece la oportunidad de poder consultar datos de la simulación de una ciudad en específico, además de poder brindar la información acerca de parámetros que fueron configurados a la hora de realizar la simulación, tales como la semaforización, señalización y la estructura vial, e información de la simulación como la del tráfico vehicular ya sea de una hora en específico o de un día entero.

1. Instalación del sistema

1.1 Requerimientos mínimos de Hardware y Software para SimTrafficEngine.

Sistema Operativo	Windows 98,ME,2000,XP
Procesador	Pentium III 450 Mhz.
RAM	128 MB
Video	8MB
Disco Duro	4GB

1.2 Instalación de Base de Datos.

- Iniciar SQL SERVICE MANAGER.
- Abrir Query Analyzer de SQL Server.
- Abrir el Script SimTrafficEngine_Script el cual se encuentra dentro de la carpeta Data_script que esta en el CD de Instalación del sistema.
- Correr el Script.

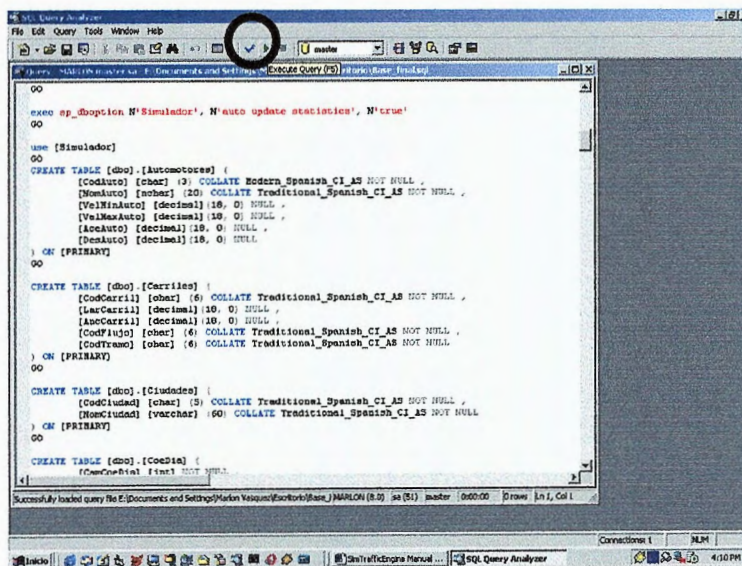


Figura 1. Ventana Query Analyzer (Ejecutar Scrip)

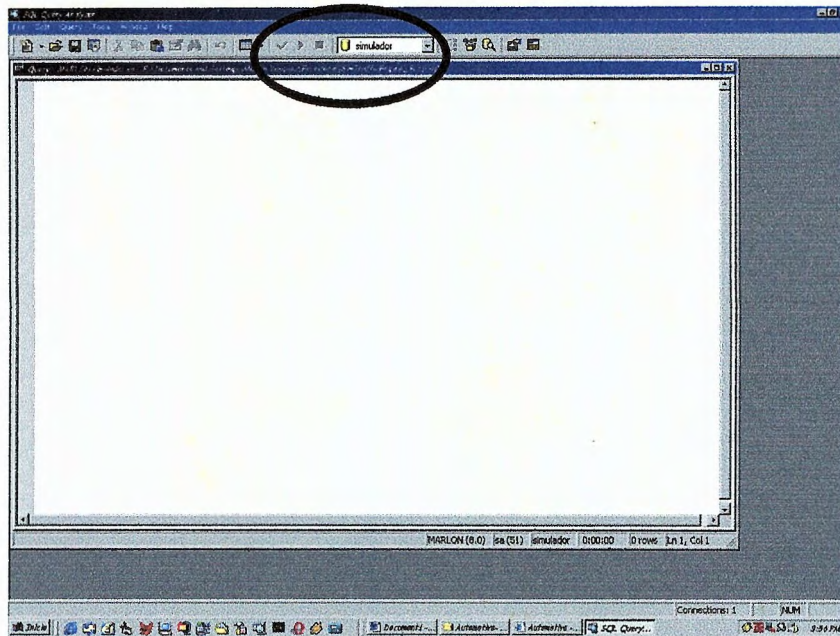


Figura 2. Ventana Query Analyzer (Verificar creación de base)

Al correr el Script, se debe de verificar que la base de datos se ha creado con éxito, esto se verifica viendo en la parte de arriba de la ventana de Query Analyzer en donde aparecen la lista de bases de datos que contiene el servidor el nombre de una base de datos simulador.

1.3 Instalación de la Aplicación.

- Abrir el CD de Instalación y buscar dentro del archivo Setup con el icono mostrado.



- Aparecerá la siguiente ventana en donde se informa que el sistema SimTrafficEngine será instalado en la computadora, y algunas recomendaciones para su instalación.



Figura 3. Ventana Instalación (Confirmación de instalación)

- La siguiente pantalla le permitirá poder cambiar el directorio de destino en donde se quiere que se instalen los archivos del sistema



Figura 4. Ventana Instalación (Cambio de directorio)

- Como siguiente paso, el instalador creara el acceso del sistema en e menú inicio dentro de un grupo, que se tendrá que seleccionar de una lista mostrada.



Figura 5. Ventana Instalación (Ubicación de acceso)

- A partir de ese momento se comenzara a instalar SimTrafficEngine en la computadora, mostrando una barra de progreso el cual indica el porcentaje de instalación de este.



Figura 6. Ventana Instalación (Progreso de instalación)

- Al terminar la instalación de SimTrafficEngine, mostrara una ventana la cual le informara del proceso concluido.



Figura 7. Ventana Instalación (Finalización de instalación)

- Al terminar el proceso de instalación de SimTrafficEngine, se habrá creado automáticamente en el menú Inicio el acceso a el.



Figura 8. Accesando a SimTrafficEngine

2. Interfaz de SimTrafficEngine.

Al iniciar el sistema, este mostrara la ventana de presentación de SimTrafficEngine, en donde se encuentra el logo del sistema.

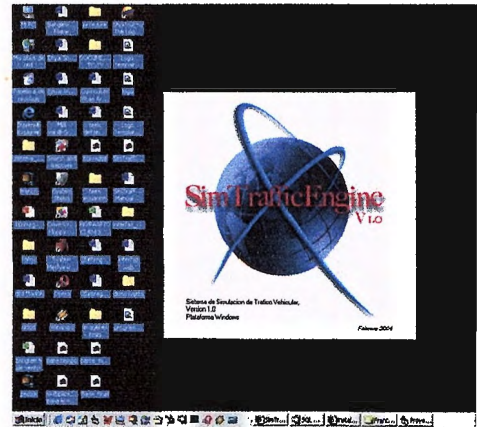


Figura 9. Pantalla de Inicio

Después muestra el formulario para elegir en que ciudad se desea generar los escenarios a simular.

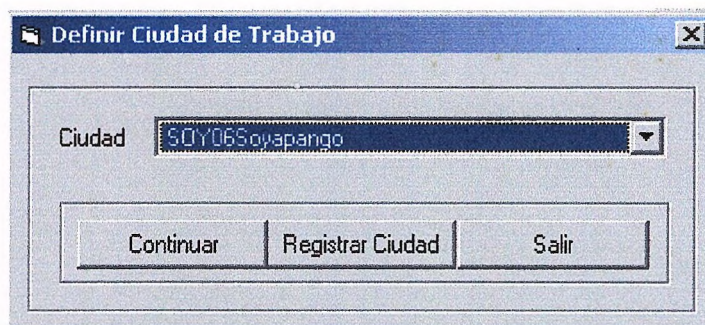


Figura 10. Pantalla de definir ciudad de trabajo

A continuación se cargara la ventana principal del sistema la cual contiene los siguientes elementos.

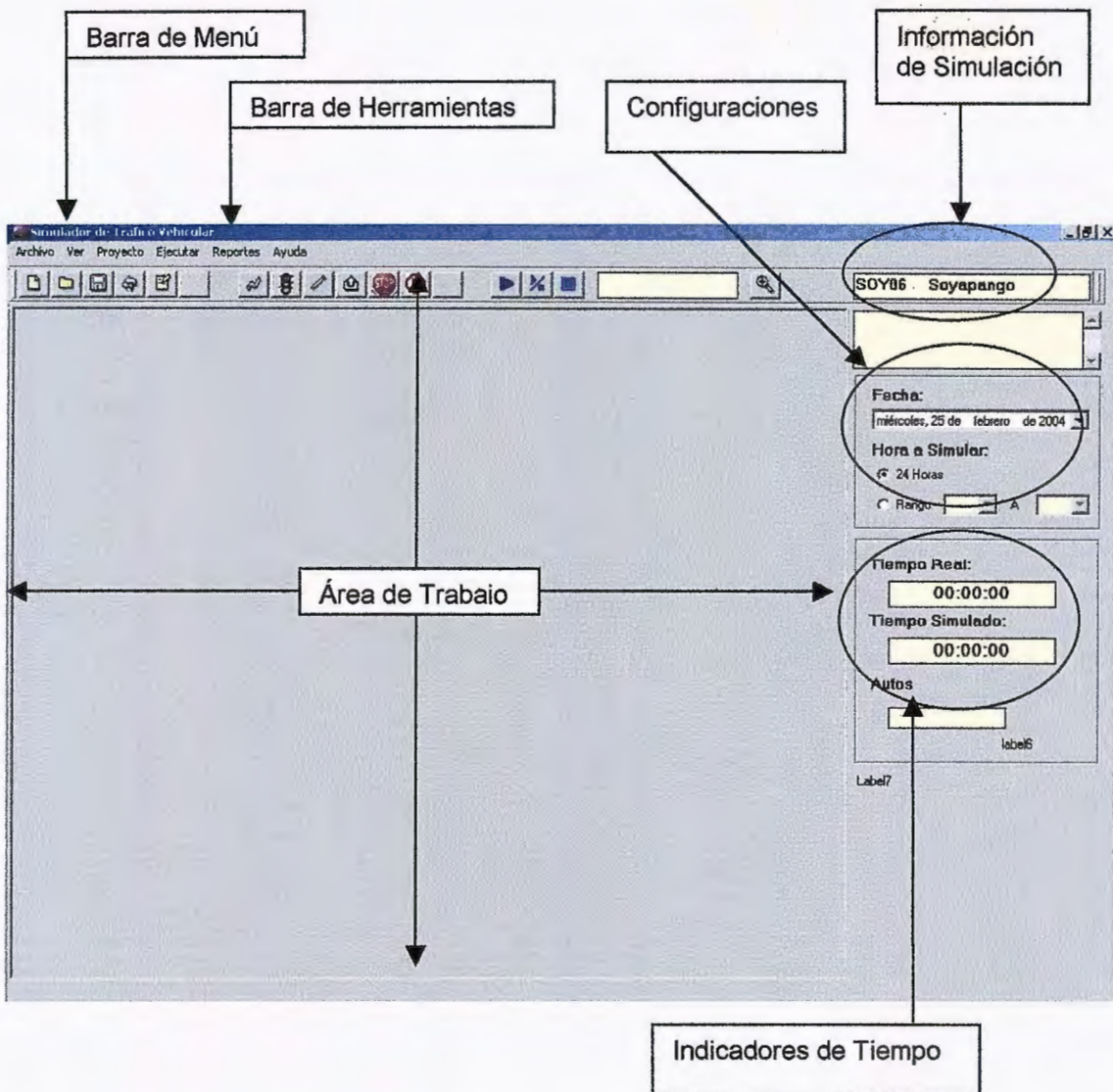


Figura 11. Pantalla principal

2.1 Barra de Menú

En esta barra se encuentran todas las operaciones que se pueden realizar en la aplicación.

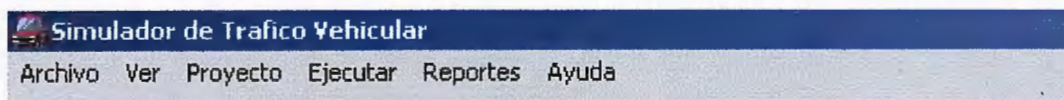


Figura 12. Barra de Menú

Menú Archivo

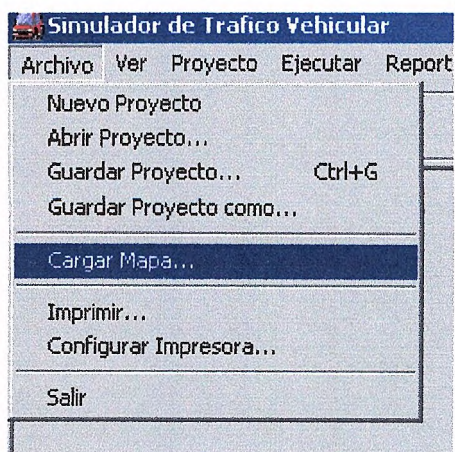


Figura 13. Menú Archivo

Este menú contiene opciones tales como abrir proyecto, guardar como, guardar proyecto, nuevo, abrir y cerrar. Básicamente el funcionamiento de estas es como las que por defecto contienen otros programas.

Cargar Mapa...: permite colocar cualquier mapa en el área de trabajo con extensiones .bmp, .jpg, .jpeg, .gif, que servirá de plantilla para colocar los objetos sobre el.

Guardar proyecto como.... es necesario mencionar que al momento de guardar se debe escribir el nombre del archivo mas la extensión, que en este caso en específico es .ini, tal y como se muestra a continuación:

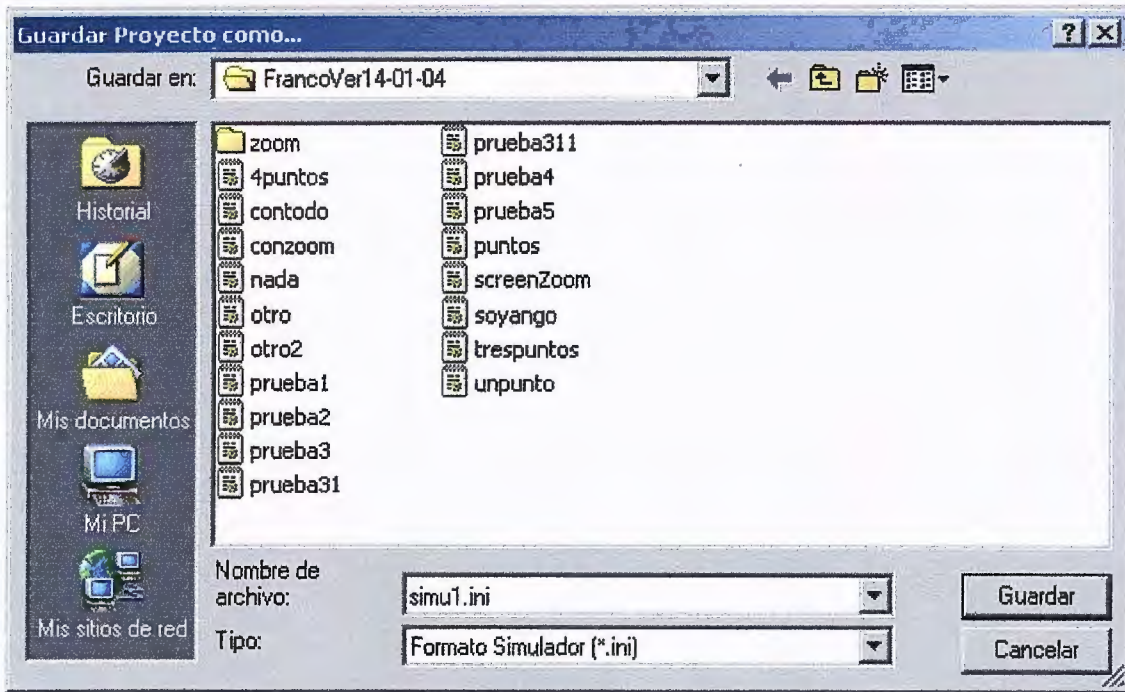


Figura 14. Ventana para guardar proyecto

De tal manera que se almacena la información en meta archivos para así poder ser recuperados a la hora de requerir otros cambios en él. Los meta files son archivos de fácil uso ya que estos en vez de salvar una descripción punto por punto de una imagen grafica solo almacenan los posiciones de cómo y donde se colocó el dibujo del objeto en sí. Puesto que describen el dibujo en términos de círculos, líneas y similares, es decir como un Script de sentencias simples. Generando así que sea más fácil de manipular estos archivos a la hora de abrirlos nuevamente ya que son más rápidos de rescatar.

Menú Ver

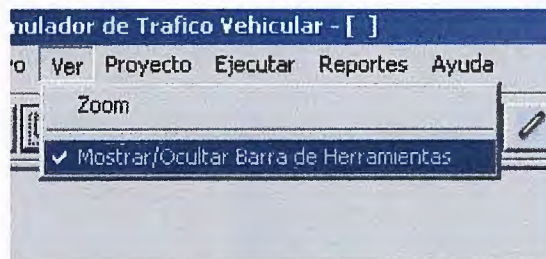


Figura 15. Menú Ver

Dicho menú contiene dos opciones estándares como lo son “zoom” y “ocultar/mostrar barra de herramientas”.

Zoom tiene la factibilidad de permitir tres posibles acercamientos de un área en específico esto se logra dando clic derecho dentro de la pantalla zoom y seleccionando la magnificación deseada.

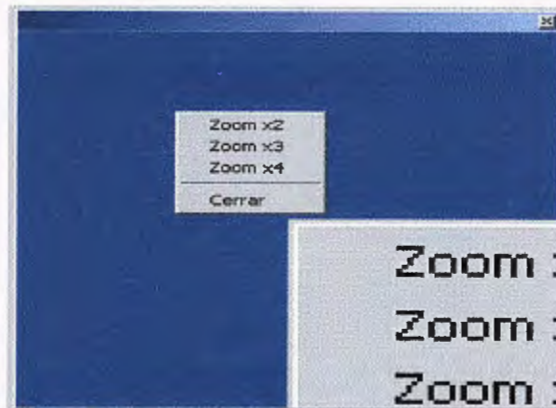


Figura 16. Ventana de Zoom

Menú Proyecto

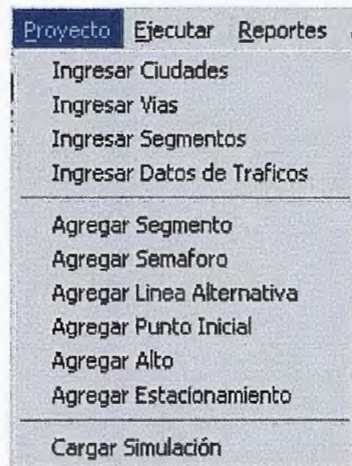


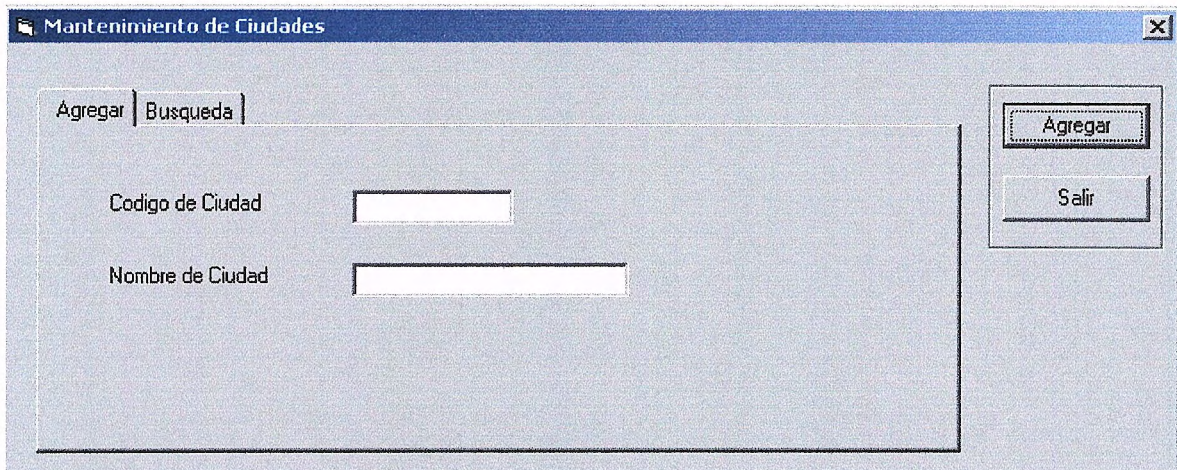
Figura 17. Menú Proyecto

Este menú se divide en tres secciones una en la cual el usuario tiene la oportunidad de dar mantenimiento a las tablas del simulador, en la otra sección

permite al usuario colocar o agregar objetos en el área de trabajo, y por ultimo la caga de una simulación previamente creada.

Sección de mantenimientos

Entre los mantenimientos se encuentran las tablas de "Ciudades", "Vías", "TramosVias", "Altos", "Estacionamientos" y "Datos". Por lo tanto se permite ingresar nueva información al sistema o hacer búsquedas de datos previamente ingresados.



The image shows a software window titled "Mantenimiento de Ciudades". At the top, there are two tabs: "Agregar" and "Busqueda". Below the tabs, there are two input fields: "Codigo de Ciudad" and "Nombre de Ciudad". On the right side of the window, there are two buttons: "Agregar" and "Salir".

Figura 18. Formulario de Mantenimiento de Ciudades

Como se observa en la pantalla este mantenimiento permite agregar y busca ciudades en el sistema. Cabe mencionar que el código de ciudad es generado mediante un trigger de inserción el cual combina las tres primeras letras del nombre y dos combinaciones de números aleatorios.

Figura 19. Formulario de Mantenimiento de Vías

Permite al usuario tener la facilidad de búsqueda y adición de vías en la base de datos del sistema. Por la relación que existe con la tabla ciudades se hace de mayor utilidad agregar n-vías en una ciudad en específico. De la misma manera que el código ciudad el código vía se genera automáticamente mediante un trigger de inserción. Por otro lado la búsqueda se hace basándose en la cantidad existente de vías en una ciudad dada.

CodSegmento	NomSegmento	VelMinSegmento	VelMaxSegmento
SG-17	Entre Calle Principal y F.D. Roosevelt	20	60
SG-63	Entre F.D. Roosevelt y Blv. del Ejercito Nacional	20	60

Figura 20. Formulario de Mantenimiento de Segmentos de Vía

Esta ventana permite agregar segmentos por vías, por lo tanto existe un objeto combo para poder escoger de lista la calle a la que dicho segmento pertenece y a la vez agregar sus propiedades. La viñeta configurar permite hacer búsqueda de las vías y sus segmentos previamente enlazados.

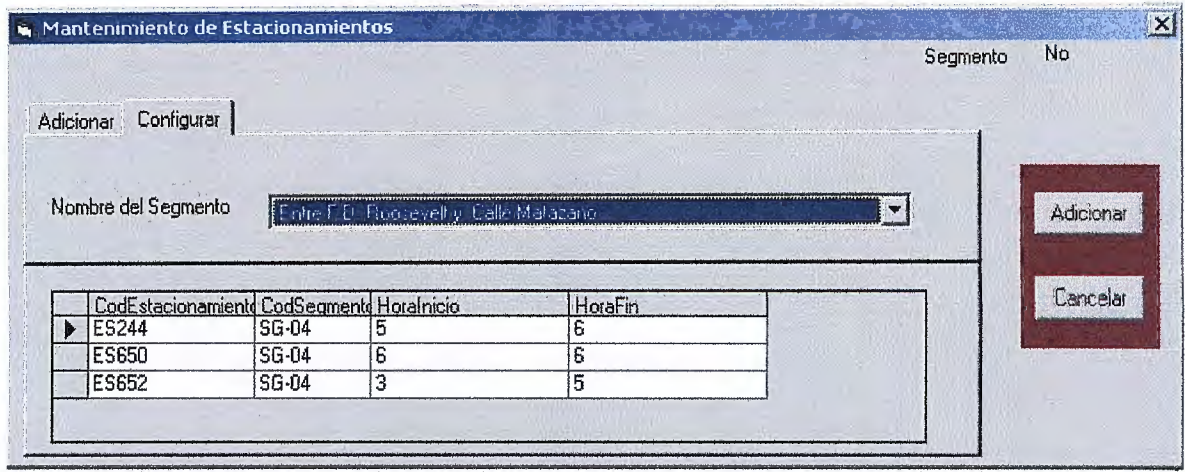


Figura 21. Mantenimiento de Estacionamientos

Este formulario permite configurar los estacionamientos es decir asociarlos con e segmento, al igual de las opciones básicas de adicionar, modificar y eliminar dichos datos de la tabla.

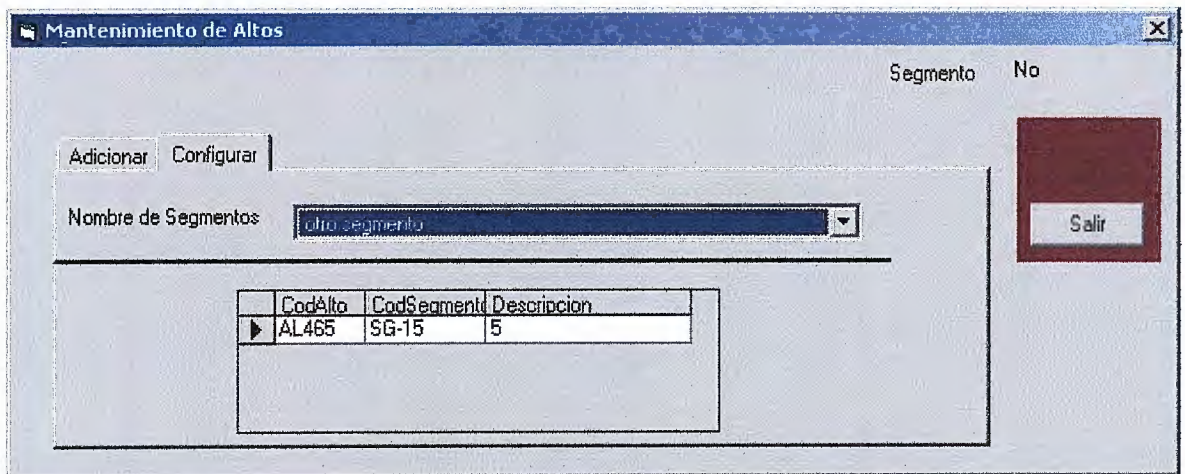


Figura 22. Mantenimiento de Altos

Este formulario permite configurar altos, es decir asociarlos con algún segmento, a igual de las opciones básicas de adicionar, modificar y eliminar dichos datos de la tabla.

Procesamiento de Datos

Ciudad
 Nombre: Soyapango Vía: Santos Dos
 Tramo: SY-02 4a. Avenida Norte Acceso Sur

Día
 Lunes 0

Datos Iniciales

tiempo	valor
0	204
2	81
4	88
6	390
8	707
10	689
12	624
14	636
16	698
18	713
20	446
22	163
*	

Procesar y Almacenar

Tramos y Coeficientes Diarios

calle id	día id	coeficiente a	valor
SY-02 CALLE F.D. ROC 1	1	a1	-732
SY-02 CALLE F.D. ROC 1	1	a2	111E
SY-02 CALLE F.D. ROC 1	1	a3	-709
SY-02 CALLE F.D. ROC 1	1	a4	2512
SY-02 CALLE F.D. ROC 1	1	a7	-84.3

Procesar Coeficientes

Tramos y Coeficientes por Hora

calle id	coeficiente a	coeficiente b	valor b
Rossvelt 2	a1	b1	538
Rossvelt 2	a1	b2	1339.4
Rossvelt 2	a1	b3	-943.5361111
Rossvelt 2	a1	b4	796.2541666

Simulación
 Fecha: Saturday, December 13, 2003 Tiempo: 0 Procesar Detener

Salir

Figura 23. Formulario de Introducción de Datos de Tráficos

Básicamente este formulario permite al usuario ingresar los datos iniciales los cuales son el motor para la generación de la simulación. Detrás de este procedimiento se encuentra la solución del modelo matemático para conocer la intensidad del tráfico simulado.

El formulario se divide en las siguientes secciones:

Ciudad: Agregar datos de ciudad, es aquí donde se indica la ciudad, tramo y vía.

Día: El día es decir un valor de 1-7 de los días de la semana.

Datos Iniciales: Los valores iniciales que son las 12 muestras tomadas del estudio de BONAL.

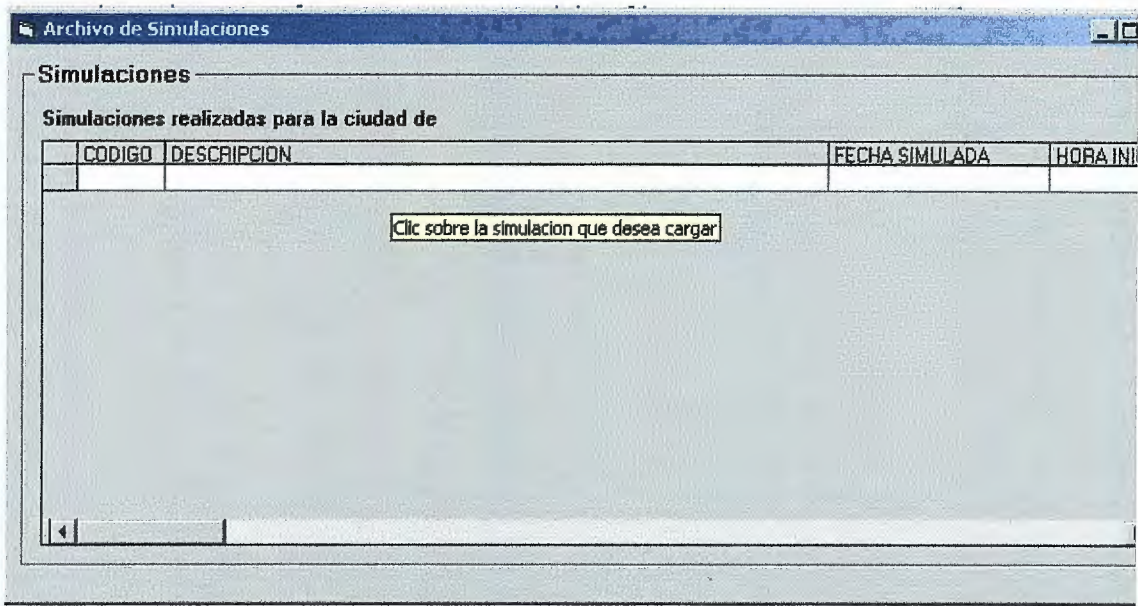
Simulación: Se especifica los valores de la fecha a simular y el tiempo que se desea para efectuar dicho proceso.

Resultado de datos procesados: Muestra los datos iniciales ya procesados encontrados para hora y día que son los que se utilizan para el modelo matemático.

Sección de Agregar objetos

Permite agregar objetos entre las que se tienen están: semáforo, segmento estacionamientos, altos, punto de inicio y líneas alternativas. Estas funcionan de igual forma que al utilizar los iconos de la barra de herramienta, los cuales se explican en el apartado de "Barra de herramientas".

Sección de Cargar Simulación



The screenshot shows a window titled "Archivo de Simulaciones". Inside, there is a section labeled "Simulaciones" with a sub-label "Simulaciones realizadas para la ciudad de". Below this is a table with the following columns: CODIGO, DESCRIPCION, FECHA SIMULADA, and HORA INI. The table is currently empty. A text box in the center of the window contains the instruction "Clic sobre la simulacion que desea cargar".

Figura 24. Formulario de Archivos de Simulaciones previas

Permite al usuario poder cargar una previa simulación en el sistema para poder generar cambio en este. Se muestra información como el código de simulación descripción de la simulación y archivo asociado a esta simulación, entre otros datos.

Menú Ejecutar

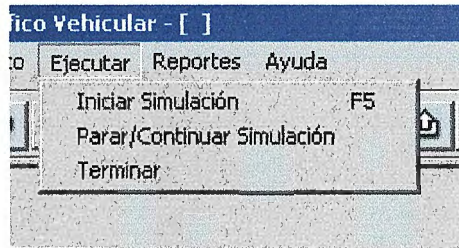


Figura 25. Menú Ejecutar

Contiene opciones como ejecutar simulación, parar/continuar, y termina simulación estas tienen las mismas funciones tal y como los iconos de la barra de herramientas.

Menú Reportes



Figura 26. Menú Reportes

Generación de reportes como Infraestructura Vial la cual tiene como objetivo generar reportes que puedan dar información de las vías almacenadas y sus respectivos segmentos en una ciudad en específico, siendo estos agrupados por segmento. Otro reporte es el de semaforización, esta enlista los segmentos que contienen semáforos y como es la relación de estos a la hora de simular es decir si los semáforos están transversales o están continuos. Y por último la cantidad de tráfico vehicular en una hora y calle específica.

Menú Ayuda

Contiene una explicación generalizada de la forma a utilizar el simulador, con los temas básicos como lo son las opciones de la barra de menú, la barra de herramientas y el funcionamiento del área de trabajo, entre otros.

2.2 Barra de Herramientas

Tiene como objetivo brindar los iconos de opciones mas utilizadas al momento de simular.



Figura 27. Barra de Herramientas

Entre estas opciones se tienen:

<i>Nuevo:</i>	Opción de tener un proyecto nuevo.
<i>Abrir:</i>	Abrir un proyecto ya existente.
<i>Guardar:</i>	Almacenar los cambios a un proyecto.
<i>Deshacer:</i>	Deshacer ya la creación de un objeto.
<i>Editar:</i>	Permitir al usuario entrar a las opciones del objeto siendo estas la de configuración y eliminación de este.
<i>Segmentos:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic también se entra a las opciones del objeto.
<i>Semáforo:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Línea alternativa:</i>	Creación de vías alternativas para el flujo del tráfico, también tienen opciones de configuración.
<i>Punto inicial:</i>	Para colocar el inicio del flujo del tráfico.
<i>Altos:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Estacionamiento:</i>	Creación del objeto, si se le da doble clic se entra a las opciones del objeto.
<i>Iniciar simulación</i>	
<i>Parar/continuar</i>	
<i>Terminar</i>	
<i>Nada:</i>	Permite cambiar el modo en el cual se encuentra, los

	modos son todos los antes mencionados.
<i>Tipo de modo:</i>	Este caja de texto muestra el estado del modo actual en que se esta trabajando.
<i>Zoom:</i>	Permite hacer acercamientos a la hora de crear o simular.

2.3 Área de Trabajo

Permite al usuario agregar los objetos para crear una situación a simular, estos objetos son especificados en el apartado de entidades.

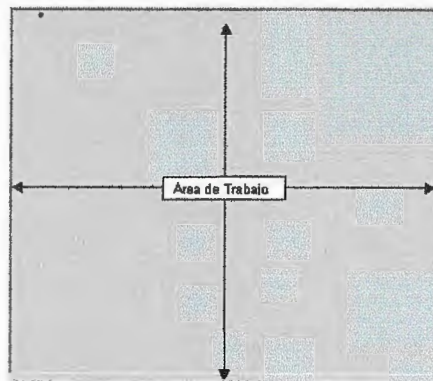


Figura 28. Área de Trabajo

2.4 Área de Información

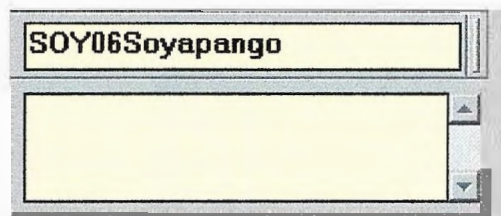
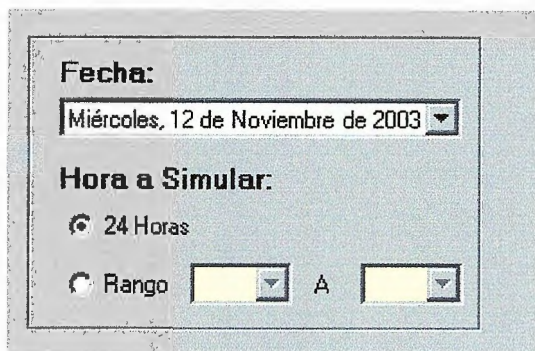


Figura 29. Área de Información

Permite mostrar al usuario en que ciudad se encuentra generando escenarios de la simulación, además de mostrar una descripción de la simulación que se está ejecutando.

2.5 Área de configuraciones



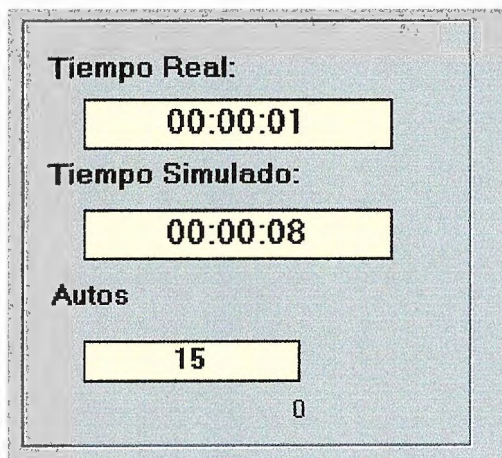
The screenshot shows a configuration window with the following elements:

- Fecha:** A dropdown menu displaying "Miércoles, 12 de Noviembre de 2003".
- Hora a Simular:** Two radio buttons. The first is selected and labeled "24 Horas". The second is labeled "Rango" and is followed by two empty dropdown menus and the letter "A".

Figura 30. Área de Configuraciones

Esta área de la interfaz del sistema permite al usuario tener la facilidad de configurar parámetros generales de una simulación dando la fecha, la hora e intervalo, que se quiere ejecutar. Considerando que previamente deben de ser colocados los objetos en el área de trabajo.

2.6 Área de indicadores de tiempo



The screenshot shows a panel with the following indicators:

- Tiempo Real:** A yellow box displaying "00:00:01".
- Tiempo Simulado:** A yellow box displaying "00:00:08".
- Autos:** A yellow box displaying "15".
- Below the "Autos" box, there is a small "0" indicator.

Figura 31. Área de Indicadores de tiempo

El área de indicadores permite visualizar los datos de salida generados en el instante en que se está ejecutando una simulación. Estos son la hora generada por la simulación pero considerando una alteración de un factor de escala comparado con la hora real, la hora real del proceso de simulación. Y por último el indicador de la cantidad total de vehículos que están corriendo, es decir la sumatoria de todo el tráfico circulante en las vías colocadas en el área de trabajo.