Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Computación
Probabilidad & Estadística (Sem.I-2012)

Informe

Proyecto Práctico:

"Congestión vehicular"

Humberto Ojeda
C.I: 20.185.583 (Adrián Bottini C2)
Francisco Vergara
C.I: 17.389.551 (José Sosa C1)

Introducción

El tráfico es un fenómeno que lo vivimos diariamente, pero a pesar de esto no es un fenómeno muy bien comprendido. Las dificultades son múltiples, pero hoy en día ya se cuenta con la información estadística suficiente y con la capacidad de cómputo necesaria para comenzar a desarrollar modelos realistas y detallados de tráfico vehicular.

Con este proyecto se busca implementar el modelo de flujo de tránsito vehicular Nagel-Schreckenberg (Na-Sch) en python utilizando programación sencilla, sin la necesidad de utilizar Autómatas Celulares para simular[1] el comportamiento del tráfico en una autopista de un solo canal.

El modelo de Nagel y Schreckenberg (Na-Sch) es un modelo de espacio y tiempo discretos, donde cada célula del autómata equivale ya sea a un vehículo en movimiento con cierta velocidad v o a un espacio vacío de la avenida donde se encuentran los vehículos. El modelo original sirve para modelar autopistas de un carril (ya sea abiertas o en circuito) con vehículos homogéneos. Se implementó mediante un arreglo unidimensional de M celdas, con condiciones de bordes periódicos, donde cada celda puede estar o no ocupado por un vehículo los cuales poseen un valor entero de velocidad entre cero y Vmax., a los cuales

De lo que se trata es de dar unas reglas de comportamiento para cada vehículo, y luego aplicarlas recursivamente a cierto número de ellos. Las reglas indican, en resumidas cuentas, a qué velocidad se moverá un automóvil según las circunstancias en que se encuentre (si tiene otros coches por delante o no, cuál es el límite de velocidad, etc.).

Conociendo la situación de los automóviles en un tiempo inicial, esas reglas permiten calcular la velocidad de cada uno, y con ello el lugar donde se encontrarán en un instante posterior. En ese momento, se vuelven a aplicar las reglas para obtener la velocidad de cada vehículo, su desplazamiento, una nueva posición, y así sucesivamente.

[1] El término simular hace referencia a reproducir en el computador el comportamiento de un sistema real.

Análisis, descripción e interpretación del problema

- La simulación se basa en dar unas reglas de comportamiento para cada vehículo, y luego aplicarlas simultáneamente a cierto número de ellos. Las reglas indican, en resumidas cuentas, a qué velocidad se moverá un automóvil según las circunstancias en que se encuentre (si tiene otros coches por delante o no, cuál es el límite de velocidad, etc.).
- Conociendo la situación de los automóviles en un tiempo inicial, esas reglas permiten calcular la velocidad de cada uno, y con ello el lugar donde se encontrarán en un instante posterior. En ese momento, se vuelven a aplicar las reglas para obtener la velocidad de cada vehículo, su desplazamiento, una nueva posición, y así sucesivamente.
- En líneas generales, esas reglas se pueden formular bien de manera *discreta*, si discretizamos la posición, el tiempo, la velocidad, que son datos que pueden tomar cualquier valor, podemos formular el problema de manera discreta. Así, el espacio se divide en casillas (de 7.5 metros de largo) que pueden estar ocupadas o no por un vehículo; el tiempo progresa a pequeños saltos discretos (aquí los tomaremos de 1 segundo (cada segundo lo tomamos como una iteración en un ciclo), más o menos el tiempo de reacción del conductor); la velocidad sólo puede asumir ciertos valores (que serán estos cinco: 0, 1,2,3,4); etcétera. Vamos a implementar a continuación el modelo de Nagel-Schreckenberg).

- Las reglas son las siguientes.

  1. ***Todos los vehículos intentan acelerar hasta la velocidad máxima***: es decir, en cada paso de tiempo los coches aumentan su velocidad en un grado. Si la velocidad alcanza el valor máximo permitido, que es de (4 o 5) km/h, se mantiene.
  2. ***No hay accidentes***. Si con la regla anterior se alcanzara al coche precedente, se frena reduciendo la velocidad lo suficiente para no chocar.
  3. ***Algunos conductores, al azar, frenan un poco:*** reducen su velocidad en un escalón con cierta probabilidad (para la cual se suele tomar el valor 0.15 o 0.20). Eso se hace para modelizar algunos factores que han de tenerse en cuenta: reacciones desproporcionadas ante los frenazos, distracciones, cambios en las condiciones de la carretera, instantes de duda del conductor, y situaciones por el estilo.

- Una vez establecida la velocidad de cada coche, se desplazan éstos las casillas que corresponda en el arreglo según su velocidad (por poner un caso: 5 km/h corresponde a unas 5 casillas en el arreglo en el paso de tiempo de un segundo).

- Con lo antes explicado veamos un pequeño ejemplo de lo que se quiere se obtener

  - Se empieza con la carretera discretizada en casillas, en las que se colocan algunos coches (los números):

2	_	_	0	1	_	1	_

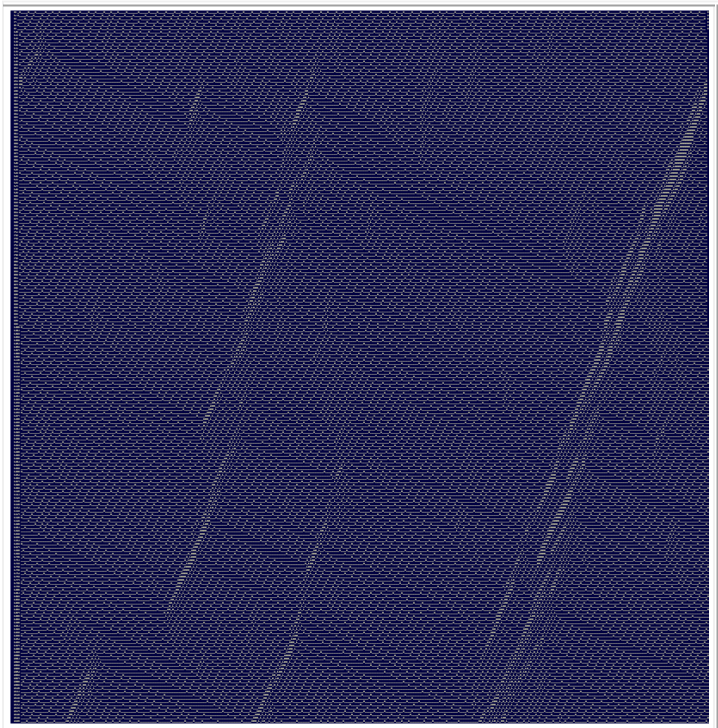
- A cada paso de tiempo se calcula la velocidad y se mueven los coches; por ejemplo:

2	_	_	0	1	_	1	_

_	_	2	0	_	1	_	1

_	_	0	1	_	1	_	1

- En un gráfico así, el eje vertical representa el tiempo (que corre hacia abajo) y el horizontal el espacio (los coches avanzan hacia la derecha). Las trazas se ven de color azul si el coche avanza, y en rojo si el coche está parado. Cuanto más inclinada esté la traza, más lentamente se mueve el coche; una línea vertical indica que se ha detenido.



El tiempo corre hacia abajo ↓

- Como se ve, los atascos (las zonas donde los coches se ven forzados a detenerse, que son los trazos con densidad de carros) se van corriendo *hacia atrás*, o sea, a contracorriente del tráfico, tal y como se observa en la vida real. El modelo es simple, pero reproduce bastante bien algunas características de la circulación rodada.

Análisis de Muestras

En el presente proyecto se nos pidió que desarrolláramos en lenguaje Python un programa que simulara el tráfico vehicular para el estudio de los resultados que nos dará con respectivas muestras. Haremos el estudio del flujo vehicular con las siguientes muestras:

Para ***Humberto Ojeda 20185583*** se utilizo la siguiente muestra, correspondiente al terminal de la cedula:

M celdas (longitud de la vía):
400
N vehículos en la vía:
100
VMax Velocidad máxima permitida (celdas/seg):
4
p probabilidad de frenar para cada vehículo en cada instante de tiempo:
0.2
TS seg tiempo a simular (duración de la corrida):
4000
DurTraza seg tiempo que dura la traza:
600

Para ***Francisco Vergara 17389551*** se utilizo la siguiente muestra, correspondiente al terminal de la cedula:

M celdas (longitud de la vía):
400
N vehículos en la vía:
80
VMax Velocidad máxima permitida (celdas/seg):
4
p probabilidad de frenar para cada vehículo en cada instante de tiempo:
0.15
TS seg tiempo a simular (duración de la corrida):
4000
DurTraza seg tiempo que dura la traza:
600

Ambas entradas generaran datos y estudios de las graficas diferentes por ende se responderán las siguientes preguntas para ambos casos:

1. **¿Cómo se distribuye la cantidad de vehículos que frenan al azar en cada segundo simulado?**

   R) Primero hay que definir nuestra variable aleatoria para saber que distribución sigue esta incógnita, nuestra incertidumbre será el número de vehículos que frenaran en un instante de tiempo, entonces podemos definir la variable aleatoria de esta manera:

   X="Numero de vehículos que frenaran en el instante de tiempo t"

   Esta variable aleatoria posee un parámetro P (probabilidad de que frene aleatoriamente cualquier vehículo), y una cantidad fija vehículos que pueden frenar(N vehículos en la vía), en este caso tenemos p= 0.2 ó 0.15 y N=100 u 80 (los valores dependen de estudiante), entonces podemos decir que en 100 números de intentos con probabilidad 0.2 algún vehículo frenara, siendo el ÉXITO el frenado del vehículo, la distribución del frenado de vehículos seguiría una Binomial, ya que la Binomial cuenta los éxitos en N intentos.

La variable X sigue una distribución binomial, con parámetros N = 100 y p = 0.15 o 0.2 (dependiendo del estudiante), cuando “n” es grande la distribución Binomial resulta laboriosa y complicada por eso está demostrado que cuando se dan ciertas condiciones una distribución Binomial se puede aproximar a una Normal de media $\mu = n*p$ y desviación estándar $\sigma = \sqrt{(n*p*(1-p))}$.

2. **¿Cómo se distribuye la cantidad de celdas libres delante de un vehículo?**
   R) La cantidad de celdas libres delante de un vehículo se distribuye geométricamente, el éxito es que la i-ésima celda esté ocupada por un carro, entonces sería el número de ensayos hasta el éxito, se considera que una posición esta vacía hasta que un carro lo ocupe.

   Delante de cada vehículo existen N celdas, no considerando en donde se encuentra el próximo carro (no lo sabemos ya que cada carro tiene su propia velocidad, aceleración, etc.). Así que debemos ir viajando a través de las N celdas (haciendo ensayos) y verificar si existe o no un carro en la i-ésima celda, esto hasta encontrar que existe un carro (el éxito) y así poder si podemos avanzar o es necesario frenar para evitar un choques

3. **¿Cómo se distribuye la velocidad instantánea (celdas/seg) de un vehículo?**
   R) La velocidad instantánea (celdas/seg) de un vehículo, está distribuida de manera exponencial, es decir, siempre tomará una tendencia exponencial, debido a que las velocidades bajas serán más frecuentes que las velocidades altas. Esto por el hecho de que un vehículo debe ir a la velocidad justa para evitar una colisión con el vehículo que va justo delante de él, mientras que las velocidades son poco frecuentes ya que no habrá suficiente espacio al frente para mantener dicha velocidad, debido a que posiblemente existan otros carros que obliguen al conductor a reducir su velocidad.

4. **¿Cómo varía el flujo promedio de tráfico Q (vehículos/seg) al variar el parámetro p entre 0 y 0,5?**
   R) Para ambos integrantes se corrió la simulación con sus entradas correspondientes y se calcularon para todos los valores de p variando en 0.5 cada valor la siguiente tabla y sus respectivas gráficas de frecuencias.

   Viendo lo resultados de Q para cada valor de probabilidad de freno p, y analizando la grafica de Q en función de p, queda claro que ha medida que aumenta p, es decir, entre mas cerca este p de 1.0 significa que los carros tienen mayor probabilidad de frenar, por lo que la cantidad de vehículos que frenan de manera aleatoria es mayor y causa mayor congestión de tráfico. Esto implica además que la cantidad veces que los carros completan el circuito es menor. Por ejemplo cuando tenemos p=0: Flujo promedio de vehículos Q = 0.800000 carros/seg), esto es porque ningún carro frena y la cantidad de veces que un vehículo completa el circuito es máxima.

Conclusiones y Recomendaciones

El problema del flujo vehicular ha sido estudiado desde siempre por su importancia y su aplicabilidad en proyectos para grandes ciudades. Por una parte la medición de ciertas cantidades, permite tener una caracterización sistemática del tráfico. La obtención y posterior tratamiento de los datos requiere grandes esfuerzos de monitoreo, además de enfoques numéricos para efectuar la estadística apropiada.

En este proyecto se desarrolló e implementó el modelo de Nagel-Schreckenberg ese para trafico vehicular unidireccional sustentados en los modelos de autómatas celulares que se habían planteado. Se implementó dicho modelo en python y realizaron algunas simulaciones en este modelo con distintos valores de probabilidad para frenado aleatorio, en el mismo escenario que fue; la vía simple, con N vehículos y en una vía de longitud M y una velocidad Máxima especifica.

Adicionalmente se hizo varias mediciones entre las cuales esta la eficiencia de las simulaciones en la vía, el comportamiento de muestras de vehículos en la vía, la cantidad de vehículos que frenan al azar en cada segundo simulado, flujo promedio de tráfico *Q* (vehículos/seg), y se pudo observar los patrones de movimiento reproducidos por los modelos que son coherentes con los que se observaran en implementaciones de este tipo.

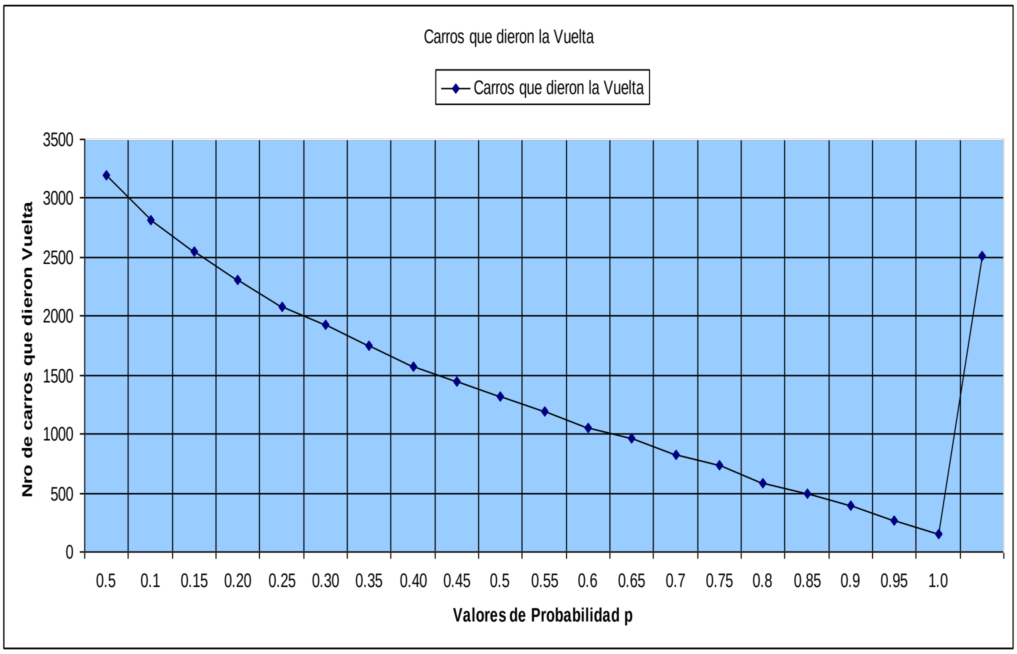
La traza de la simulación nos hace ver y asegurar que la evolución en el tiempo de los carros es correcta, no se produce adelantamiento de vehículos y los patrones de continuidad consolidan la técnica de simulación usada.

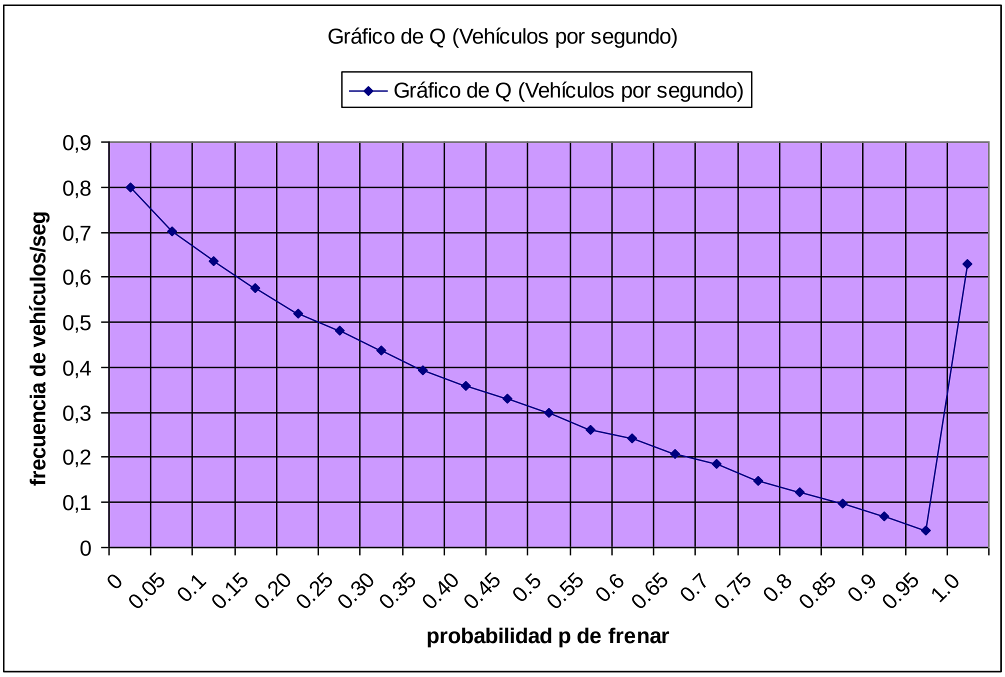
Aunque este modelo logra simular con gran precisión el flujo vehicular de una autopista tiene ciertas limitantes, por ejemplo que la vía es de un solo canal, también se asume que todas las celdas tienen la misma longitud (aprox. 7.5 m), es decir todos los carros son del mismo tamaño, podríamos añadir semáforos o conductores inteligentes que sepan cuando acelerar o frenar.

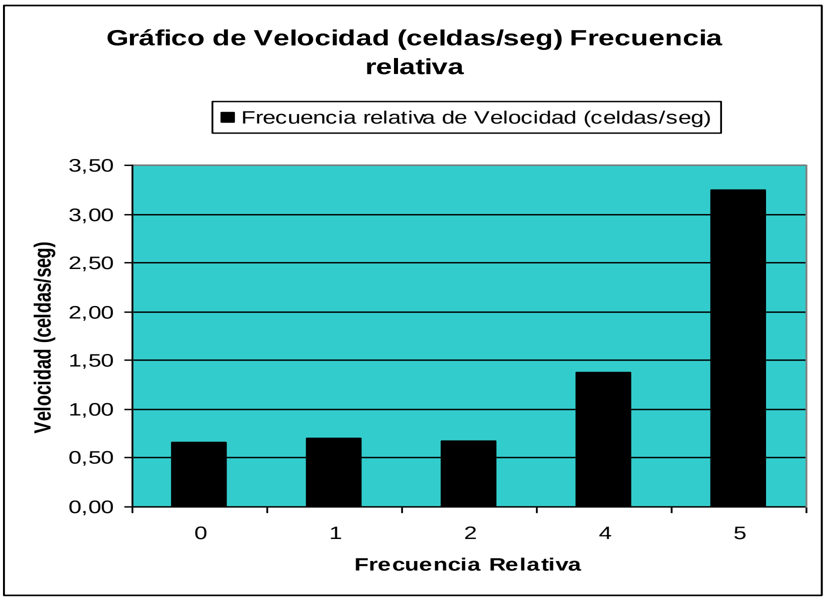
ANEXOS

Tablas, Gráficos e Histogramas del Br. Francisco Vergara

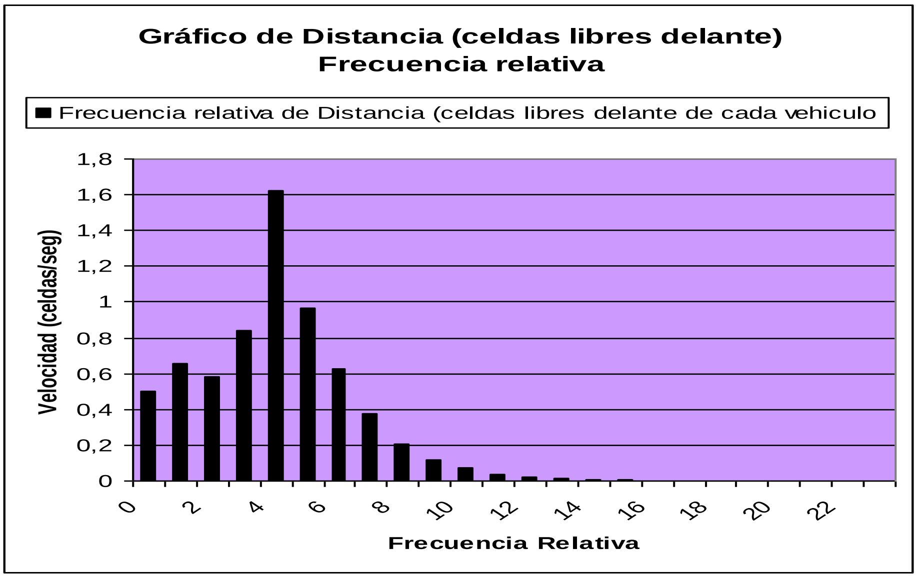
Probabilidad p	VS Carros que llegaron	Q (vehículos/seg)
0	**3200**	**0.800000**
0.05	**2812**	**0.703000**
0.1	**2546**	**0.636500**
0.15	**2309**	**0.577250**
0.20	**2081**	**0.520250**
0.25	**1926**	**0.481500**
0.30	**1748**	**0.437000**
0.35	**1573**	**0.393250**
0.40	**1441**	**0.360250**
0.45	**1316**	**0.329000**
0.5	**1193**	**0.298250**
0.55	**1051**	**0.262750**
0.6	**963**	**0.240750**
0.65	**826**	**0.206500**
0.7	**737**	**0.184250**
0.75	**589**	**0.147250**
0.8	**497**	**0.124250**
0.85	**388**	**0.097000**
0.9	**271**	**0.067750**
0.95	***149***	***0.037250***
1.0	**2513**	**0.628250**







Histograma de frecuencias relativas de Velocidad para (M=400, N=80, p=0.15, Vmax=4))

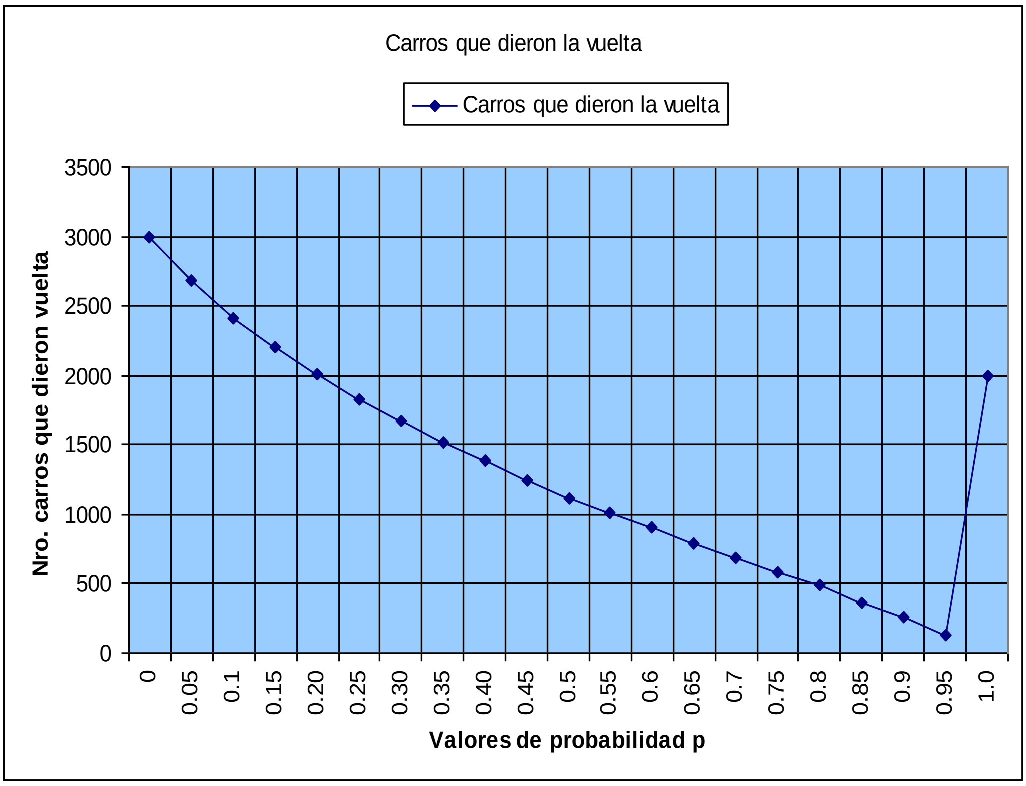


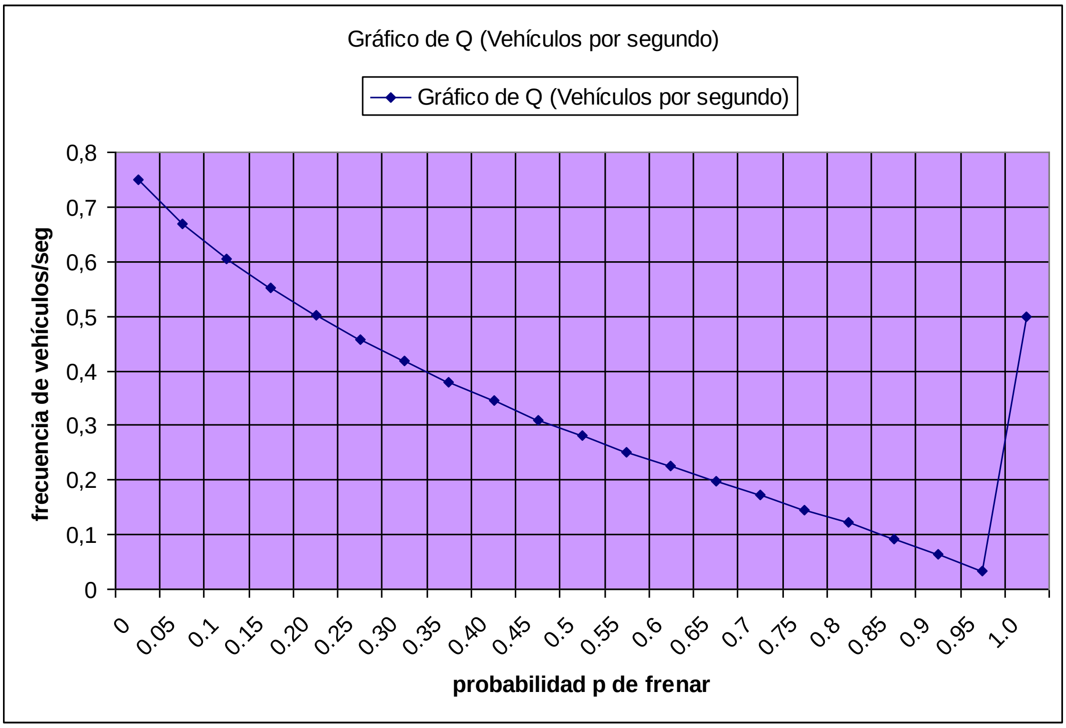
Histograma de frecuencias relativas de Distancia para (M=400, N=80, p=0.15, Vmax=4))

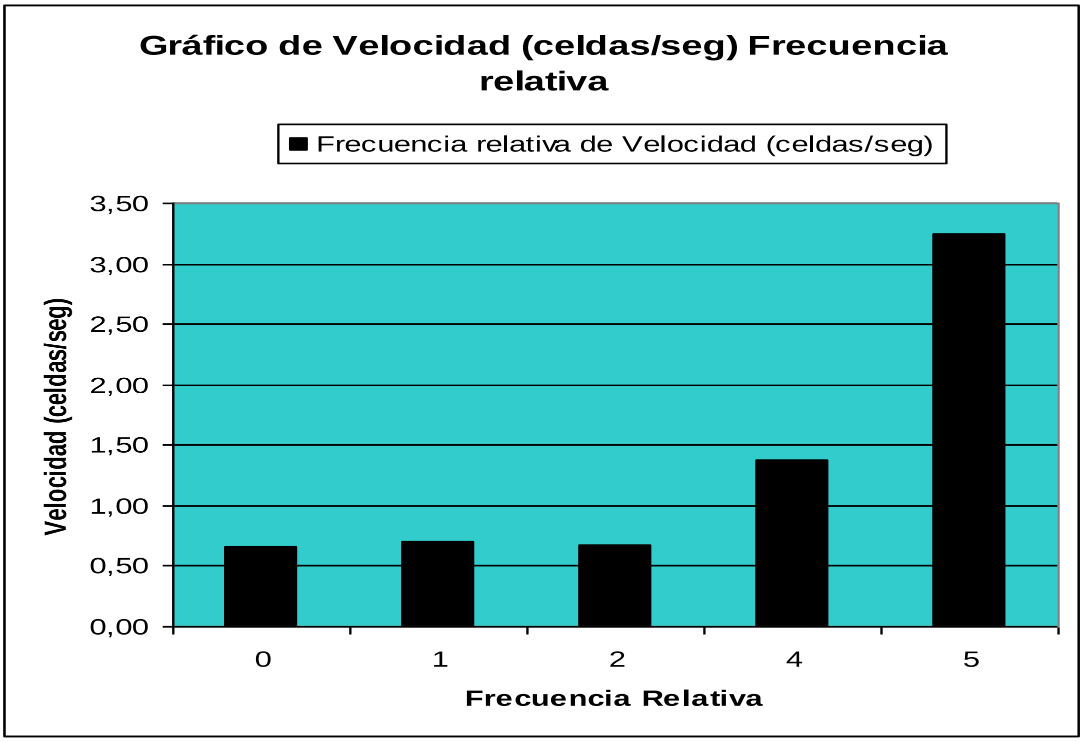
Tablas, Gráficos e Histogramas del Br. Humberto Ojeda

Probabilidad p	VS Carros que llegaron	Q (vehículos/seg)
0	**3000**	**0.750000**
0.05	**2680**	**0.670000**
0.1	**2417**	**0.604250**
0.15	**2207**	**0.551750**
0.20	**2012**	**0.503000**
0.25	**1833**	**0.458250**
0.30	**1668**	**0.417000**
0.35	**1516**	**0. 379000**
0.40	**1387**	**0.346750**
0.45	**1243**	**0.310750**
0.5	**1121**	**0.280250**
0.55	**1007**	**0.251750**
0.6	**907**	**0.226750**
0.65	**788**	**0.197000**
0.7	**691**	**0.172750**
0.75	**580**	**0.145000**
0.8	**487**	**0.121750**

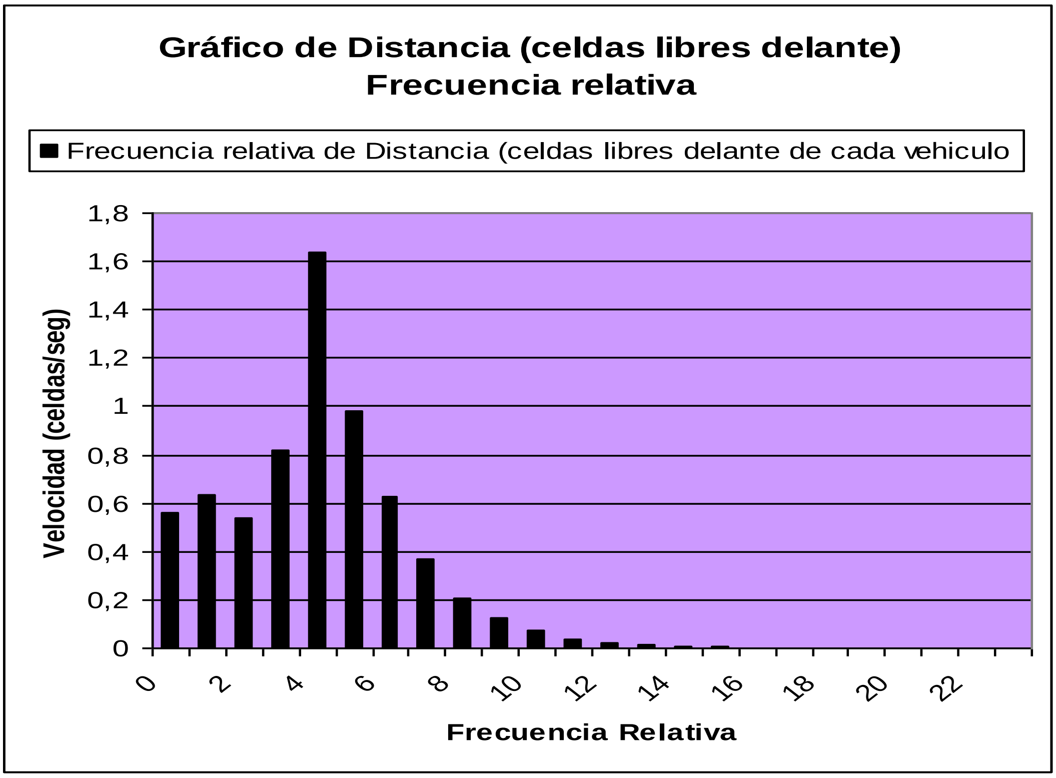
0.85	363	0.090750
0.9	253	0.063250
0.95	136	0.034000
1.0	2000	0.500000







Histograma de frecuencias relativas de Velocidad para (M=400, N=100, p=0.2, Vmax=4))



Histograma de frecuencias relativas de Distancia para (M=400, N=100, p=0.2, Vmax=4))