

885216

**UNIVERSIDAD AMERICANA DE ACAPULCO**  
**EXCELENCIA PARA EL DESARROLLO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA EN COMPUTACIÓN**  
**INCORPORADA A LA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**SISTEMAS DEDICADOS PARA LA**  
**ADMINISTRACIÓN DE SEMÁFOROS VIALES**  
**EN EL MUNICIPIO DE ACAPULCO.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO EN COMPUTACIÓN**  
**P R E S E N T A :**  
**JOSE LUIS PINEDA BAHENA**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. GONZALO TRINIDAD GARRIDO**

**ACAPULCO, GRO.**

**JULIO DEL 2004**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Maria Bahena Villegas por siempre ser mi constante y piedra angular en todos los aspectos de mi vida. Por enseñarme con su espíritu de lucha, fe en Dios y en el trabajo, que nada es imposible.

Con todo Mi Amor para UD.

***José Luis Pineda Bahena***



## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Americana De Acapulco.
- Al Rector de la universidad C.P. Israel Soberanis Noguera.
- A la Facultad de Ingeniería En Computación.
- Al Ingeniero Gonzalo Trinidad Garrido. Director de la Facultad de Ingeniería en Computación por preocuparse siempre por todas las mentes ávidas de conocimiento que están en sus manos.
- Al Ingeniero Juan Carlos Cañizares por su gran disposición para conmigo durante mis estudios.
- Al Ingeniero Javier Saavedra Lluck por su aportar su experiencia y apoyo incondicional.
- Al Licenciado Jaime Morales por siempre dar ánimos y espíritu de lucha.
- A mis Compañeros de Clase por compartir conocimientos y momentos inolvidables.
- A La Lic. Julieta Álvarez por su amabilidad y disposición.
- A la Dirección de Sistemas y su personal.
- A la Biblioteca y Al personal que labora en ella.
- Al personal de Servicios escolares.
- Al personal del Departamento de Titulación.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INTRODUCCION.....	1
1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2. FACTORES DEL TRÁFICO VEHÍCULAR.....	12
2.1 Factores Externos.....	13
2.2 Factores Internos.....	19
2.3 La Paradoja de la Velocidad.....	22
3. USO DE LA TIERRA (ZONAS CONFLICTIVAS).....	25
3.1 Planeación del Uso de la Tierra.....	26
3.2 Localización Geográfica de Zonas Conflictivas.....	28
4. CONTROL DIGITAL Y MICROCONTROLADORES.....	37
4.1 El Concepto de Control.....	38
4.2 Componentes (Familias Lógicas).....	41
4.3 La Computadora, el Microprocesador y el Microcontrolador.....	47
4.4 Dispositivos de Entrada y Salida.....	52
5. EL TRANSITO VEHÍCULAR COMOUN FLUJO. ....	54
5.1 Formas del Flujo y Conflictos.....	55
5.2 Teoría del Flujo del Tráfico.....	62
5.3 Rendimiento Discreto de Conducción.....	69
5.4 Flujo del Tráfico en Intersecciones Señalizadas.....	72

6. DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA.....	78
6.1 Microcontrolador.....	79
6.2 Hardware del MC68HC11.....	81
6.2 Patillaje del MC68HC11.....	81
6.3 Interfase Periférica Serie (SPI. Serial Peripheral Interface).....	89
6.4 Diagrama a Bloques.....	93
6.5 Diagramas Esquemáticos.....	100
7. FUNCIONAMIENTO Y CASO DE APLICACIÓN.....	101
7.1 Funcionamiento del Sistema.....	102
7.1.1 Sistema Sensor.....	102
7.1.2 Sistema Central.....	105
7.1.3 Recuperación de errores y fallos.....	107
7.2 Caso de Aplicación Intersección Av. Constituyentes con Av. Ejido y Av. Baja California.....	108
7.2.1 Toma de muestras.....	108
7.3 Colocación de Sensores y Sistema Central.....	113

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA Y APOYOS TEMÁTICOS

ANEXO A

GLOSARIO

## Introducción

Desde que el hombre primitivo vio en el movimiento el recurso para satisfacer sus necesidades básicas (alimento primordialmente), no se ha detenido.

La capacidad de movilidad que tienen los seres vivos, es la que motiva al movimiento; ahora en la era moderna y las grandes ciudades en las que vivimos implican un nuevo reto: no perder la capacidad de moverse.

¿Qué pasara en las ciudades cuando ya no haya posibilidad de moverse?

No hay que ser un fatalista para darse cuenta de la respuesta.

Este trabajo de tesis se enfoca a la problemática que vive actualmente el municipio de Acapulco en el estado de Guerrero, respecto al problema de la vialidad en las calles y avenidas.

### **Análisis del transporte.**

El transporte es la parte física con la cual las personas y las cosas se trasladan de un lugar a otro; satisface la necesidad del movimiento.

¿Por qué existe una necesidad de moverse? Si indagamos en cuál es el propósito de cada persona que se desplaza en automóvil por las calles y avenidas de Acapulco todos los días, veremos que se mueven por dos razones principales:

1 Para obtener bienes.

2 Para obtener o proveer servicios.

Dado esto se percibe que un sistema de transporte efectivo debe de satisfacer las necesidades anteriores para que sea útil.

Dentro del análisis de las intersecciones semaforizadas del municipio de Acapulco, veremos que el transporte es una de las causas fundamentales del caos vial.

El movimiento, y la movilidad se explican en esta investigación, para entender el aspecto primordial de la problemática del tráfico vial. El capítulo 1 presenta los principios, a partir de los cuales se llega a la situación que predomina en cuanto a tráfico vehicular en Acapulco se refiere; hace una pequeña semblanza en la historia de los sistemas de administración de vías automovilísticas.

Dentro del capítulo 2 se analizan de una manera objetiva las variables que intervienen en el problema, como son el reglamento de tránsito, el estado de las calles y avenidas así como también el factor humano en la conducción de los vehículos y la cultura de los peatones en su relación con el mismo tráfico vial.

En el capítulo 3 se muestran las áreas del municipio de Acapulco que sufren mas tráfico en horas de mayor afluencia de automóviles (horas pico).

El marco teórico es una de las partes fundamentales del presente trabajo, el capítulo 4 explica el funcionamiento de los componentes que integraran el sistema de control para los semáforos, así como también se expone un modelo; a partir del cual el sistema será conformado.

Dentro del marco teórico, en el capítulo 5 se realiza un análisis del tráfico vehicular; tratándolo como un flujo, se verá como de esta manera es posible modelar el comportamiento de grandes cantidades de automóviles.

A partir de la información recabada en los capítulos ya mencionados; El capítulo 6 detalla el diseño del sistema, explica los procedimientos llevados a cabo para llegar a la propuesta final de este proyecto de tesis.

En el capítulo 7 se describe el funcionamiento del sistema a través de diagramas de flujo y se presenta la intersección que se toma como caso de aplicación para el diseño del sistema dedicado.

El capítulo de conclusiones expone las fortalezas y las debilidades del sistema, así como también las conclusiones a las que se llegan con esta investigación.

**CAPITULO 1**  
**PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA**

## CAPITULO 1.

Los romanos iniciaron la construcción de caminos tal y como los conocemos hoy en día, El más famoso de los caminos Romanos era la Vía Apia, iniciada más de 300 años AC. A ambos lados había sendas para peatones, y además ya existían los primeros señalamientos. Las piedras miliare, con las cuales se podía ver la distancia recorrida de un punto a otro.

Con la invención del motor de combustión interna (1860-1876)<sup>1</sup> los vehículos se hicieron más veloces (y también más peligrosos), por esto se inventaron los señalamientos viales y los semáforos. Los primeros señalamientos solo manipulaban interruptores mecánicos que encendían y apagaban las luces de los semáforos y eran controlados manualmente.

Con el incremento de la población en las grandes ciudades y por consiguiente una mayor cantidad de vehículos automotor circulando se vio en la necesidad de mejorar el sistema de semáforos.

La siguiente generación de señalamientos de tránsito mejoró de buena manera, ya que el sistema se volvió autónomo. El cuál funcionaba en base a relojes (todavía mecánicos) y de interruptores eléctricos. De esta manera en un cruce de dos vías era posible administrar tiempos para cada desembocadura en el cruce.

---

<sup>1</sup> **Enciclopedia de las ciencias.** Tomo 9. Grolier, Editorial Cumbre S.A. 7ª Edición (revisada). México D.F. PP. (159)



El desarrollo de los sistemas electrónicos dado en la década de los 60's fue posible dar un tiempo más preciso a estos dispositivos, pero ya en 1980 se comenzó a desarrollar en Europa (Alemania, Francia) dispositivos que no solo dieran tiempo a cada desembocadura de un cruce. Si no que administraran los tiempos dada la hora del día y la ubicación del cruce. Esto es, si el cruce está ubicado en una zona céntrica y muy congestionada, a la hora pico (hora de mayor congestión de tráfico) al sistema se le reconfigura dando mayor fluidez a la vía con mayor carga vehicular.

El estudio científico del flujo del tráfico tuvo sus inicios en la década de 1930 con la aplicación de la teoría de la probabilidad, para la descripción del tráfico en caminos (Adams 1936) y los primeros estudios conducidos por Bruce D. Greenshields en el Yale Bureau Of Highway Traffic (Buró de tráfico de autopistas de Yale); el estudio de modelos relacionando el volumen y la velocidad (Greenshields 1947).<sup>2</sup>

Después de la segunda guerra mundial, con el tremendo incremento en el uso de los automóviles y la expansión de las carreteras y autopistas, hubo también un auge en el estudio de las características del tráfico y el desarrollo de teorías con respecto a esto.

La década de 1950 observó desarrollos teóricos basados en una variedad de aproximaciones, tales como seguimiento de autos, teoría de colas de tráfico (analogía hidrodinámica) y teoría de colas.

---

<sup>2</sup> **Traffic flow theory.** [www.tfrc.gov/its/tft/index.pdf](http://www.tfrc.gov/its/tft/index.pdf)

### **Movilidad.<sup>3</sup>**

El movimiento es el fundamento esencial de la vida para todos los seres vivos, los cuales requieren movimiento para mantenerse vivos; nos movemos para tener comida, techo, bienestar, etc. Desde la existencia de las plantas inmóviles a nuestro alrededor, todo depende íntimamente del movimiento.

Así entonces definiremos la movilidad como la libertad potencial o la habilidad para moverse en la forma que se desea. Por lo tanto quien goza de movilidad no tiene limitada su felicidad, espontaneidad, etc., simplemente porque esta es una necesidad y representa una parte de su individualidad. Cualquier situación que hace establecer a una persona en cierta localidad diferente al sitio de sus necesidades, no hace imposible que esta persona se satisfaga, simplemente porque ella tiene esta cuestión que llamamos movilidad.

Aunque la movilidad es parcialmente dependiente del movimiento, los dos conceptos no son sinónimos.

Mientras que la movilidad depende del movimiento, este no es autosuficiente. Reacuérdesse el caso de las plantas. Mientras que el movimiento es necesario para la vida, no hay ninguna especificación en cuanto a que o quien deba generarlo.

Contando con esta descripción estableceremos que las necesidades de las personas en el municipio de Acapulco se ven satisfechas por medio del transporte, un enfoque de ingeniería del

---

<sup>3</sup> Miguel A. Cárdenas. **Aplicaciones del análisis de sistemas**. 1ª Edición, S.E.C.S.A. México D.F. PP.160

transporte, muestra que geográficamente es mas conveniente ubicar las empresas, escuelas, comercios, etc., cerca de las áreas de vivienda.

Las razones son muy sencillas; en cuestión de costos y problemática de transporte, es la opción más barata y menos complicada en cuanto a trafico vehicular se refiere.

Pero este es el principal problema en Acapulco. La ciudad como la mayoría en la republica mexicana, no tuvo una planeación urbana. Las personas pasan casi la mitad de su vida en un vehículo, que las transporte de su vivienda a su trabajo o a donde satisfaga sus necesidades primordiales. Las distancias que se cubren para satisfacer estas, son grandes y existe perdida de tiempo y dinero. Una vista rápida del transporte en el puerto de Acapulco muestra vehículos deficientes, contaminantes en exceso y caros.

Aparte de esto el número de unidades de transporte público (autobuses urbanos, taxis y taxis colectivos) sobrepasa la demanda del transporte.

Esto en conjunto al transporte privado (autos particulares y de empresas) genera el problema del congestionamiento de tráfico.

### **El Municipio de Acapulco**

En 1927, el Gobierno Federal pavimentó el camino entre México y Acapulco, y en 1928 se construyó un aeropuerto. El periodo presidencial del Lic. Miguel Alemán le dio un gran impulso al puerto

construyendo la avenida principal que corre a lo largo de toda la bahía, ahora la Avenida Costera Miguel Alemán. El puerto comenzó a crecer de Caleta a Hornos, que se convirtió en el centro de actividades durante la década de los 50's y desde entonces la ciudad se ha ido expandiendo hacia el este y en la actualidad es considerado uno de los destinos turísticos mas famosos en el mundo.<sup>4</sup>

A partir de la urbanización de la ciudad y puerto de Acapulco, es notable el hecho de que el trazo de calles y avenidas no fueron planeados correctamente.

Como se puede apreciar el aumento de la población y el mal trazo de calles influyen a que el tráfico vehicular sea conflictivo.

De acuerdo al último censo, Acapulco tiene una población de 722,499 habitantes.<sup>5</sup>

La tabla 1A muestra el aumento de vehículos de los años 1996 a 1999 en el municipio de Acapulco.

---

<sup>4</sup> <http://hotelsandweb.com/mexicomoreforless/espanol/sur/html/acahis.html>

<sup>5</sup> INEGI Censo de Población y Vivienda 2000

Automóviles y Camiones de carga registrados en circulación 1996-1999 <sup>6</sup>			
Año	Automóviles	Camiones de carga	Total
1996	67,033	19,717	86,750
1997	73,035	21,514	94,549
1998	75,120	22,873	97,993
1999	87,345	28,540	279,292

Tabla 1A. Incremento de vehículos en el Municipio de Acapulco

Como se ve para el año de 1999 había circulando en el municipio 279,292 vehículos, entre automóviles y camiones de carga esto sin contar que el parque vehicular se incrementa en periodos vacacionales.

Haciendo un estimado para el año 2010 tomando en cuenta la tabla 1A, se obtiene que en promedio, anualmente el parque vehicular en automóviles crezca en 6,770 unidades; Esto quiere decir que para el año 2010 ingresarán en circulación un aproximado de 67700 automóviles dando un total de 155,045 unidades.

### Justificación

El propósito de esta tesis es presentar el diseño de un sistema dedicado que administre de la mejor forma el tráfico en las intersecciones más problemáticas en el municipio de Acapulco.

<sup>6</sup> INEGI Cuaderno Estadístico Municipal Edición 2002 Acapulco de Juárez Guerrero.

## **Hipótesis**

La siguiente Tesis Demostrará que:

*El tráfico vehicular en zonas conflictivas podrá ser administrado de forma óptima utilizando sistemas dedicados que controlen los señalamientos semafóricos.*

*Los índices de accidentes, tanto entre automóviles y peatones se reducirán en gran medida utilizando semáforos peatonales y una apropiada señalización.*

## **Objetivos**

Analizar los elementos que influyen en el tránsito de vehículos en intersecciones señalizadas.

Ubicar las áreas problemáticas de congestión automovilística del Municipio de Acapulco para su estudio particular.

Implantar un método estocástico de estimación del tráfico en las áreas conflictivas.

Desarrollar un modelo que permita diseñar el sistema controlador de los señalamientos de las intersecciones viales.

## CAPITULO 2

# FACTORES DEL TRÁFICO VEHICULAR

## CAPITULO 2.

### FACTORES DEL TRÁFICO VEHICULAR.

Una de las situaciones que se deben tener en cuenta al desarrollar cualquier sistema que reciba de un medio cambiante e impredecible sus datos de entrada, es que hay que observar y describir estos factores, para que posteriormente basados en estos, se realice la mejor opción en cuanto al diseño del sistema se refiere. De esta manera se explicarán los factores que rodean a los sistemas semafóricos y que de manera directa o indirecta, afectan el funcionamiento de los mismos.

Hay una situación muy importante que se quiere establecer en este trabajo de investigación; y es que las observaciones que se describan en este capítulo, solo son eso, observaciones. Y no es objeto de esta investigación, hacer cambios en los aspectos que a continuación se describirán, ya que eso compete a otras disciplinas y no es el carácter de este trabajo.

#### **2.1 Factores Externos**

##### **Factores climatológicos**

Estos influyen en la capacidad de repuesta física de los automóviles, bajo condiciones de clima como por ejemplo lluvia o nieve; el factor de sujeción de los neumáticos se reduce, provocando que la probabilidad de un desajuste del flujo vehicular ocurra (colisiones).



## **Factor de condiciones de vía**

El estado físico de una vía, así como también el diseño de esta, es importante para que se mantenga un flujo constante y organizado. En el caso de que exista una curva mal planeada o baches en el camino; estos, determinan el grado de fluidez del tráfico, así como también las probabilidades de colisiones. Se incluye dentro de este factor, una señalización adecuada y útil.

## **Secretaría de Protección y Vialidad (Reglamento de Transito Municipal).**

La función de los Agentes de Transito es vigilar que las reglamentaciones establecidas por el H. Ayuntamiento de Acapulco sean cumplidas por los usuarios de las vías de comunicación (calles y avenidas) de este municipio (Acapulco) y coordinar y dar solución expedita y eficiente a cualquier factor que bloquee o interfiera con la buena circulación de automóviles.

El poco uso y aplicación de las normas del reglamento de transito por parte de la Secretaría de Protección y Vialidad (Agentes de Transito) generan una cultura de antipatía respecto al mismo, por parte de los conductores.

De ahí, que no se respetan los señalamientos viales y los sistemas de control (semáforos), lo cual deriva en accidentes y otros tipos de problemas de carácter social (como los son las llamadas "Mordidas" a los Agentes de Transito)

## **Peatones.**

Este es un factor que entorpece el desempeño de los equipos semafóricos, la distribución de las calles de la ciudad de Acapulco resultan ya, en que de por sí sea difícil la implantación de semáforos para automóviles, entonces por ende, el que no haya semáforos peatonales, o los que hay no estén activos (Foto 1).

Es cierto que una buena educación vial es importante no solo para los automovilistas, si no también para los peatones que tienen que transitar también por la ciudad.

De esto se cae en la cuenta cuando en un cruce la gente prácticamente se abalanza hacia los automóviles que están en su derecho de paso por el citado cruce. No nos damos cuenta los peatones que también debemos respetar nuestro turno de cruce de calle. Y algo que agrava la situación es, que cruzamos calles y avenidas por donde nos viene en gana hacerlo. Así pues esta la situación en cuanto a peatones se refiere.

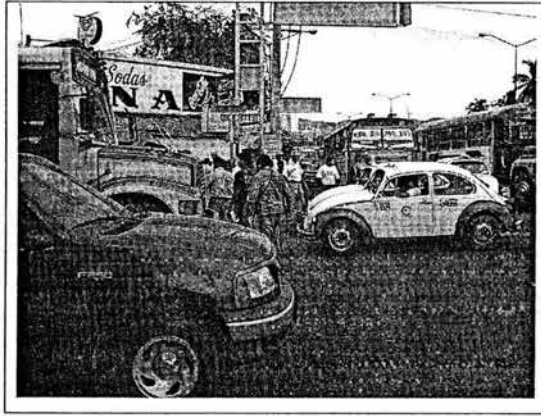


Foto1. Peatones entorpeciendo el flujo vehicular.

### **Transporte público (Camiones urbanos y taxis).**

El transporte público es uno de los grandes problemas con que cuenta el municipio. La situación es alarmante, cada vez mas camiones, taxis, y automóviles particulares circulando por la ciudad. Del conocimiento general, es que los operadores del transporte público, poco o nada respetan los semáforos y mucho menos el resto de señales transito, no respetan zonas de carga y descenso de pasajeros y son causantes de gran cantidad de accidentes en las calles de Acapulco (Foto 2,3).



Foto 2. El transporte público

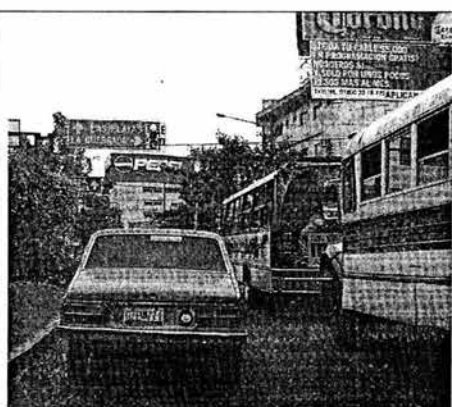


Foto3 El transporte público.

### **Educación vial (Peatonal y de Automovilistas).**

Algo muy importante en cualquier ciudad; hablando de la interacción de los automovilistas y peatones, es la Cultura Vial.

Más del 50% de los accidentes a peatones por parte de Automovilistas, se debe a que los trausentes no cruzan las avenidas (que son las mas peligrosas) por las esquinas de las mismas, y también el que no respetan los altos de los automóviles; Aquí se cae en una situación muy desigual dada la relación automóvil-personas.

Ahora, más del 80% de los automovilistas que circulan por el municipio de Acapulco no presento nunca un examen de conducción (De automotor) y la expedición de Licencias de conducir es dada sin

más requisito, que pagar el costo de la misma y un pobre examen medico.<sup>7</sup>

### **Erróneos usos del concepto de velocidad.**

El exceso de velocidad es una de las principales causas de accidentes automovilísticos dentro de las áreas urbanas, ¿es verdad que entre mas rápido viajas, más pronto llegas a tu destino?; veamos si esto es verdad.

La velocidad se define como la tasa de movimiento o la magnitud de una velocidad independiente de la dirección.

Desde que el hombre ha podido moverse con independencia y flexibilidad, ha aprendido lo que la naturaleza ha enseñado a otros animales desde hace ya muchos años: la velocidad es la vida.

El cazador y su presa se diferencian por sus capacidades de velocidad. Frecuentemente existe una competencia muy equilibrada entre sus habilidades para esquivar uno al otro; sin embargo, por razón de diferencias físicas, inexperiencia y hábitos de comer, el balance entre estos dos tipos de animales tiende a no ser estable, y el ciclo de la naturaleza se mueve a un paso más allá cuando la presa es utilizada para mantener la vida del cazador.

---

<sup>7</sup> Fuente: **Secretaría De Protección Y Vialidad** Municipio De Acapulco

No es de sorprenderse entonces que el hombre ha puesto tan alto precio a la velocidad. Un examen de la evolución histórica de los diferentes medios de transporte ilustrará que cada sistema se caracteriza por una mayor velocidad que la de su predecesor.

A continuación se verá el porqué un énfasis en la velocidad de los vehículos, puede producir un decremento en el tiempo de viaje promedio entre origen y destino.

## **2.2 Factores Internos**

### **Factor humano.**

Este es uno que caracteriza principalmente al flujo vehicular, si se hace un análisis macroscópico se cae en la cuenta de que el flujo esta compuesto por un conjunto de automóviles, pero si se ve microscópicamente, este se reduce a que al fin y al cabo, son personas las que conducen estos automóviles.

Entonces se aprecia una peculiaridad en este flujo, que sus partes componentes (el automóvil como unidad mínima) responden a objetivos totalmente diferentes a los del resto del flujo, y así recíprocamente cada uno de las demás partes componentes respecto al mismo.

Analizando con más detalle, vemos que durante mucho tiempo, el hombre ha podido diseñar, construir y mantener instrumentos mecánicos muy complejos. Un criterio de diseño importante ha sido la

viabilidad técnica, y, por lo tanto, el hombre ha ido muy lejos en su adaptación a las herramientas creativas que ha producido. Pero estos implementos día tras día se hacen más complejos y demandan de más cuidado y atención por parte del usuario. Para poder mantener el balance entre el beneficio proporcionado por estos instrumentos y la atención que estos requieren para su operación, los diseñadores han empleado conceptos de factores humanos en la planeación de los mismos.

El análisis de factores humanos simplemente es un aspecto del proceso de diseño que permite la creación de un sistema para que éste pueda satisfacer las limitaciones y expectativas físicas, psicológicas y estéticas del hombre. Un beneficio inmediato del enfoque de factores humanos han sido las ventajas filosóficas del concepto de asegurar que las máquinas se adapten al hombre y no en caso contrario. Se ha obtenido gran éxito en el área antropomórfica. Las dimensiones físicas, reacciones y requerimientos se han estado midiendo en incluyendo en muchos sistemas diseñados automáticamente.

La lista de componentes en el diseño de factores humanos incluye lo siguiente:

- 1.- Factores antropomórficos (mediciones y aspectos físicos).
- 2.- Factores psicológicos (proveer el bienestar social).
- 3.- Factores sociológicos (integrar a las personas en una forma productiva, segura y satisfactoria).

Ahora considérese el diseño de factores humanos de los sistemas de transporte como sigue:

**Ambiente interno (interior del vehículo)**

Velocidad, aceleración y vibración.

Ruido.

Iluminación.

Calidad atmosférica-temperatura, humedad.

Olor, asignación de espacio.

Estética-color, limpieza, atractivo visual.

**Convivencia y movilidad.**

Tiempo-espera de caminar de estacionamiento, movimiento.

Intersistema de transporte, terminales, conexiones entre redes de transporte.

Operación-disponibilidad y frecuencia del servicio.

Seguridad de servicio, accesibilidad, compatibilidad de llegada-salida, información comprensible; señales y mensajes relacionados a la asignación de rutas, horarios, localizaciones, identificación de los vehículos.

Señales especiales para enfermos, lisiados, niños, adultos, en edad avanzada, inválidos, etc.

Riesgos de accidentes-real y percibido.

Facilidades de emergencia.

Iluminación, protección.



### **Estado psicológico.**

Aburrimiento.

Autoestima.

Percepción de seguridad, alarma y miedo.

Ansiedad e incertidumbre, frustración.

Sentido del control personal.

Confort y calidad del transporte.

Expectativas personales.

Estos factores se integran al sistema de diseño, evaluando los tipos de reacciones que se espera del usuario para poder atender sus necesidades humanas.

## **2.3 La Paradoja de la Velocidad**

Quizá los aspectos más difíciles para entender el problema de velocidad son las realidades implícitas del mismo. Seguido, cuando más rápido se trata de viajar, más rápido se hace cubrir distancias. Considerando la ecuación de la velocidad promedio.

$$s = vt \quad (2.1)$$

Manipulando términos se tiene:

$$t = \frac{s}{v} \quad (2.2)$$

Por lo tanto, el tiempo (t) que se requerirá para viajar una distancia fija (s) es inversamente proporcional a la velocidad (v). Si se duplica la velocidad se acorta el tiempo a la mitad. Ahora se agrega un poco de complejidad al problema.

Se representa la distancia (s) como compuesta por un número de distancias ( $s_i$ ), esto es:

$$s \rightarrow \sum_{i=1}^N s_i \quad (2.3)$$

de igual manera.

$$t \rightarrow \sum_{i=1}^N t_i \quad (2.4 a)$$

por lo tanto.

$$t \rightarrow \sum_{i=1}^N \frac{s_i}{v_i} \quad (2.4 b)$$

Supongamos por el momento que todos los tiempos son iguales. Esto no es muy frecuente, pero servirá para ilustrar la situación. También supongamos que tomaremos un ( $t_k$ ) en particular, para ver si podemos hacerlo más pequeño

$$t = (N-1) \frac{s}{v} + \frac{s_k}{v_k} \quad (2.5)$$

Nótese que  $s$  y  $v$  son las distancias y velocidades promedio para las  $(t_i)$ . Nótese que el valor de  $(s_k)$  es constante, pues no se puede cambiar la distancia que se va a cubrir. Se utiliza como ilustración, los siguientes valores:

$$N = 10$$

$$\frac{s}{v} = 1hr \quad (2.6)$$

$$s_k = 100km$$

Si  $(v_k)$  es 100 Km /h, nuestro tiempo total de viaje son 10 hr. Ahora aceleremos las cosas un poco. Supóngase que  $(v_k)$  es 10 veces más rápido; o sea, 1000 Km. /hr. El nuevo tiempo de viaje es:

$$t_{nuevo} = 9 + \frac{100km}{1000km/hr} = 9.1hr \quad (2.7)$$

Esto es interesante, pues se ha aumentado la velocidad del transporte por un factor de 10 y solo se ha mejorado el tiempo de viaje total por un margen pequeño del 9%.

$$\%tiempo \text{ ahorrado} = \left(\frac{10-9.1}{10}\right)100 = 9\% \quad (2.8)$$

Este ejemplo no es hipotético. No es ni siquiera raro; inclusive, ocurre tan seguido que se esta convirtiendo en una verdadera paradoja del transporte moderno.

**CAPITULO 3**  
**USO DE LA TIERRA (ZONAS CONFLICTIVAS)**

## **CAPITULO 3.**

### **USO DE LA TIERRA (ZONAS CONFLICTIVAS).**

El Municipio de Acapulco de Juárez esta asentado en una zona geográfica muy irregular (un anfiteatro), con el crecimiento de la ciudad se generó un sistema de terraplenes conforme la población fue poblando las colinas de este anfiteatro; así en la actualidad, la ciudad está trazada por una intrincada maraña de Avenidas, calles y callejones. Esta peculiar distribución urbana y la mala planeación del uso de la tierra generan zonas de alta concentración de automóviles, a continuación se analizan las zonas con más problemas de tráfico en Acapulco.

#### **3. 1 La Planeación del Uso de la Tierra**

No es un concepto nuevo, mucho menos sacado de los antiguos rollos del mar muerto. La mala planeación de la ciudad de Acapulco es la causa principal del problema del tráfico vehicular.

Pero, ¿Qué es la planeación del uso de la tierra? ; La planeación del uso de la tierra es un proceso complejo y altamente sofisticado que requiere gran cuidado en su aplicación, lo cuál implica la especificación de los tipos de desarrollo que se harán realidad, sobre que superficie de tierra, para que propósito y en que magnitud; incluyen aspectos tan diversos, como la condición de la superficie de la tierra (esto es, es bosque natural, terreno desmontado, superficie de cemento, etc.) y la

densidad de población que la región puede soportar en términos físicos, de salud psicológica y bien estar en general.<sup>8</sup>

En pocas palabras la planeación del uso de la tierra es simplemente la estrategia de planear el mejor uso futuro de la misma.

Esto nos trae a la situación que actualmente vivimos los habitantes de este municipio en realidad las distancias que cubre una persona que vive en las áreas limítrofe del municipio, para llegar a sus centros de trabajo, pensando en que un 60% de la población trabaja en la zona hotelera, podría ser cubierta en poco mas de 20 minutos, si tomamos en cuenta que una persona que vive en Renacimiento tiene que recorrer aproximadamente 6 Km., esto es que a una velocidad de 30 Km/h el sujeto en cuestión estaría en su centro de trabajo: Lo anterior pensando en que se dio un uso y distribución correcta a la tierra.

Ahora veamos el caso actual. Observemos, hoy en día para viajar de cualquier parte del anfiteatro al centro de la ciudad, toma aproximadamente de 40 minutos a una hora de recorrido en un transporte público (autobús urbano), de 25 minutos a 40 minutos en un taxi o colectivo y para los que poseen vehículo propio se da un promedio de 30 minutos.

---

<sup>8</sup> Miguel A. Cárdenas. **Aplicaciones del análisis de sistemas**. 1ª Edición, S.E.C.S.A. México D.F. PP.232

Algo que es notable es que los centros que son satisfactorios para los habitantes de Acapulco (Hospitales, centros comerciales, cines, escuelas, etc.) están distribuidos de manera combinada; un ejemplo de esto es la zona de hospitales, que está ubicada en la Avenida Ruiz Cortines y que justo en la misma área se encuentran las facultades de Medicina, Sociales, Turismo y una preparatoria de la Universidad Autónoma de Guerrero. Esta conglomeración de servicios obliga a los habitantes recorrer distancias grandes y a verse en concurrencia con las demás personas en tiempos determinados, el resultado: Tráfico en exceso en un área muy reducida de la ciudad.

### 3.2 Localización Geográfica de Zonas Conflictivas

El municipio de Acapulco abarca no solo el área de la bahía y el anfiteatro, si no también zonas de las afueras. Es muy importante establecer, que las áreas más afectadas por los congestionamientos de tráfico son la Av. Costera Miguel Alemán, Av. Ruiz Cortines y el centro de la ciudad, dado que los centros de trabajo y de mayor concurrencia del municipio se encuentran en las citadas áreas.

Analizando las áreas más problemáticas se encontraron las siguientes:

Diego Hurtado de Mendoza cruce con Av. Cuauhtémoc y su prolongación hasta la Av. Constituyentes.

Esta calle inicia en un entronque con la Av. Costera Miguel Alemán que es su afluente en dirección sur-suroeste, y la Av. Constituyentes que es su afluente de suroeste a sur, como lo muestra la Fig.3.1.



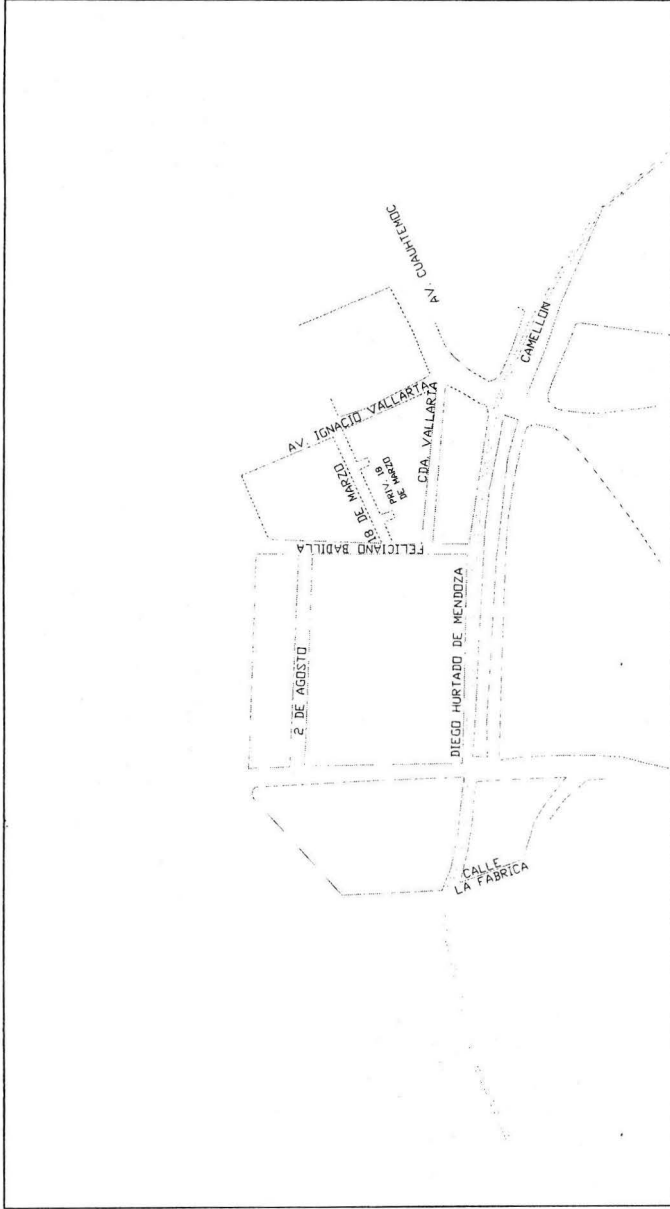


Fig.3.1. Zona del área del Mercado Central.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>INEGI Mapa urbano del Municipio de Acapulco.

El tendido Diego Hurtado de Mendoza esta constituido de 8 carriles distribuidos en ambas direcciones. Cuatro carriles se encuentran en un nivel superior, esto es, tendidos sobre lo que es el canal de aguas blancas, el cual desemboca en la bahía, y los otros cuatro que están en el nivel inferior, esta peculiaridad de disposición del tendido confiere a dicha calle un alto grado de inestabilidad vial, dado que no se respetan los señalamientos de vueltas prohibidas.

La segunda zona es: calle del Mercado y Av. Constituyentes, en este punto en sentido Este-Oeste, inicia la calle 16 de Septiembre.

El flujo Vehicular en esta zona es pesado, dado que los tendidos ya mencionados, conectan varias colonias y fraccionamientos del área, con el Mercado Central y El Tianguis Campesino; Estos Mercados son los centros principales de abastecimiento de víveres y comestibles del municipio de Acapulco.

Como se muestra en la Fig.3.2. Esta intersección soporta una sobrecarga de vehículos, la cual no puede administrar el semáforo (de tipo convencional) que se encuentra en la misma, aproximadamente 400 autobuses urbanos y microbuses transitan desde la calle 16 de septiembre en sentido de la Av. Constituyentes en una hora, lo cual quiere decir que en 12 horas transitan por la vía en promedio 4800 vehículos, Solo de este tipo.

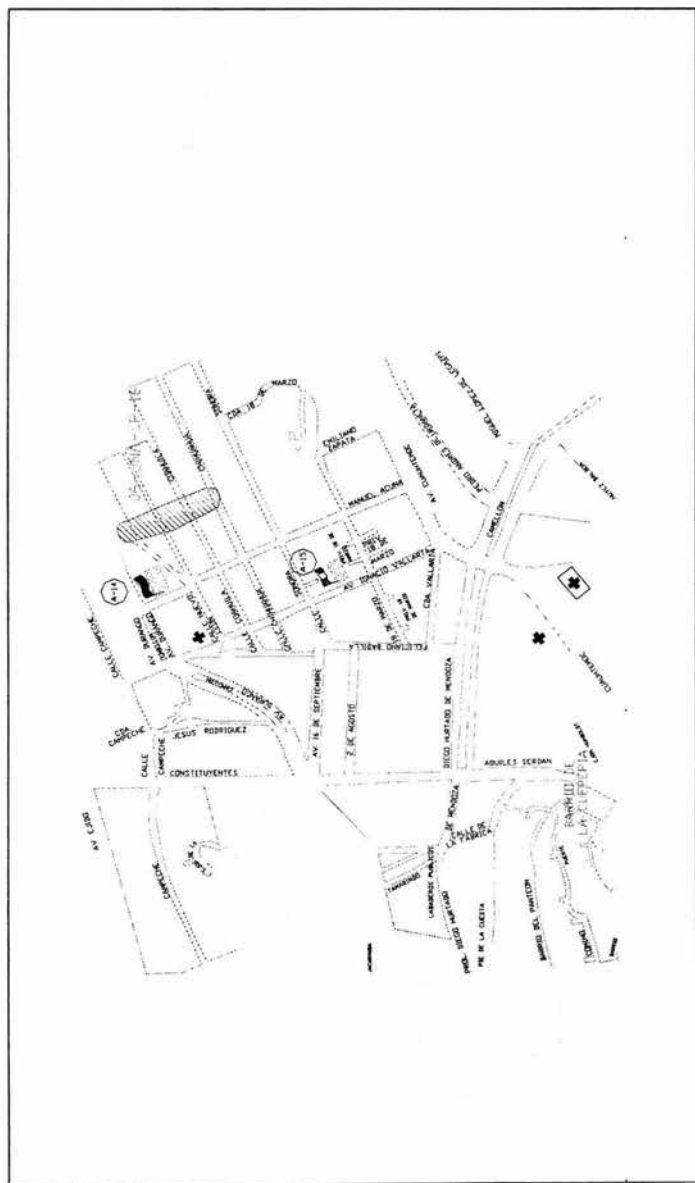


Fig.3.2. Zona del área del Mercado Central y Tianguis Campesino.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> INEGI Mapa urbano del Municipio de Acapulco

Tercera Zona, Av. Cuauhtémoc, tomando la zona que abarca el tendido que va desde el H. Ayuntamiento Municipal hasta el entronque con la Av. Wilfrido Massieu; en esta sección se presenta un abuso del uso de semáforos, ya que estos se encuentran muy próximos unos de otros, de esta manera no se le permite a los autos que constituyen el flujo de esta vía, alcanzar una velocidad de régimen.

Existen calles paralelas que son importantes como medio alternativo de la propia Av. Cuauhtémoc, las cuales interconectan con otras avenidas importantes como lo es la calle Hornos Insurgentes que va directamente a la Av. Constituyentes.

En el afán de tratar de organizar estos afluentes (viales) se instalaron, como ya se mencionó, tres semáforos en menos de 200 m., dando como resultado un flujo muy lento en ambas direcciones de la Av. Cuauhtémoc en el tramo ya mencionado, como se muestra en la Fig. 3.3.

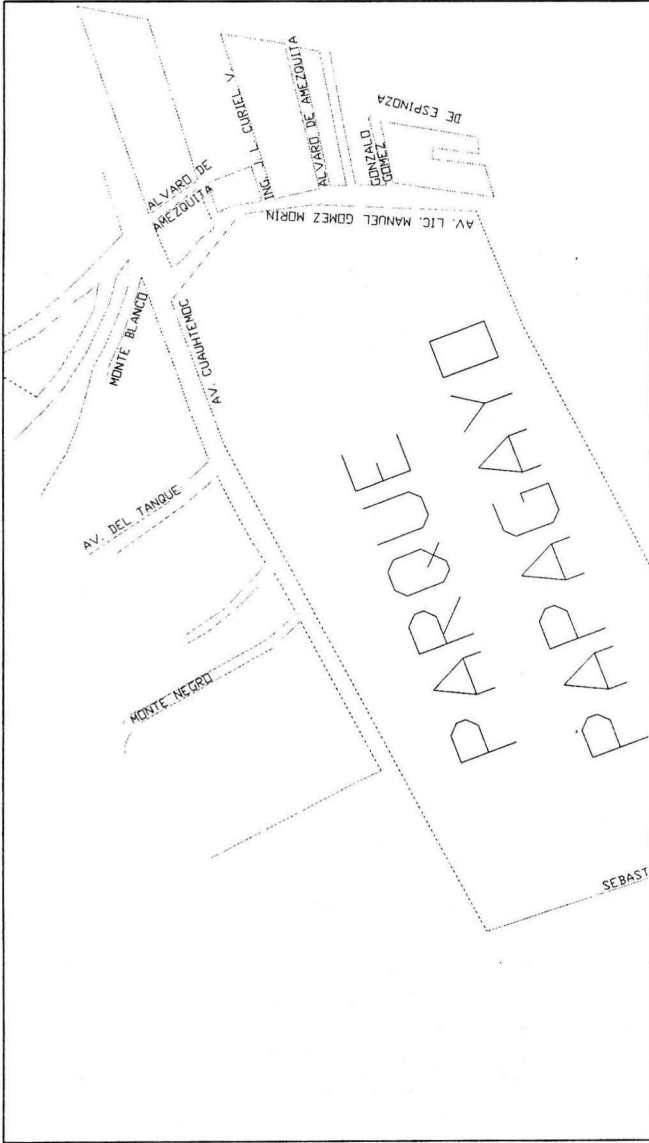


Fig.3.4. Sección Av. Cuauhtémoc, Monte Blanco Lic. Gómez Morin.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> INEGI Mapa urbano del Municipio de Acapulco.

La cuarta zona conflictiva es la que se localiza en la intersección de Av. Constituyentes, Av. Ejido y Av. Baja California. Este cruce presenta características de flujos que se tornan saturados la mayor parte del día (6 AM a 9PM).

El flujo que llega de Norte a Sur por la vía Constituyentes es el conjunto de vertientes que vienen desde la Av. Ruiz Cortines y de las áreas aledañas a este, además de que esta vía comunica directamente al centro de la ciudad (Zócalo), por medio de la calle Aquiles Cerdan pasando por la calle Juan R. Escudero.

En el sentido de Sur a Norte por la misma vía contiene el retorno del centro de la ciudad hacia las áreas ya mencionadas.

La Av. Ejido por su parte trae el flujo vehicular de toda el área de colonias como son Vista Alegre, Hogar Moderno parte del Frac. Mozimba y otras más.

La Av. Baja California es una vía alterna hacia el centro de la ciudad para toda el área de la Col. Progreso.

Las horas de peor tráfico son las horas pico, horas de salida de escuela y de salidas de trabajo.

La figura 3.5 Muestra la ubicación de esta intersección.

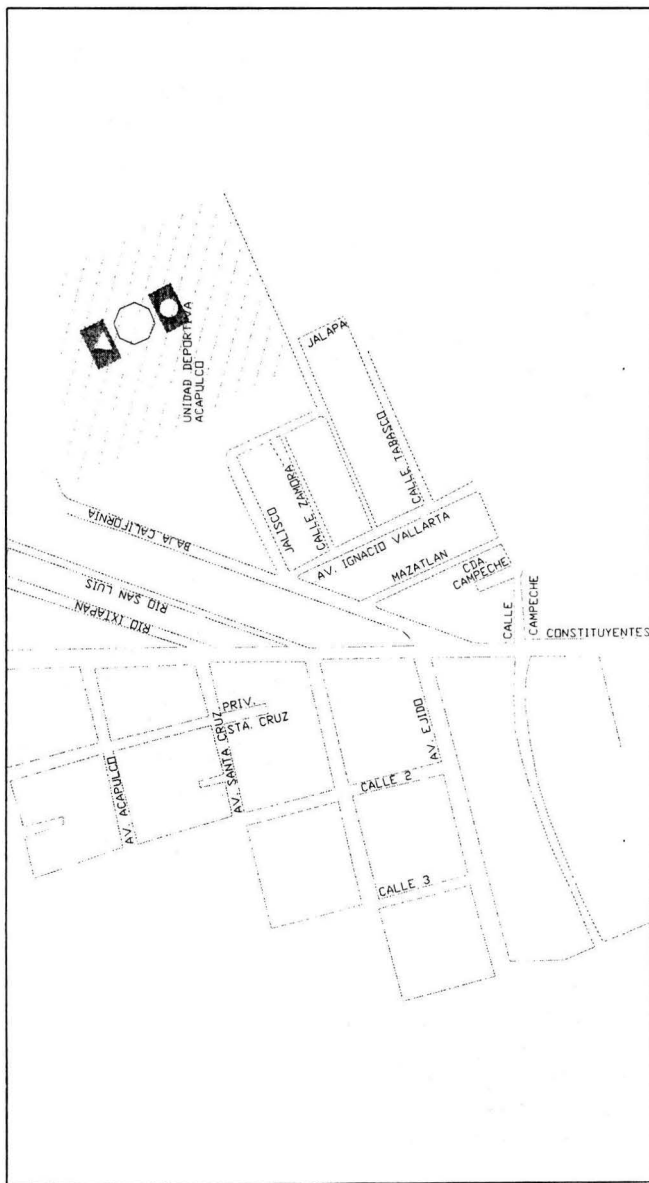


Fig.3.4. Intersección Constituyentes, Ejido y Baja California. 12

<sup>12</sup> INEGI Mapa urbano del Municipio de Acapulco.

CAPITULO 4  
CONTROL DIGITAL Y  
MICROCONTROLADORES



## CAPITULO 4.

### CONTROL DIGITAL Y MICROCONTROLADORES.

#### 4.1 El Concepto de Control

El concepto de control es una parte esencial e importante de los sistemas de transporte, pues permite que los diferentes componentes del sistema funcionen en armonía. Las formas y estrategias del control son de diferentes tipos, desde el control del sistema de inyección de combustible en un automóvil, hasta el manejo eficiente del uso de la tierra. El sistema debe responder con tiempos de reacción de cincuenta milisegundos; y en contraste debe mantener una vida útil de veinte años por lo menos.

Existen varios conceptos de control de sistemas de transporte: el control del vehículo y su automatización, el control dentro de la planeación urbana, y el control de semáforos.

Existe una tendencia de esta época moderna, la cuál es automatizar la mayoría de las actividades que involucren máquinas o dispositivos de trabajo, que antaño o eran realizadas expresamente por personas o que eran ejecutadas por maquinas, pero asistidas por un operador. Hoy en día no nos sorprende ver desde electrodomésticos (lavadoras, refrigeradores y cafeteras!) hasta los más complejos aparatos como aviones, automóviles y edificios inteligentes, que son controlados por sistemas digitales; los cuales no son nuestro tema de estudio en particular, pero que ejemplifican de gran manera el uso y aplicación del Hardware digital.

Todo lo anterior se deriva de la revolución tecnológica que comenzó en 1943 cuando John Mauchly y John P. Eckert<sup>13</sup> construyeron la primera calculadora electrónica, La ENIAC. En 1947 en los laboratorios Bell se inventa el transistor. Este dispositivo de estado sólido permitió una mayor integración de los componentes de aquellas computadoras. Este es el secreto del desarrollo de la tecnología actual: La Integración.

### **Circuito integrado (C.I.)**

Es un pequeño cristal semiconductor de silicio, llamado pastilla. Los componentes individuales de un C.I. no pueden separarse o desconectarse y el acceso al circuito en el interior del paquete es solo a través de las clavijas externas. Las escalas de integración actuales hacen que un C.I. llegue a tener miles de componentes dentro.

Se les llama digitales a estos dispositivos, por que su base de procesamiento es el sistema binario (dos dígitos 1 y 0) el cuál ofrece una simplificación al momento de realizar operaciones ya sean lógicas o matemáticas. Además de que el funcionamiento de los C.I. esta basado en estados de "encendido" (on) y "apagado"(off), de ahí el porque del sistema binario.

Una consideración que hay que tener a los sistemas digitales es que algunas veces necesitan datos analógicos para realizar sus operaciones o para arrojar sus resultados. Para que un sistema digital reaccione a un fenómeno del ambiente que lo rodea, ya sea

---

<sup>13</sup>[www.geocities.com/pibeschorros2003/interest2.html](http://www.geocities.com/pibeschorros2003/interest2.html)

medir una temperatura o presión y actuar con una respuesta a este estímulo son necesarios los transductores. Así pues, los sistemas digitales pueden realizar una gran gama de tareas, claro esta, para la cual específicamente fue diseñado. No es lo mismo poner un sistema de una cafetera automática en la cabina de un Boeing 747 para la navegación del avión.

El hardware digital por tanto se puede aplicar para la resolución del problema que nos compete en este estudio: el control de semáforos. El ambiente en el que los sistemas de control de semáforos se aplican es de extremos, los dispositivos están sometidos a temperaturas elevadas, golpes, humedad. Etc.

Pero una de las características de los sistemas de control es que deben de soportar todas estas inclemencias.

Los enemigos de los sistemas digitales son invisibles; interferencias electromagnéticas generadas por motores, tormentas eléctricas, variaciones en el suministro de alimentación del dispositivo y hasta los cortes de energía eléctrica, por mencionar algunos. Claro esta que no todo es color de rosa con la aplicación de los controles digitales. De hecho, en su forma de manejar los datos esta su pequeña desventaja, como ya se mencionó, la lógica digital es la que rige a estos sistemas o controles. Los 1<sup>s</sup> y los 0<sup>s</sup> no son más que variaciones pequeñas de voltaje que interpretan los C.I. y por esto mismo son propensos a inducciones de voltajes que cambian los valores de estos 1<sup>s</sup> y 0<sup>s</sup>, de ahí que se realice una operación no deseada del sistema. Estos errores son poco frecuentes pero ningún sistema esta exento de ellos.

## **4.2 Componentes (Familias Lógicas)**

En esta parte se hará referencia a las partes de las que más comúnmente está integrado un sistema de control digital. Los circuitos lógicos secuenciales se dividen en síncronos y asíncronos.

Los dispositivos síncronos responden a una temporización, lo cual quiere decir que necesitan de una base de tiempo para realizar sus procesos y sus salidas están establecidas por espacios de tiempos.

Los dispositivos asíncronos dependen de estados de entrada y estados anteriores, esto quiere decir que no necesitan de temporización para mostrar datos a su salida. Debido a que un sistema de control debe guardar una relación muy estrecha y exacta con los demás componentes del sistema, los dispositivos asíncronos no estarán comprendidos en el desarrollo de este trabajo, pero serán mencionados. A continuación se presentarán los componentes básicos principales de los que se valen los sistemas digitales.

### **Familias lógicas**

Como ya se mencionó, los circuitos digitales emplean componentes encapsulados, los cuales pueden albergar compuertas lógicas o circuitos lógicos más complejos.

Estos componentes están estandarizados, para que haya una compatibilidad entre fabricantes, de forma que las características más importantes sean comunes. De esta forma los componentes lógicos se engloban dentro de una de las dos familias siguientes:

TTL: diseñada para una alta velocidad.  
CMOS: diseñada para un bajo consumo.

Actualmente dentro de estas dos familias se han creado otras, que intentan conseguir lo mejor de ambas: un bajo consumo y una alta velocidad.

No se hace referencia a la familia lógica ECL, la cual se encuentra entre la TTL y la CMOS. Esta familia nació como un intento de conseguir la rapidez de TTL y el bajo consumo de CMOS, pero en raras ocasiones se emplea.

### Comparación de las familias<sup>14</sup>

PARAMETRO	TTL estándar	TTL 74L	TTL Schottky de baja potencia (LS)	Fairchild 4000B CMOS (con Vcc=5V)	Fairchild 4000B CMOS (con Vcc=10V)
<u>Tiempo de propagación de compuerta</u>	10 ns	33 ns	5 ns	40 ns	20 ns
<u>Frecuencia máxima de funcionamiento</u>	35 MHz	3 MHz	45 MHz	8 MHz	16 MHz
<u>Potencia disipada por compuerta</u>	10 mW	1 mW	2 mW	10 nW	10 nW
<u>Margen de ruido admisible</u>	1 V	1 V	0'8 V	2 V	4 V
<u>Fan out</u>	10	10	20	50 (*)	50 (*)

(\*) O lo que permita el tiempo de propagación admisible.

<sup>14</sup> <http://eca.redeya.com/cursos/edigital/tutor2.html>

Dentro de la familia TTL encontramos las siguiente sub-familias:

- L: Low power = disipación de potencia muy baja.
- LS: Low power Schottky = disipación y tiempo de propagación pequeño.
- S: Schottky = disipación normal y tiempo de propagación pequeño.
- AS: Advanced Schottky = disipación normal y tiempo de propagación extremadamente pequeño.

### **Tensión de Alimentación**

CMOS: 5 a 15 V (dependiendo de la tensión tendremos un tiempo de propagación).

TTL: 5 V.

### **Parámetros de compuerta**

Las compuertas lógicas no son dispositivos ideales, por lo que vamos a tener una serie de limitaciones impuestas por el propio diseño interno de los dispositivos lógicos. Internamente la familia TTL emplea transistores bipolares (de aquí su alto consumo), mientras que la familia CMOS emplea transistores MOS (a lo que debe su bajo consumo).

### **Margen del Cero**

Es el rango de tensiones de entrada en que se considera un cero lógico:

VIL máx: tensión máxima que se admite como cero lógico.

VIL mín: tensión mínima que se admite como cero lógico.

### **Margen del Uno**

Es el rango de tensiones de entrada en que se considera un uno lógico:

VIH máx: tensión máxima que se admite como uno lógico.

VIH mín: tensión mínima que se admite como uno lógico.

### **Margen de Transición**

Se corresponde con el rango de tensiones en que la entrada es indeterminada y puede ser tomada como un uno o un cero. Esta zona no debe ser empleada nunca, ya que la compuerta se comporta de forma incorrecta.

MT = VIH mín - VIL máx

### **Amplitud Lógica**

Debido a que dos compuertas de la misma familia no suelen tener las mismas características debemos emplear los valores extremos que tengamos, utilizando el valor de VIL máx. más bajo y el valor de VIH mín más alto.

Al máx.: VH máx. - VL mín.

Al mín.: VH mín. - VL máx.

### **Ruido**

El ruido es el elemento más común que puede hacer que nuestro circuito no funcione habiendo sido diseñado perfectamente. El ruido puede ser inherente al propio circuito (como consecuencia de proximidad entre pistas o capacidades internas) o también como consecuencia de ruido exterior (el propio de un ambiente industrial).



Si trabajamos muy cerca de los límites impuestos por VIH y VIL puede que el ruido impida el correcto funcionamiento del circuito. Por ello debemos trabajar teniendo en cuenta un margen de ruido:  
VMH (margen de ruido a nivel alto) =  $VOH_{\text{mín}} - VIH_{\text{mín}}$   
VML (margen de ruido a nivel bajo) =  $VIL_{\text{máx}} - VOL_{\text{máx}}$   
VOH y VOL son los niveles de tensión del uno y el cero respectivamente para la salida de la compuerta lógica.

Supongamos que trabajamos a un nivel bajo de  $VOL = 0.4 \text{ V}$  con  $VIL_{\text{máx}} = 0.8 \text{ V}$ . En estas condiciones tendremos un margen de ruido para nivel bajo de:

$$VML = 0.8 - 0.4 = 0.4 \text{ V}$$

### Fan Out

Es el máximo número de compuertas que podemos excitar sin salirnos de los márgenes garantizados por el fabricante. Nos asegura que en la entrada de las compuertas excitadas:

VOH es mayor que VOH mín  
VOL es menor que VOL mín

Para el caso en que el FAN OUT sea diferente a nivel bajo y a nivel alto, escogeremos el FAN OUT más bajo para nuestros diseños.

Si además nos encontramos con que el fabricante no nos proporciona el FAN OUT podemos calcularlo como:

$$FAN\ OUT = IOL_{\text{máx}} / IIL_{\text{máx}}$$

Donde IOL e IIL son las corrientes de salida y entrada mínimas de compuerta.

## **Potencia Disipada**

Es la media de potencia disipada a nivel alto y bajo. Se traduce en la potencia media que la compuerta va a consumir.

## **Tiempos de Propagación**

Definimos como tiempo de propagación el tiempo transcurrido desde que la señal de entrada pasa por un determinado valor hasta que la salida reacciona a dicho valor.

Vamos a tener dos tiempos de propagación:

$T_{phl}$  = tiempo de paso de nivel alto a bajo.

$T_{plh}$  = tiempo de paso de nivel bajo a alto.

Como norma se suele emplear el tiempo medio de propagación, que se calcula como:

$$T_{pd} = (T_{phl} + T_{plh})/2$$

## **Frecuencia Máxima de Funcionamiento**

Se define como:

$$F_{m\acute{a}x} = 1 / (4 * T_{pd})$$

### **4.3 La Computadora el Microprocesador y el Microcontrolador**

La revolución de la computadora se ha dado durante los últimos 30 años, esto ha revolucionado el dominio de acción de los microprocesadores, en un inicio las computadoras eran extremadamente grandes, con el desarrollo de la escala de

integración, gracias al transistor, las computadoras actuales han desplazado a los viejos mainframes para aplicaciones diversas.

*"En 1981, IBM entró en el mercado de las computadoras de pequeño tamaño con la computadora personal. (normalmente denominada PC, personal computer), que estaba basada en el microprocesador 8088 de Intel. Todavía, a las computadoras que son compatibles con la arquitectura original de Intel de las denomina PC, aunque son mucho más que computadoras personales."*<sup>15</sup>

### **Elementos básicos de una computadora.**

Todas las computadoras se componen de bloques elementales de operación, los cuáles son: Unidad Central de Procesos (CPU), memoria y puertos de Entrada/Salida, estos a su vez están interconectados por medio de buses; que permiten la transferencia de datos entre los bloques. Los buses son: bus de datos, bus de control y bus de direcciones. Un esquema de computadora básico se muestra en la figura 4.1.

---

<sup>15</sup> Floyd Thomas L. **Fundamentos de Sistemas Digitales**. 7ª Edición. Prentice hall PP.(894)

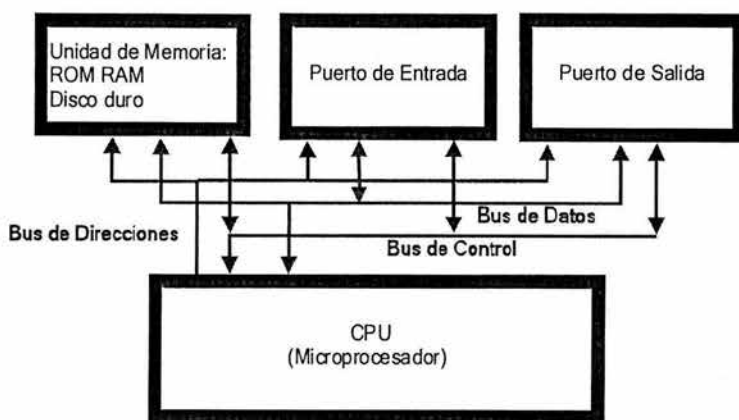


Figura 4.1. Estructura elemental de una computadora.

### Microprocesadores.

Un microprocesador es un encapsulado que contiene la CPU completa de una computadora, según su diseño es la capacidad de velocidad y número de instrucciones y operaciones que puede ejecutar.

*"Los microprocesadores se usan en las estaciones de trabajo y en los servidores, así como en dispositivos periféricos como son impresoras y las unidades de disco. Los microprocesadores se emplean también en muchas aplicaciones que requieren funciones de control y supervisión, entre las que se incluyen el control industrial y de maquinaria, los controles de motores y de telemetría, por nombrar algunas. En muchas de las aplicaciones de control, un primo del microprocesador, el **microcontrolador**, ha encontrado un amplio campo de acción."*<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Ibid., PP. (895)

Se le llama arquitectura del microprocesador a la forma en que las unidades que lo componen están diseñadas, lo cual determina el conjunto de instrucciones y funciones que puede ejecutar el microprocesador.

En la figura 4.2 se muestran tres unidades principales que tienen los microprocesadores.

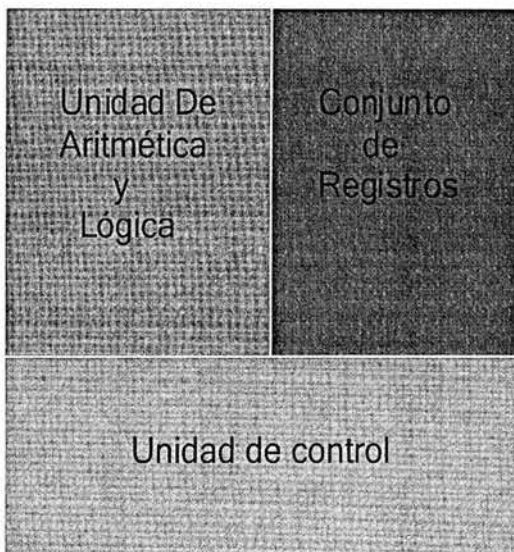


Figura 4.2. Elementos básicos de un Microprocesador.

**Unidad de aritmética y lógica.** Esta realiza las operaciones básicas aritméticas, a través de las cuáles puede realizar operaciones aún mas complicadas; de igual manera realiza operaciones lógicas como lo son OR, AND etc.

**Conjunto de registros.** Estos permiten durante la ejecución de un programa que los datos, resultados de operaciones direcciones de memoria etc. sean almacenados en ellos de manera temporal,

existen registros de propósito especial, los cuales tienen funciones específicas bien definidas, otro conjunto de registros son los de propósito general y los registros invisibles, que no están disponibles para el programador.

Unidad de control. Es el director de la orquesta, por medio de esta las operaciones de transiciones de datos e instrucciones son sincronizadas.

### **Microcontrolador.**

Un Microcontrolador (MCU Micro Controller Unit) es un circuito integrado que incorpora una unidad central de procesos (CPU Central Process Unit) y una serie de recursos internos. La CPU permite que el microcontrolador pueda ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria. Los recursos internos son memoria RAM, memoria ROM, memoria EEPROM, puerto serie, puertos de entrada y salida, temporizadores, comparadores, capturadores, etcétera.

Existen varios tipos de microcontroladores, la diferencia con el microprocesador es la capacidad de ejecución de instrucciones y la velocidad con que estas son llevadas a cabo.

La variedad de microcontroladores se debe a la gran gama de aplicaciones en que se los puede ocupar, o al tipo de aplicación que se le va a dar.

Poseen todos, la arquitectura básica del microprocesador, esto es, tienen una unidad lógica y aritmética, un conjunto de registros de operaciones y una unidad de control, las variantes se

complementan con conversores analógico digital, memorias RAM y ROM internas etc.

#### **4.4 Dispositivos de Entrada y Salida**

Un microcontrolador por si solo posee un rango de acción muy limitado, es necesario darle "brazos y piernas "para que pueda realizar alguna tarea con efectividad.; los dispositivos de entrada y salida a través de sus interfases, le dan esta libertad de acción.

Se les conoce como dispositivos de Entrada Salida del microcontrolador o del microprocesador, estas son variadas, por ejemplo:

- ❖ Teclado
- ❖ Displays LCD o de Leds
- ❖ Puertos Serie o Paralelo
- ❖ Unidades de Memoria externas
- ❖ Monitores

Estos son algunos, pero la variedad de dispositivos es dependiente de la aplicación que se le de al sistema microcontrolador.

*"El nombre <<interfase>> es un término general para especificar la frontera o punto de contacto entre dos partes de un sistema. En sistemas digitales usualmente con él se hace referencia al conjunto de puntos de conexión de señales que el sistema o cualquiera de sus componentes presenta al exterior. El verbo <<interconectar>> o la frase <<realizar una interfase>> significa enlazar dos o mas componentes o sistemas a través de sus*

respectivos puntos de interfase, de forma tal que entre ellos pueda transferirse información<sup>17</sup>

Para que un dispositivo de Entrada Salida sea conectado a un microcontrolador o a un microprocesador, es necesario acoplar al bus del sistema un circuito de interfase, el diseño del circuito varia en complejidad dependiendo de la función del dispositivo; así, es necesario realizar las conversiones y la sincronización para que estos se puedan comunicar; esa es la función del circuito de interfase. A la acción de enlazar un microcontrolador y dispositivos de Entrada Salida se denomina *interconexión* o *realización de una interfase*.

La figura 4.3 presenta un ejemplo de la realización de interfases.

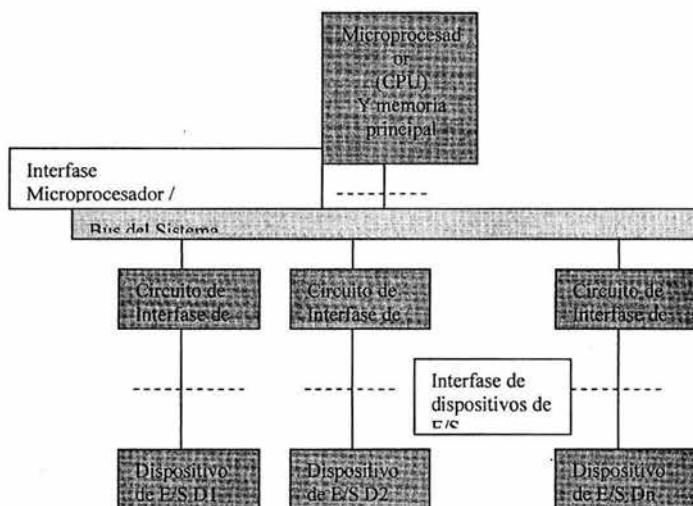


Figura 4.3. Interfases de un microcontrolador/microprocesador

<sup>17</sup> Hayes John P. *Diseño de sistemas Digitales Y Microprocesadores*. Mc Graw Hill. PP.(623,624)



CAPITULO 5  
EL TRANSITO VEHICULAR COMO UN  
FLUJO

## CAPITULO 5.

### EL TRANSITO VEHICULAR COMO UN FLUJO.

#### 5.1 Formas de Flujo y Conflictos

En un fluido existen ciertas características inherentes al mismo, lo que quiere decir que está sujeto a las condiciones físicas que lo rodean; y su comportamiento en alguna manera se encuentra regulado por estas condiciones, de igual manera un flujo vehicular se encuentra afectado por distintos factores.

Esta serie de factores se encuentran implícitos en el flujo vehicular, otra similitud es que un fluido, como por ejemplo el agua, toma la forma del recipiente que la contiene, cuando a este fluido se le encausa; adquiere una cierta velocidad de desplazamiento dentro del cause, de igual manera un flujo vehicular dentro de una vía adquiere esta misma propiedad, velocidad. Pero, como se verá, este también esta restringido, puesto que las vías de automóviles están compuestas de intrincados cruces y desviaciones que agrega características como es la densidad del flujo vial (carga vehicular)

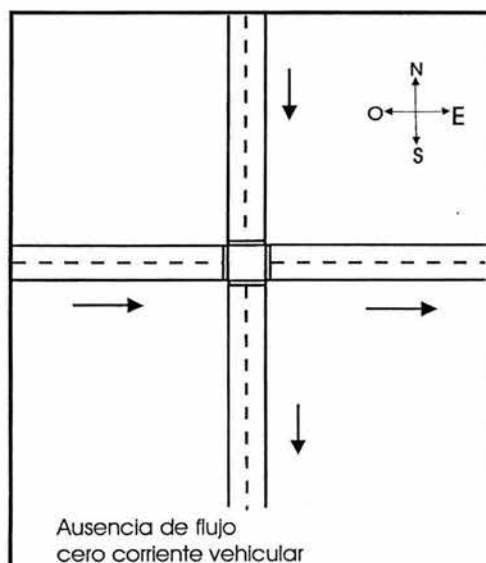
A la forma de un conjunto de automóviles, se le denominará corriente de flujo. Esto es, el conjunto de automóviles que están siendo analizados como un todo dentro de un determinado espacio y tiempo. Esto es así, puesto como se ha visto ya, un automóvil en particular puede permanecer o no dentro de la corriente de flujo. Dependiendo de la voluntad de su conductor. Para una mejor apreciación del problema que acomete a este análisis; se verán las corrientes que desembocan en cruces señalizados por semáforos. El comportamiento de las ráfagas o corrientes (rate-flow) en secciones de vía, así como el de cruces no señalizados (sin semáforos) no

serán caso de estudio, puesto que el objetivo de esta investigación es el mejoramiento y optimización del actual sistema de semáforos en el municipio de Acapulco; lo cual lleva al análisis de cruces señalizados únicamente.

El flujo en una intersección señalizada (con semáforos) esta determinado por la naturaleza misma de la intersección, de esta manera las cantidades de flujo que se encuentran en esta, deben ser distribuidas por la señalización. A continuación analizaremos que es lo que sucede en estos cruces.

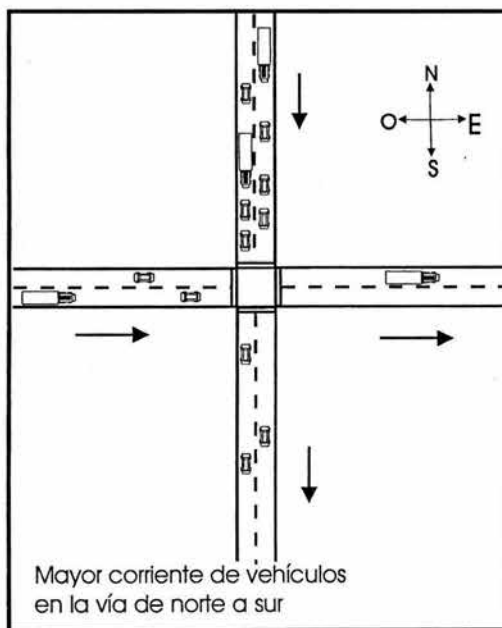
Casos:

1.- Cuando no existe ninguna carga de flujo por ninguna vía de la intersección, esto significa que el flujo es cero. Dado que este es un estado poco frecuente o raro. Se tomará como estado inicial del flujo. (Cero corrientes)



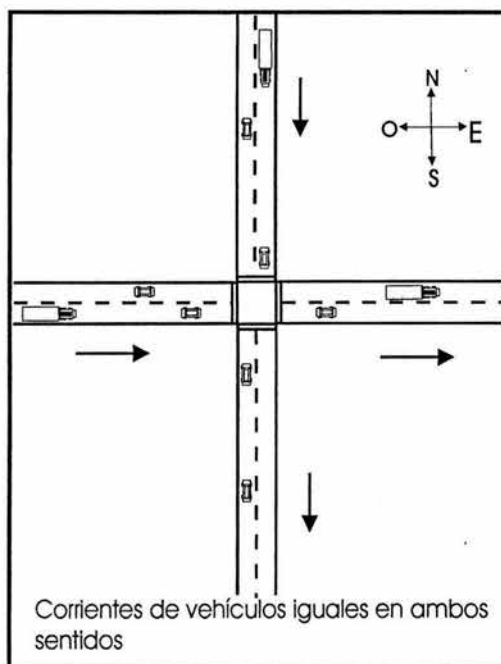
1) Ausencia de flujo vehicular.

2.- Mayor cantidad de corriente en uno de los sentidos de las vías, como sucedería en una tubería convencional que transporta agua. Si no se diese circulación a esta parte de la tubería, esta llegaría a un punto de tensión que afectaría la estructura de dicha tubería. Así mismo en la vía que tiene mayor carga de flujo, se debe de dar continuidad de alguna manera a la misma, para que no exista ningún tipo de embotellamiento o "tapón" a esta. Se debe tomar en cuenta que la vía que desemboca en un cruce, viene de algún lugar; y que la longitud de esta es finita. Por eso es que se debe, en determinado momento aliviar esa "presión", para que la circulación del resto de esta vía finita mantenga su propia corriente o flujo.



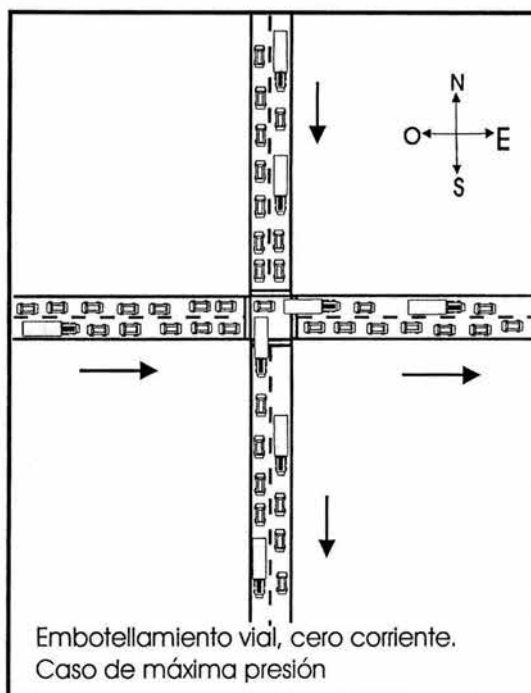
2) Mayor corriente en una vía.

3.- Corrientes de flujo iguales en cada una de las vías que confluyen en la intersección, este debería ser el estado ideal de corrientes a la intersección, cantidades iguales de corrientes y cargas de llegadas a cruce iguales (presión).



3) Cargas de corriente iguales en ambos sentidos.

4.- Saturación máxima de todas las vías que confluyen en la intersección. Este es el caso de máxima presión en la intersección.



4) Saturación total de la intersección.

De lo anterior se derivan los conflictos y las maneras de regularlos. Desde el punto de vista de la circulación de vehículos, un viaje es una sucesión de etapas de movimiento y reposo. Para un vehículo aislado esto podría ser descrito por las leyes de la mecánica. Pero cuando múltiples y distintos vehículos, como ya se mencionó anteriormente, participan en el proceso surgen interacciones de otra naturaleza que condicionan la circulación.

Estas interacciones tienen lugar en los elementos de la infraestructura vial: Vías, intersecciones, estaciones de transferencia de pasaje etc. Derivan de un hecho físico básico; como ya se mencionó, tanto los vehículos como la infraestructura vial tienen dimensiones finitas. De ahí los conflictos; la presencia de un vehículo condiciona a los otros.

A continuación se mencionaran los conflictos clasificándolos en tres tipos: concurrenciales, direccionales y funcionales.

**Conflictos concurrenciales.-** Se producen entre los vehículos que circulan por la misma vía y en el mismo sentido, pero con distintas velocidades. La superación de este tipo de conflicto se logra ajustando la velocidad de los vehículos o permitiendo el adelantamiento del vehículo más lento (rebase).

**Conflictos direccionales.-** Se dan entre vehículos cuyas trayectorias se cruzan en una misma vía o en vías distintas. Su solución se obtiene dando prioridad a uno de los movimientos sobre el otro. Se producen, típicamente en intersecciones.

**Conflictos funcionales.-** Ocurren entre vehículos que hacen uso antagónico de un mismo sector de la vía: movimiento y reposo. Se superan a través del adelantamiento del vehículo detenido, la detención del vehículo en movimiento o el ajuste de su velocidad hasta que el conflicto desaparece (por ejemplo paraderos de buses y estacionamientos en la vía).

Los conflictos en la circulación difícilmente pueden ser eliminados del todo, lo que da origen a eventuales accidentes. Entonces, si el conflicto no puede eliminarse, debe regularse. La regulación debe reunir dos características importantes:

- a) **Eficiencia:** permitir el desarrollo adecuado o solución del conflicto.
- b) **Seguridad:** prevenir las ocurrencias de accidentes.

Sin embargo, la regulación no se impone sobre los vehículos. Es, en realidad, una regulación de la conducta de los usuarios, donde el actor principal es el conductor.

Es aquí donde la ingeniería juega su rol a través de su actividad por excelencia: el diseño (entendido como percepción de soluciones) de vías, intersecciones, estaciones de transferencia y sistemas de control o regulación (semáforos).



## 5.1 Teoría del Flujo del Tráfico.

Es necesario enfatizar la importancia del transporte en nuestras vidas.

Las teorías del flujo del tráfico buscan describir de una manera matemática, las interacciones entre los vehículos y sus operadores (los componentes móviles) y la infraestructura (el componente inmóvil).

Esto último consiste en los sistemas de carreteras y todos sus elementos operacionales: dispositivos de control, señalamientos, marcas, etc.

Tal cuales, estas teorías son indispensables para construir todos los modelos y herramientas que son usados en el diseño y construcción de calles y avenidas.

### Características del tráfico en chorro.

$k$  Densidad del flujo del tráfico en una determinada longitud de camino

$L$  Longitud de vehículos de longitud uniforme

$c_k$  Constante de proporcionalidad entre la ocupancia y la densidad, bajo ciertas condiciones simplificadas.

$k_i$  La densidad promedio de vehículos en un subflujo  $I$ .

$q_i$  La tasa promedio de un flujo de vehículos en un subflujo  $I$ .

$\mu$  Velocidad promedio de una serie de vehículos

$A$   $A(x,t)$ . Llegada acumulativa de vehículos en función del espacio tiempo

$k_j$  Densidad de embotellamiento, i.e. la densidad cuando el tráfico es tan pesado que este está completamente detenido

$u_f$  Velocidad de flujo libre, i.e. la velocidad cuando no hay obstáculos que detengan a un conductor en la carretera

Este capítulo describe los varios modelos que se han desarrollado para describir las características del tráfico en chorro.

### **Procedimientos de medición.**

Las definiciones de interés en la teoría del tráfico son las siguientes:

- Tasa del flujo (vehículos por unidad de tiempo)
- Velocidades (distancia por unidad de tiempo)
- Tiempo de viaje sobre una longitud de camino conocida (o algunas veces es usado el inverso de la velocidad, "retardo")
- Ocupancia (porcentaje de tiempo que un punto en el camino es ocupado por los vehículos)
- Densidad (vehículos por unidad de distancia)
- Tiempo de avance entre vehículos (distancia por vehículos)
- Concentración (medida por la densidad o la ocupancia)

La noción general de estas variables, esta basada en ideas intuitivas que son evidentes por si mismas, bastaran por el momento, para efectos de discusión de este tema.

Los tipos de medidas son ilustradas con respecto al espacio tiempo en la figura 5.1 El eje vertical de este diagrama representa la distancia desde algún punto de partida arbitrario a lo largo del camino, en la dirección de viaje. El eje horizontal representa el tiempo transcurrido desde algún punto de tiempo de partida arbitrario. Cada línea en el grafico representa la `trayectoria` de un vehículo, así también, el movimiento de este en el camino a través del tiempo. La inclinación de las líneas representa la velocidad del vehículo.

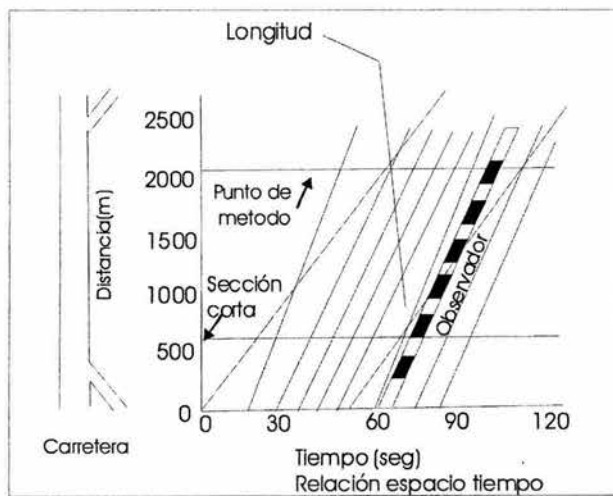


Figura 5.1 Toma de mediciones.

Donde las líneas se cruzan, significa que un vehículo más veloz ha alcanzado y rebasado a uno más lento. (Los dos vehículos no pueden ocupar el mismo espacio en el mismo tiempo.)

La medición en este punto, es representada por una línea horizontal a través de las trayectorias vehiculares: la locación es constante, pero el tiempo varía.

Mediciones sobre una sección corta son representadas por dos líneas paralelas horizontales apartadas a una distancia muy corta una de otra. Una línea vertical representa mediciones sobre un tramo del camino (largo), en un instante de tiempo dado, como si fuera una instantánea tomada sobre el camino. (Por ejemplo una fotografía aérea).

### **Variables de interés.**

En general los corredores de tráfico no son uniformes, y varían en el espacio tiempo. Este es el porque las variables de interés para la teoría del tráfico son en hecho, ejemplificaciones de variables aleatorias.

### **Tasa de flujo.**

Las tasas de flujo son colectadas directamente a través de puntos de medición y por definición requieren un dimensionamiento en el tiempo. Estas no pueden ser estimadas por una simple instantánea de una longitud de camino. La tasa de flujo y el tiempo de avance están relacionados de la siguiente manera:

La tasa de flujo,  $q$  es el número de vehículos contabilizados, divididos entre el tiempo transcurrido,  $T$ :

$$q = \frac{N}{T} \quad (3.1)$$

El estudio del tiempo total transcurrido, es llevado a cabo, por la suma de los avances registrados de cada vehículo:

$$T = \sum_{i=1}^N h_i \quad (3.2)$$

Si la suma de los avances es sustituida en la ecuación 3.1 para un tiempo total,  $T$ , entonces, este puede verse que la tasa de flujo y la media de avance tiene una relación recíproca una con la otra:

$$q = \frac{N}{T} = \frac{N}{\sum_i h_i} = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_i h_i} = \frac{1}{\bar{h}} \quad (3.3)$$

La tasa de flujo es usualmente representada en términos de vehículos por hora, aunque la medida actual del intervalo, puede ser mucho menor.

### Velocidades.

La medición de la velocidad de un vehículo requiere observación del tiempo y del espacio. La velocidad instantánea de un vehículo está definida por:

$$u_t = \frac{dx}{dt} = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (3.4)$$

Un radar o microondas son capaces de proveer mediciones de velocidad, lo más cercanas a esta definición. Las velocidades de los

vehículos son también tomadas en cortas secciones de distancia entre dos espacios cercanos (aprox. 6 m).

La primera manera de calcular velocidades, nombrándola la toma aritmética de la observación.

$$\bar{u}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i \quad (3.5)$$

La segunda manera es utilizada en términos del espacio en relación del tiempo, pero desafortunadamente existe una gran variedad de definiciones para esto, en donde no todas, son equivalentes. Una definición es dada por Lightill y Whitman (1955), la cual es atribuida a Wardrop (1952), y en esta la velocidad esta basada en el tiempo promedio que toma cruzar una distancia o espacio dado,  $D$ :

$$\bar{u}_s = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum_i t_i} \quad (3.6)$$

Donde  $t_i$  es el tiempo que tarda un vehículo  $i$  cruzar una distancia  $D$ .

$$t_i = \frac{D}{u_i} \quad (3.7)$$

Algunos autores demuestran que la ecuación 3.6 es equivalente a usar la media armónica de las velocidades individuales de los vehículos, como sigue.

$$\bar{u}_s = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum_i t_i} = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum_i \frac{D}{u_i}} = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{u_i}} \quad (3.8)$$

## **Factores Humanos**

En esta sección sobresalen los aspectos de rendimiento del humano, en el contexto del control de un sistema persona-maquina, el automóvil será sumariado. Primero se procederá a describir los componentes de rendimiento, mayormente centrados en aspectos neuromusculares y cognitivos, los cuales son parámetros fundamentales en el rendimiento humano.

Estos tópicos incluyen tiempo de percepción-reacción, tiempo de control del movimiento, respuesta a movimiento de otros vehículos, respuesta a dispositivos de control de tráfico, respuesta al movimiento de otros automóviles y manejo de riesgos en la carretera.

### **La tarea de conducir.**

La tarea de conducir es un proceso jerárquico, que tiene tres niveles: (1) Control, (2) Guiar, y (3) Navegación. El nivel de rendimiento de control, comprende todas las actividades que envuelven segundo a segundo en intercambio de información y las entradas de control, entre el conductor y el vehículo. Este nivel de desempeño se realiza en la interfase de control. La mayoría de las actividades de control, si se señalan, son ejecutadas "automáticamente", con poco esfuerzo de conciencia.

Una vez que la persona ha aprendido los rudimentarios procesos de control del vehículo, el siguiente nivel de desempeño humano, en la jerarquía de la conducción del vehículo son las reglas

básicas de conducir. La actividad principal del conductor, involucra mantener una velocidad segura y mantener una ruta segura relativa con la carretera y los elementos del tráfico.

Estos dos niveles de control del vehículo, conducción y control son el punto de referencia para modelar un corredor (tramo de conducción). El tercer (y el mayor) nivel en el cual el conductor actúa como un supervisor, es la navegación.

Por ejemplo, la planeación de ruta y la conducción, al mismo tiempo que enruta, relacionar direcciones de un mapa con señalamientos de guía en un corredor, caracterizar el nivel de desempeño de navegación (decisiones-percepción del entorno). A esto se le llama comportamiento de conocimientos básicos.

## **5.2 Rendimiento Discreto de Conducción**

### **Tiempo de Percepción-respuesta**

Nada en el universo físico pasa instantáneamente. Comparado con algunos procesos químicos, la simple reacción humana de recibir información es muy lenta.

En los inicios de la década de 1950 la teoría de la información de la visión tomo un rol dominante en la psicología experimental. La ecuación lineal

$$RT = a + bH \quad (3.9)$$

Donde:

$RT$  = Tiempo de reacción, segundos.



$H$  = Transmisión estimada de la información,  $\log_2 N$  si  $N$  son alternativas equiprobables.

$a$  = Reacción de tiempo mínima para esa modalidad.

$b$  = Cuesta derivada empíricamente, alrededor de 0.13 segundos, para muchas situaciones de desempeño.

Es conocida como la "ley" Hick-Hyman que expresa una relación entre el número de alternativas que deben ser sorteadas para decidir a una respuesta y el total del tiempo de reacción.

Esto es, el retraso en el tiempo entre la detección de una entrada (estimulo) y el inicio de iniciación de una control o otra respuesta.

Si el tiempo para la respuesta misma también es incluido, entonces el retraso total es llamado "tiempo de respuesta". Frecuentemente, los términos "tiempo de reacción" y "tiempo de respuesta" son usados intercambiados, pero uno (reacción), es siempre parte del otro (respuesta).

Cada uno de estos elementos son derivados de datos empíricos, y sin en un 85% estimado para aspectos de retardo de tiempo. Este es un estimado para el más simple de los tiempos de reacción, con o sin decisión. El conductor reacciona a las entradas de información (visión, audio), liberando el pedal del acelerador y presionando el pedal del freno. Estos estimados de Tiempo de Percepción Reacción (TPR) se muestran en la tabla 5A, la cual incluye tiempos típicos en los cuales un conductor cambia el pie del pedal del acelerador al del freno.

Componente	Tiempo (seg)	Tiempo Acumulado (Seg)
1) Latencia de percepción	0.31	0.31
Movimiento de ojos	0.09	0.4
Fijación	0.2	1
Reconocimiento	0.5	1.5
2) Aplicación de frenos	1.24	2.74

Tabla 5A. Modelo de encadenamiento de percepción-reacción de Hooper-McGee

El logaritmo de probabilidad normal en función de la densidad es extensamente usado en la ingeniería de control y otras aplicaciones en las cuales, valores de la variable de observancia,  $t$ , son restringidos a valores iguales o mayores que cero, pero pueden ser tomados en valores extremos positivos, exactamente la situación que se obtiene considerando el TPR.

En tales situaciones, el logaritmo natural de tales datos pueden ser tomados para hacer una aproximación normal o una distribución de gauss, como se muestra en la Figura 5.2

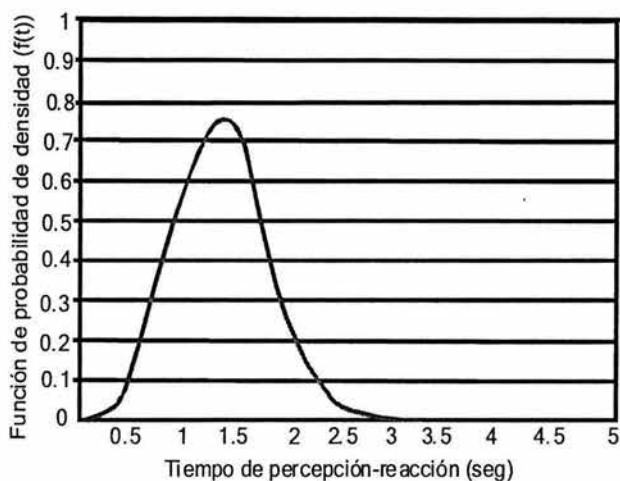


Fig. 5.2 distribución lognormal de tiempo percepción-reacción

### 5.3 Flujo del Tráfico en Intersecciones Señalizadas

La teoría del tráfico con señales, se enfoca en la estimación de retardos y longitudes de colas de espera, las cuales resultan de la adopción de una estrategia de señal de control en intersecciones individuales, así como también en intersecciones secuenciadas. Los retardos de tráfico y las colas son las principales medidas que entran en la determinación del nivel de servicio de una intersección (NDS), en la evaluación de adecuadas longitudes para vías, y la estimación de consumo de combustible y emisiones.

Las estimaciones de rendimiento están basadas en suposiciones con respecto a la caracterización de las llegadas de tráfico y los procesos de servicios. Los modelos de retraso en intersecciones son descritos en términos de componentes estocásticos y

determinísticos, para reflejar el fluido y las propiedades aleatorias del flujo del tráfico.

El componente determinístico del tráfico se encuentra en la teoría del fluido del tráfico en la cual, la demanda y servicio son tratadas como variables continuas descritas por tasas de flujo, las cuales varían en el dominio del tiempo y del espacio.

El componente estocástico del retardo se encuentra en la teoría del estado de equilibrio de colas, la cual define las llegadas y la distribución de los tiempos de servicio.

### **Conceptos básicos del modelo de retardo en señalizaciones**

Los modelos de retardo contienen componentes determinísticos y estocásticos del desempeño del tráfico. El componente determinístico es estimado de acuerdo con las siguientes asunciones:

a) Una cola inicial cero en el inicio de la fase de verde, b) un patrón de llegadas uniforme en la tasa de flujo de llegada ( $q$ ) a través del ciclo, c) un patrón de salida uniforme en la tasa de saturación del flujo ( $S$ ) mientras la cola esta presente, y la tasa de llegada mientras la cola de desvanece, y d) llegadas que no excedan la capacidad de la señal, definida como el producto de aproximación de la tasa de saturación ( $S$ ) y su verde efectivo al radio del ciclo ( $g / c$ ). El tiempo de verde efectivo es la porción de verde donde los flujos son sostenidos en el nivel de tasa de flujo de saturación. Este es típicamente calculado restando el tiempo de verde desplegado menos un tiempo inicial de salida perdido (de dos a tres segundos), mas una ganancia final durante el intervalo de despacho (de dos a

cuatro segundos, dependiendo de la longitud del intervalo de la fase de despacho).

Un diagrama simple describiendo el proceso de retardo se muestra en la figura 5.3 El perfil de la cola resultante de esta aplicación se muestra en la figura 5.4. El área bajo el perfil de la cola en el diagrama, representa el total (determinístico) del ciclo de retardo.

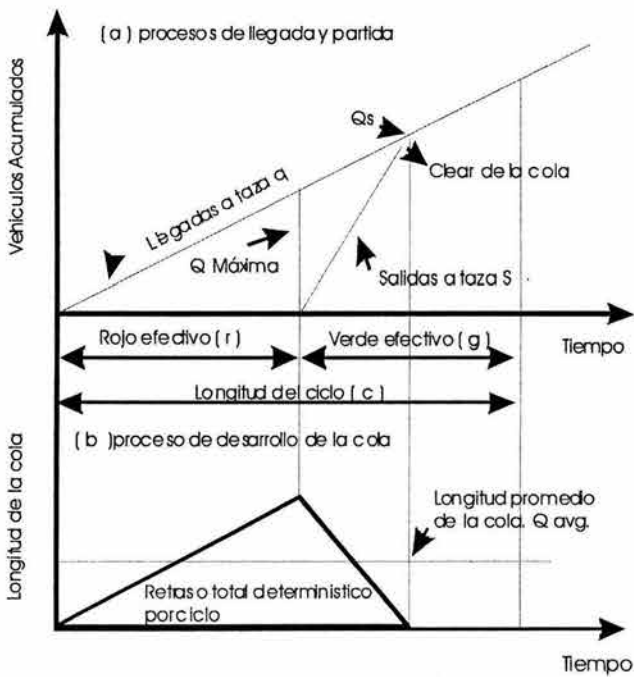


Figura 5.3. Componentes determinísticos en colas de retraso

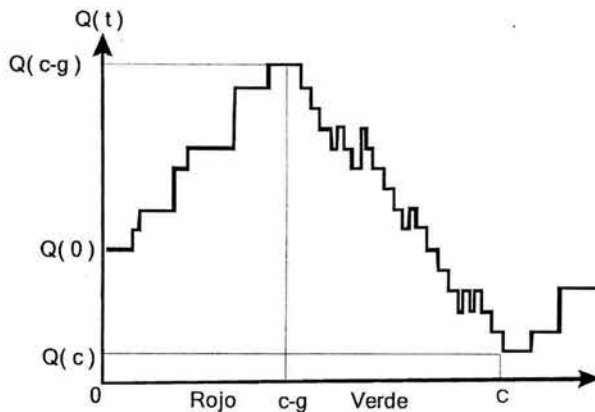


Fig.5.4 Proceso de cola durante un ciclo de señal

Varias medidas de rendimiento pueden ser derivadas del promedio de retardo por vehículo (retardo total dividido por el total de vehículos en la llegada), el número de vehículos detenidos ( $Q_s$ ), el número máximo de vehículos en la cola ( $Q_{max}$ ) y el promedio de la longitud de la cola ( $Q_{avg}$ ). Modelos de desempeño de este tipo son aplicables a radios de flujo de baja capacidad.

### Calculo de los tiempos de servicio (Tiempo de verde).

Dado que el sistema trabaja de manera adaptativa; esto quiere decir que dado un determinado tipo de entrada, en este caso la cantidad de automóviles que llegan a cada desembocadura del cruce, produce un determinado tiempo de ciclo para la desembocadura en cuestión; se trabaja con una distribución de probabilidad, la cual es la distribución de POISSON .

### **Concepto de distribución.<sup>18</sup>**

*"Presentación de un conjunto de datos o uno de sus valores, junto con sus frecuencias correspondientes a un fenómeno estadístico. Una distribución de probabilidad se puede obtener por muestras o bien por un estudio teórico por medio del cálculo de probabilidades, dando lugar a una función de probabilidad.*

*Las distribuciones de probabilidad guardan relación con las de frecuencia; podemos concebir una distribución de probabilidad como una distribución teórica de frecuencia.*

*Una distribución teórica de frecuencia describe como se espera que varíen los resultados, dado que esta clase de distribuciones se ocupan de las expectativas, son modelos de gran utilidad para hacer inferencia y tomar decisiones en condiciones de incertidumbre."*

Esta distribución permitirá al sistema, hacer inferencias sobre la probabilidad del número de autos que se esperan lleguen en un ciclo futuro, la determinación de los intervalos de tiempo se determinan de acuerdo a un previo estudio de la intersección.

---

<sup>18</sup> L.F.M. Carolina Palacios García. **Probabilidad y estadística**, Academia de Matemáticas Universidad Americana de Acapulco. PP. (89).

## Distribución de POISSON.<sup>19</sup>

*"Algunos de los ejemplos en que se puede aplicar este modelo de distribución de Poisson son: Cantidad de Km. Que recorre un automóvil, las llamadas telefónicas que recibe una central, lanzamientos repetidos de una moneda...etc."*

### Definición:

La distribución de probabilidad de la variable aleatoria de Poisson X, que representa el número de resultados que se producen en un intervalo de tiempo dado o en una región específica es:

$$P(X = \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}$$

Donde  $\mu$  es el promedio de resultados que ocurren en el intervalo de tiempo dado o en la región especificada y  $e=2.71828$

---

<sup>19</sup> *Ibíd.* PP. (102).



**CAPITULO 6**  
**DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA**

## CAPITULO 6.

### DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA.

#### 6.1 MICROCONTROLADOR.

Microcontrolador 68HC11 de Motorola<sup>20</sup>.

Motorola describe al 68hc11 como un microcontrolador de 8-bits fabricado con tecnología HCMOS, con una frecuencia de bus de 3 Mhz y con una amplia lista de recursos internos.

Los recursos internos disponibles en el modelo 68HC11E9 son:

- 512 bytes de memoria RAM
- 12 Kb ROM.
- 512 bytes EEPROM.
- 5 puertos de 8 bits, con pines de entrada, salida y de entrada/salida
- Conversor analógico-digital de 8 canales y 8 bits de resolución.
- Una UART para comunicaciones serie asíncronas (SCI)
- Un módulo de comunicaciones serie síncronas (SPI)
- 5 comparadores con salida hardware
- 3 capturadores de entrada
- Un acumulador de pulsos externos de 8 bits
- Temporizador principal de 16 bits
- Interrupciones en tiempo real
- 2 entradas de interrupciones externas
- Software en ROM para cargar un programa externo en la RAM interna.

---

<sup>20</sup>DOBLADO ALCÁZAR CRISTINA Et al. MICROCONTROLADOR MC68HC11 Fundamentos, recursos y programación.

La figura 6.1 muestra el diagrama interno del MC68HC11.

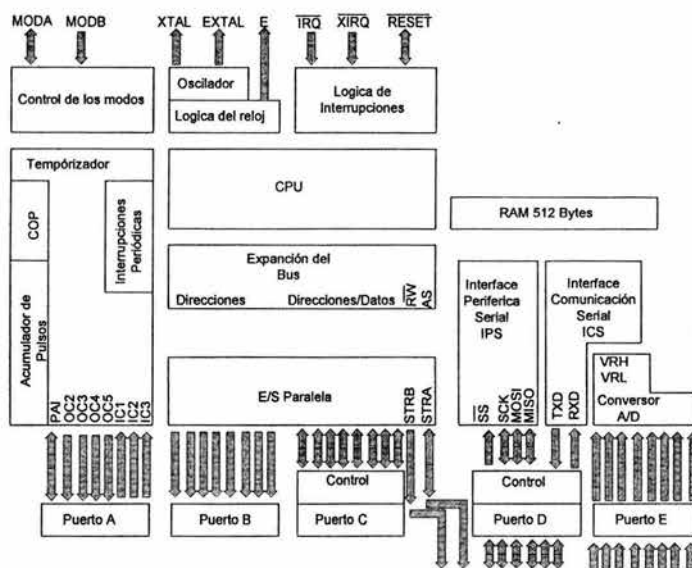


Figura 6.1 Estructura interna del MC68HC11.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> MC68HC11 E Series HCMOS Microcontroller Unit, pp. 1-2. © MOTOROLA, INC., 1993, 1996.

## **6.2 Hardware del MC68HC11.**

Para poder definir la CPU desde un punto de vista hardware se puede decir que se trata de una arquitectura LOAD/STORE (se trabaja con registros intermedios), y que mantiene una arquitectura de memorias tipo princeton.

### **6.2.1 Patillaje del MC68HC11.**

La Unidad Micro Controladora MC68CH11, cuenta con 98 funciones de entrada y/o salida, las cuales están representadas por 52 pines para el caso de un encapsulado PLCC, o bien 48 para el tipo DIP. Los diferentes encapsulados se muestran en la figura 6.2. Debido al diseño de los circuitos internos del microcontrolador, muchas de las señales de salida son de colector abierto.

Los pines del microcontrolador se dividen en grupos de acuerdo a las funciones de los mismos, siendo estas las siguientes:

1. Alimentación: VDD, VSS.
2. Reloj: EXTAL, XTAL, E.
3. Reset: RESET.
4. Transmisión serie asíncrona: TxD, RxD.
5. Petición de interrupciones hardware: IRQ, XIRQ, ICI-3, PAI, STRA.
6. Modos de arranque: MODA, MODB.
7. Comparadores: OC1-5.
8. Capturadotes: IC1-3, PAI.
9. Transmisión serie síncrona: SCK, MISO, MOSI, SS.
10. Puertos: PA0-7, PB0-7, PC0-7, PD0-3, PE0-3.
11. Conversores: AN0-7.
12. Buses: AD0-7, A8-15, AS, RW.

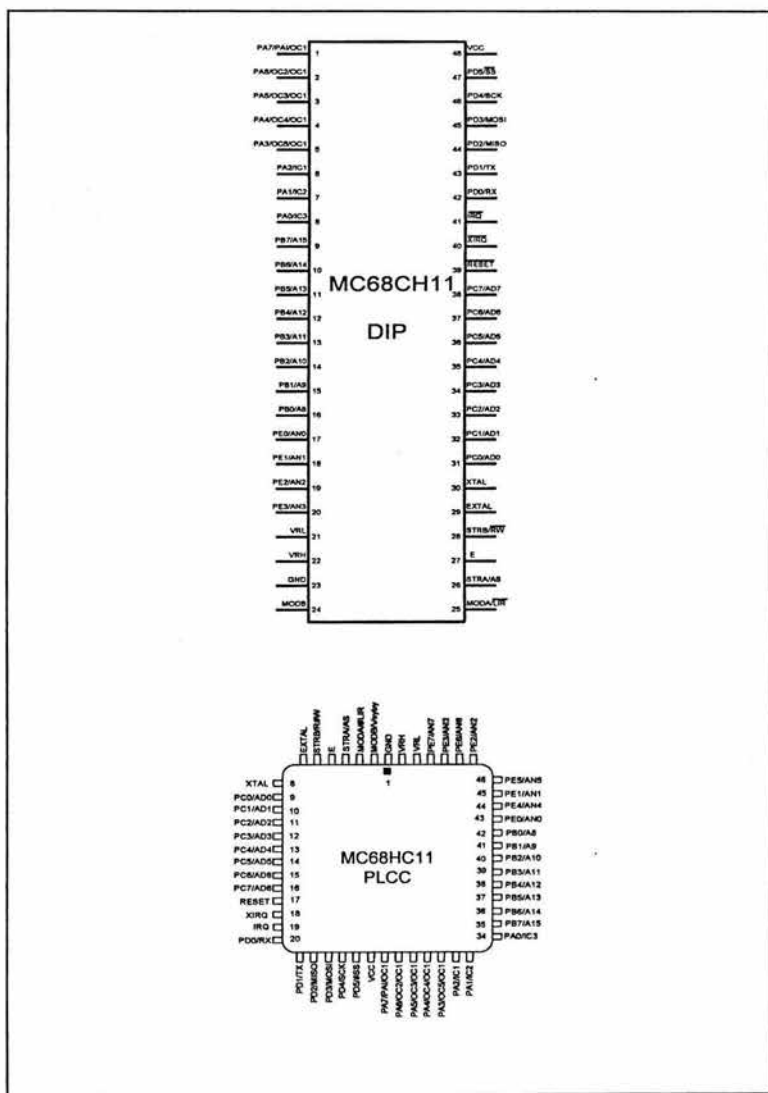


Figura 6.2 Encapsulados del MC68HC11.

Pines de reloj. **EXTAL y XTAL**: Son las conexiones de entrada para una señal de reloj. Esta frecuencia de reloj que es introducida en el MCU, es la encargada de regir el funcionamiento interno de los subsistemas que lo componen, por lo que no hay que confundirla con la señal de reloj de los buses de datos ya sean internos o externos.

La velocidad máxima aconsejable esta alrededor de los 8Mhz. Es muy recomendable trabajar a estas frecuencias, ya que de esta manera el chip dispone de valores de velocidades para las transmisiones asíncronas compatibles con el estándar RS232 como los típicos 9600 baudios.

Para frecuencias altas, mayores a 1Mhz. El circuito se muestra en la figura 6.3. Para trabajar a frecuencias más bajas es necesaria la inclusión de una resistencia más, para lograr que la impedancia de salida aumente y no afecte al MCU.

Los valores que proporciona el fabricante para los componentes del circuito son:

- $R=1-10\text{M}\Omega$  .
- $C1=C2=5-25\text{pF}$ .

Para el caso del diseño actual se tomaran los siguientes valores:

- $R=10\text{M}\Omega$  .
- $C1=C2=22\text{pF}$ .
- Cristal= 12Mhz.

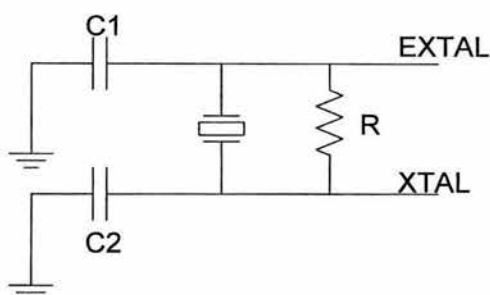


Figura 6.3 Conexión del cristal para el MC68HC11.

**Pin E:** Por medio de este pin el MCU genera una señal de reloj cuatro veces menor, que la que proporciona el oscilador externo. Esta señal la utiliza el microcontrolador para gestionar todos los dispositivos periféricos del sistema; es decir, la señal E es la velocidad del bus del sistema.

**Pines de Alimentación. VDD:** Es el pin de alimentación positiva, la cuál debe ser de 5 voltios (el margen aceptado es de 4.5 a 5.5 voltios).

**VSS:** Es la masa o tierra del MCU.

Para asegurar una buena robustez contra el ruido, es conveniente la conexión de un par de condensadores en paralelo entre VDD y VSS, con el fin de que estos anulen los posibles rizados provenientes de la fuente de alimentación y los provocados por las conmutaciones internas del microcontrolador, dichos condensadores deben estar físicamente lo más cerca posible al chip. Los valores cedidos por el fabricante para dichos componentes son de 1 y 0.01 microfaradios.

Pines de reset. **RESET**: Esta señal, activa a nivel bajo, es bidireccional. El MC68HC11 está preparado no solo para recibir señales de reset por este pin, sino que es el propio dispositivo el que es capaz de generar dicha señal para los periféricos que conformen el sistema digital.

En la figura 6.4 se muestra el diagrama del circuito de reset del sistema, se observa que se ha conectado el componente MC34(0/1)64 en la entrada de reset del MC68HC11. Este componente se emplea para que sólo lleguen tensiones de 0 ó 5 voltios a la entrada de reset. Si no se emplea este componente, al conectar y desconectar la alimentación pueden aparecer tensiones transitorias entre 0 y 5 voltios que podrían hacer que el micro ejecute instrucciones aleatorias, lo que provocaría cosas inesperadas.

El mismo circuito cuenta con una entrada de reset de software, esto brinda la posibilidad del control del sistema desde otro dispositivo que tenga acceso a este pin como puede ser una PC. Este pin es de colector abierto y para deshabilitarlo (que no sea un reset constante) debe tener una resistencia pull-up de 4.7 K $\Omega$ .

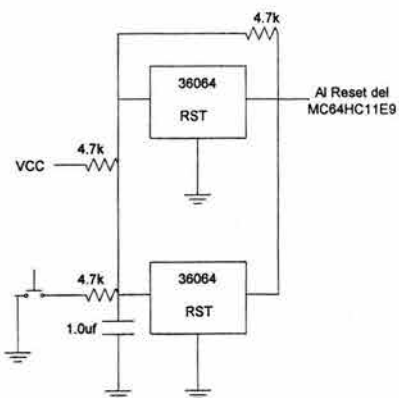


Figura 6.4 Diagrama del circuito de reset.



Pines de los puertos. La integración y la potencia del microcontrolador obliga a un alto grado de multiplexación de las funciones que soporta, por lo tanto, si bien la cantidad de los puertos del chip es grande y variada, estos de ven a veces desactivados ya que son utilizados para otros fines como comparadores, capturadotes, control de transmisiones asíncronas, etcétera.

La tabla 6A. Muestra la estructura general de los puertos del microcontrolador.

Puerto	A	B	C	D	E
Bit 0	Entrada	Salida	Bidireccional	Entrada	Entrada
Bit 1	Entrada	Salida	Bidireccional	Salida	Entrada
Bit 2	Entrada	Salida	Bidireccional	Bidireccional	Entrada
Bit 3	Salida	Salida	Bidireccional	Bidireccional	Entrada
Bit 4	Salida	Salida	Bidireccional	Bidireccional	Entrada
Bit 5	Salida	Salida	Bidireccional	Bidireccional	Entrada
Bit 6	Salida	Salida	Bidireccional	-	Entrada
Bit 7	Bidireccional	Salida	Bidireccional	-	Entrada

Tabla 6A Estructura General de los puertos del MC68HC11.

### Estructura de los buses del sistema semafórico.

Debido a la cantidad de información que se almacenará en la ROM del sistema, se establece que el microcontrolador trabajará en modo extendido, es decir, con la capacidad de direccional hasta 64Kb de memoria, de esta forma se obtienen tres buses, uno de

datos, uno de direcciones y uno de control. De esta manera, el MC68HC11 deja que su CPU interna tenga acceso al exterior, por lo que a partir de aquí, el microcontrolador comienza a trabajar como un microprocesador.

Este nuevo microprocesador tiene una potencia razonable regida por un bus de datos de 8 bits, y un bus de direcciones de 16 bits, por lo que su espacio de direccionamiento es de 64Kbytes de memoria plana.

Este mapa de memoria es plano y comparte espacio con los puertos que se incorporan al sistema y a todos los registros del MCU.

En caso de que se superpongan registros internos del microcontrolador con dispositivos externos como pueden ser secciones de memoria, etcétera, el administrador del bus da prioridad a los internos dejando de lado los restantes.

Mediante la utilización de la totalidad del puerto B, el micro lleva la **parte alta del bus de direcciones**, y por medio del puerto C se presenta de forma multiplexada la **parte baja del bus de direcciones**, y el **bus de datos**. Esta multiplexación obliga a tener que agregar un hardware adicional que permita poder separar ambos buses. Para esto se utiliza un registro tipo latch triestado (para no cargar el circuito), por nivel (integrado 74373). Con este latch se intercepta la salida del puerto C de tal forma que se capture la parte baja del bus de direcciones, y no se solape con el dato.

Esta multiplexación esta regida por la señal del bus de control E. por este pin se genera una señal de reloj que es la que se entrega a los periféricos y que por tanto controla el **ciclo del bus** del sistema, de tal forma que cuando dicha señal E se encuentra en nivel bajo, por el puerto B se direcciona a la parte alta del bus A, y por el puerto C a la parte baja, los cuales serán capturados en el latch.

Finalmente cuando E pase, en la segunda parte del ciclo del bus, al nivel alto, el puerto C presenta a su salida al bus de datos, completando de esta forma la demultiplexación, la figura 6.5 muestra el diagrama de conexión. Donde:

- AD0-AD7: Señales de los buses (A y D) multiplexados.
- A5-A15: Señales de la parte alta del bus de direcciones(a).
- AS: Señal de validación de la dirección puesta en el bus A, la cuál es muy útil para validar la captura del latch, ya que al activarse informa que el bus de direcciones está completo(AS pertenece al bus de control)
- R/W: Señal de lectura (nivel alto) y escritura (nivel bajo), la cual se comporta de manera idéntica en cualquier microprocesador. (R/W pertenece al bus de control).

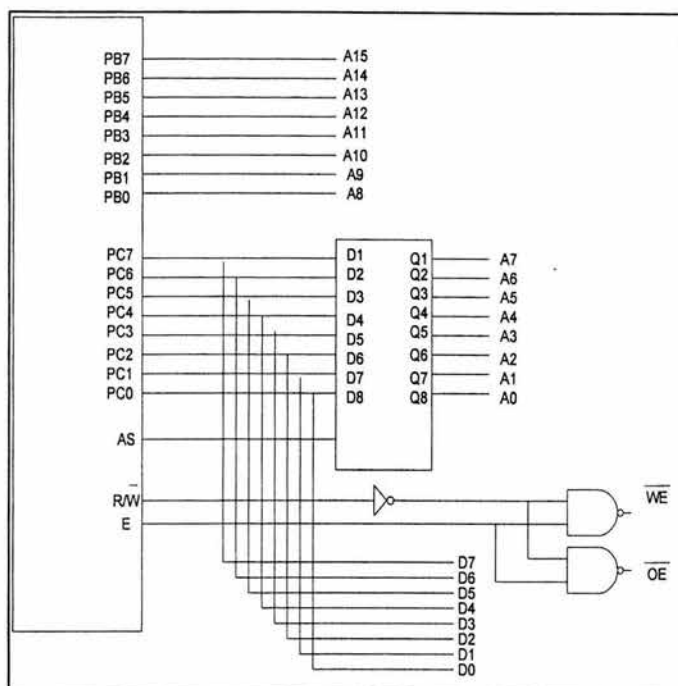


Figura 6.5 Multiplexación de los buses de datos y direcciones.

### 6.3 Interfase Periférica Serie (SPI. Serial Peripheral Interface).

La SPI, es un subsistema serial de comunicaciones independiente, que permite al MCU comunicarse sincronamente con dispositivos periféricos, tales como registros de intercambio TTL, controladores de display de cristal líquido (LCD) y otros microprocesadores.

Para realizar las comunicaciones, el MCU permite seleccionar entre dos modos de funcionamiento: el **modo maestro** y el **modo esclavo**. Cuando se realizan redes de comunicaciones solamente está permitida la existencia de un solo maestro, mientras que la de los esclavos está indefinida.

La potencia de la unidad llega al límite al permitir transmisiones full-duplex (en ambos sentidos simultáneamente) entre maestro y un esclavo.

### **Protocolo.**

Cuando el maestro tiene que mandar un mensaje a uno o varios esclavos debe proceder a realizar una selección de los mismos, trabajando de manera similar a un chip enable. De esta forma, al ser activado el esclavo, recibe el dato manteniendo el sincronismo gracias a una señal de reloj conjunta. Es posible que cuando un esclavo sea activado con el fin de recibir un dato, este desee enviar una trama de respuesta al maestro. Esto será posible mientras su línea de activación la mantenga el maestro, de modo que si es necesario la transmisión se llevara a cabo en ambos sentidos.

Existen cuatro líneas básicas asociadas a la unidad SPI mediante las cuales es posible montar los diferentes enlaces:

**MOSI** (Master Out, Slave In) esta es la línea por donde circulan los datos que el maestro quiere enviar a los esclavos, por tanto será la señal de salida de datos de la unidad que funcione como maestro y la señal de entrada de datos para los esclavos.

**MISO** (Master In, Slave Out) Por esta línea viajarán los datos que sean enviados desde algún esclavo hacia el maestro, de esta forma será una señal de entrada para el maestro y las respectivas salidas para los esclavos.

**SCK** (Serial Clock) representa la señal de reloj con las que se producen las comunicaciones. Si bien es posible que cada unidad configure mediante software la velocidad deseada, es previsible pensar que en una comunicación sólo podrá prevalecer una, siendo esta la del maestro. Por tanto, para los maestros representará una señal de salida mientras que para los esclavos será una señal de entrada.

**SS** (Slave Select) esta línea tiene una funcionalidad muy concreta en las unidades esclavas ya que representa sus respectivas entradas de chip enable.

### **Modos de Operación.**

Los valores de las entradas MODB y MODA, durante el reset determinan el modo de operación.

### **Modo de Chip Sencillo.**

En este modo los puertos B y C están disponibles para entradas y salidas de propósito general. En este modo el programa necesario para el control del MCU esta contenido en los recursos internos. La ROM y la EPROM siempre estarán disponibles después del reset, asegurando que los vectores de interrupción se encuentren en el rango de direcciones

\$FFC0 - \$FFFF, que es donde se encuentra el inicio del programa que gobierna al MCU.

### **Modo Expandido.**

En el modo de operación Expandido, el MCU puede acceder hasta 64-Kbytes de espacio de direccionamiento.

El espacio incluye las mismas direcciones de memoria utilizadas en el modo de chip sencillo, así como también direcciones para memorias y dispositivos periféricos externos.

### **Mapa de memoria.**

El modo de operación determina el mapeo de memoria, así como también las direcciones externas que pueden ser direccionadas. La figura 6.6. Ilustra el mapa de memoria para el MC68HC11E9, en los modos expandido y de chip sencillo. Las localidades de memoria para los recursos dentro del chip (on chip) son los mismos para ambas configuraciones, expandido y chip sencillo. Los bits de control del registro CONFIG permiten a la EPROM ser deshabilitada del mapa de memoria.

La RAM se mapea a partir de la dirección \$0000 después del RESET; Esta puede ser puesta en cualquier límite 4 Kbytes (\$x000) escribiendo el valor apropiado en el registro INIT.

El bloque de registro de 64-bytes se mapea a la dirección \$1000 después del RESET y puede ser también puesto en un límite de 4Kbytes configurando el registro INIT.

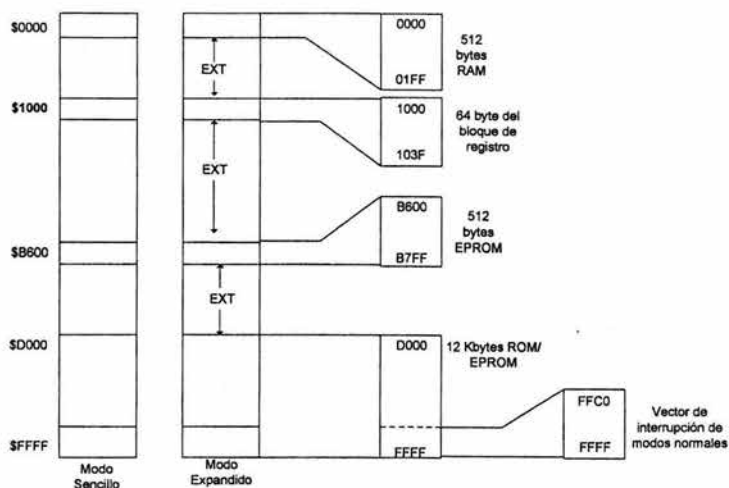


Figura 6.6. Mapas de memoria del MC68HC11E9 en modos expandido y chip sencillo.

#### 6.4 Diagrama a bloques.

El sistema en conjunto trabaja en un esquema de comunicaciones Maestro-Eslavo; La Unidad Central de Control lleva a cabo la tarea de realizar los cálculos de tiempos de asignación para las luces señalizadoras de cada vía que desemboca en el cruce.

Las Unidades Sensoras trabajan en modo Esclavo, estas son requisadas por la Unidad Central de Control periódicamente; de esta manera se establece una comunicación serie síncrona, por medio de la cual se envían los datos recopilados por las Unidades Sensoras. El diagrama de la figura 6.7 muestra la distribución de las Unidades.



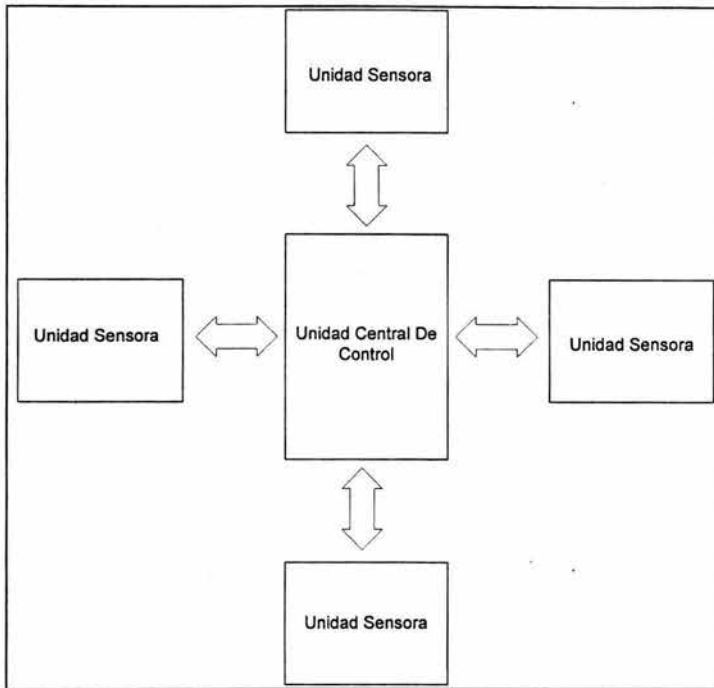


Figura 6.7 Esquema de comunicación y distribución de las Unidades.

#### **Unidad Central de Control.**

Esta compuesta por una unidad MC68HC11E9, el cual se encarga de realizar las operaciones de gestión de las luces de los semáforos. Cuenta con los siguientes dispositivos:

- Latch 74LS373 el cual se encarga de almacenar la parte baja de las direcciones en el bus multiplexado (Puerto C del MCU).

- Decodificador 74LS154 el cual se encarga de seleccionar los diferentes periféricos asociados al MCU.
- Unidad EPROM 2764 64Kb (8K x 8 bits) como almacenadora del programa central.
- Unidad SRAM MS6264 64Kb (8K x 8 bits), como memoria de trabajo.
- Controlador de matriz de 4x4 (teclado) 74C922.
- Conector para bus de controlador de una matriz LCD. AND721.
- Conector de habilitadores.
- Conjunto de switches para el control de las señales de las luces 74HC4316.
- Circuito censor de bajo voltaje MC34064 para el Pin de RESET.
- Compuertas NAND 74LS00.
- Compuertas De tercer estado DM54125 como señales habilitadoras de los sensores.

Como se muestra en la figura 6.8 el sistema central trabaja como un microprocesador, ya que se le han añadido dispositivos periféricos; esto se da por la necesidad de contar con capacidad de memoria suficiente, tanto para el procesamiento de datos así como para la carga del sistema operativo del micro y para disponer de toda la potencia de procesamiento del MCU para los cálculos a realizar.

El sistema central cuenta con tres tipos de buses:

- BUS DE DATOS.
- BUS DE DIRECCIONES
- BUS DE CONTROL

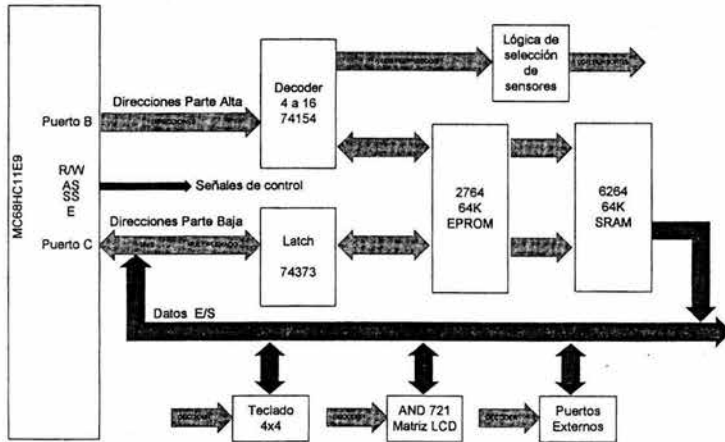


Figura 6.8. Esquema simple de los buses del sistema central.

### Bus de Datos.

Como se muestra en la figura tal. El puerto C del MCU funciona de manera bidireccional, esto permite que el sistema ocupe el bus externo del puerto C tanto para datos como para direcciones.

### Bus de Direcciones.

Esta compuesto por el puerto B y el C, el puerto C proporciona la parte baja de las direcciones de memoria, y el puerto B el resto, que son las direcciones Altas, con las cuáles se puede tener acceso a la información de los bloques de memoria externos.

El puerto B funciona como habilitador de periféricos; esto quiere decir que a través de este, será posible que el MCU accese al dispositivo que le sea necesario utilizar en un momento dado, y no a todos simultáneamente, dado que comparten todos el bus C.

#### **Bus de Control.**

Esta integrado por las señales de reloj externo del sistema (Pin E).

La señal habilitadora de Latch (Pin AS), la señal de lectura escritura (Pin R / W), y la señal habilitadora de Esclavo (Pin SS).

#### **Unidad Sensora.**

La unidad sensora se encarga de contar la cantidad de vehículos que entran a la vía; se pueden utilizar una gran variedad de transductores para la captación de los datos, en esta propuesta se utiliza un grupo de foto-emisores de infrarrojos, que funcionan con el sentido de un interruptor común y corriente como se muestra en las figuras 6.9 y 6.10.

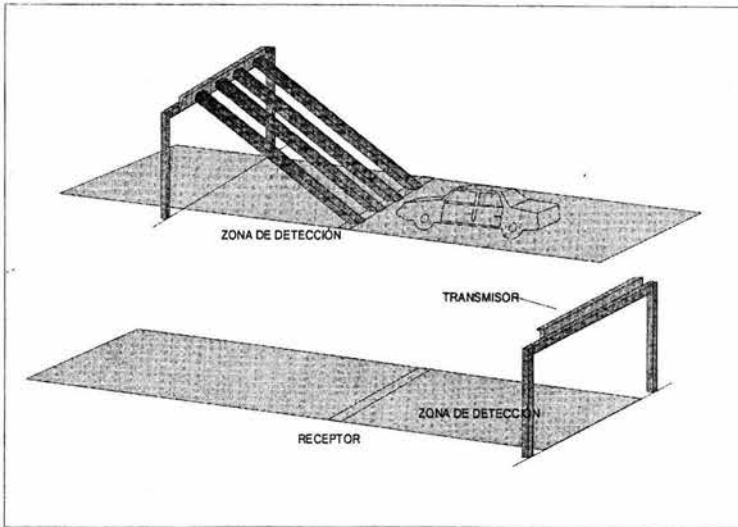


Figura 6.9 Detalle de la Implantación del sistema sensor.

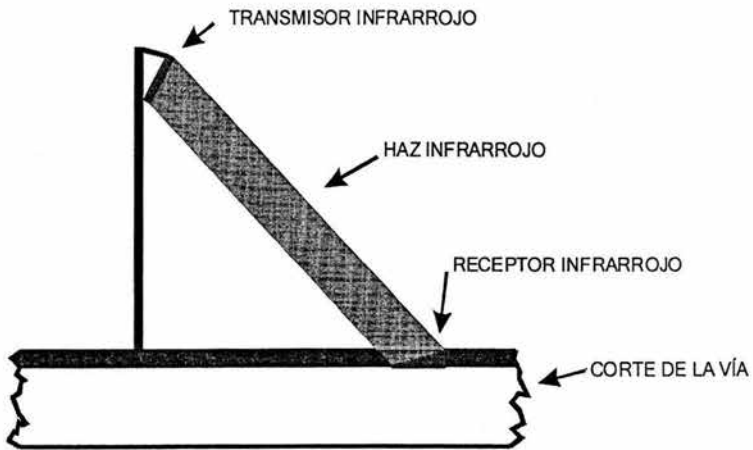


Figura 6.10 Corte de vía del Sistema sensor.

La Unidad esta compuesta por los siguientes elementos:

- Una Unidad MC68HC11E9
- Decodificador 3 a 8 numero 74LS138
- Conjunto de Contadores binarios 74LS193
- Latches 74LS373
- Circuitos de Lógica para la detección
- Circuito censor de bajo voltaje MC34064 para el Pin de RESET.

Esta Unidad Esclavo, trabaja en modo chip sencillo (Modo Single-Chip) y presenta la ventaja de que trabaja con la memoria interna del mismo, tanto RAM, ROM y EPROM, y el hardware asociado al mismo es mínimo. La figura 6.11 muestra la distribución de los componentes de esta Unidad.

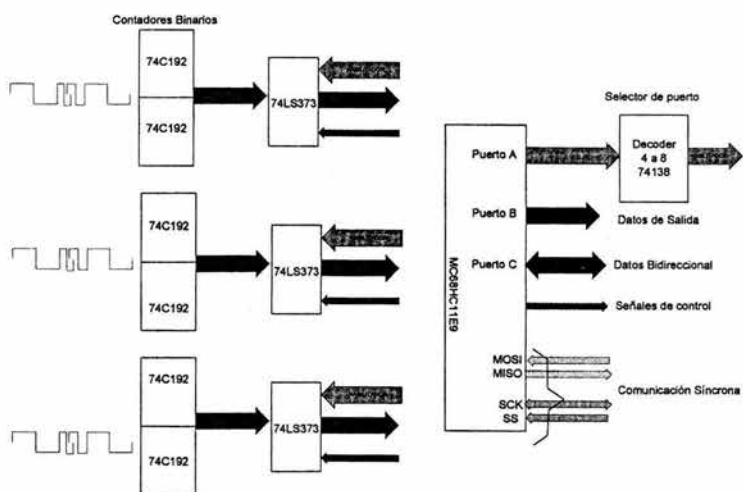


Figura 6.11 Configuración de la Unidad sensora.

### 6.5 Diagramas Esquemáticos.

Los diagramas esquemáticos están hechos con un programa CAD. El programa es Orcad Versión Release 9.

Los diagramas esquemáticos 6.12, 6.13, 6.14 y 6.15 en el ANEXO A muestran la interconexión del Sistema central y los Sistemas Sensores; estos diagramas muestran el diseño del sistema en conjunto, así como sus requerimientos de hardware.

CAPITULO 7  
FUNCIONAMIENTO Y CASO DE  
APLICACIÓN



## CAPITULO 7.

### FUNCIONAMIENTO Y CASO DE APLICACIÓN

#### **7.1. Funcionamiento del sistema.**

El funcionamiento esta basado en las estimaciones de tiempos de colas, su comportamiento y como se forman en condiciones de tráfico uniforme y aleatorio, además de el cálculo probabilístico de llegadas posteriores a la intersección (predicción).

El sistema en conjunto esta formado por dos subsistemas: el Sistema Central y los Sistemas Sensores.

#### **7.1.2. Sistema Sensor.**

La captura de la señal disparadora de pulsos para el contador, requiere de un circuito de lógica combinacional, por medio de la cuál se asegura una detección limpia de cada uno de los vehículos que ingresan en la vía.

La forma y el tamaño de los fotoemisores dependen del ancho y el número de carriles de la vía.

La detección se genera a partir de que el haz de luz infrarroja se interrumpe por el paso de algún vehículo, el circuito de lógica de detección asegura que solo los vehículos sean detectados; estos son autos de tamaño compacto hasta transportes pesados.

El circuito de detección a su vez genera un pulso cada vez que es activado y lo envía al contador binario, este incrementa la cuenta. El contador esta conectado en cascada con otro del mismo tipo, juntos pueden obtener una cuenta de hasta 255 vehículos, por carril.

El valor de el contador esta presente en un latch de 8 bits, el cuál en un momento dado es requisado por el MCU, es entonces cuando el latch captura el dato y este es enviado al puerto C del MCU, instantes después, el puerto B escribe ceros en la entrada del contador seleccionado, y este comienza su cuenta de nuevo desde cero. De esta manera se pueden sumar los valores de las cuentas de los carriles de la vía ya que se almacenan en algún registro de la memoria RAM interna del MCU.

Periódicamente el Sistema Sensor es contactado por el Sistema Central, para la transmisión de los datos del sensor. El diagrama de flujo de la figura 7.1 muestra el comportamiento del sistema.

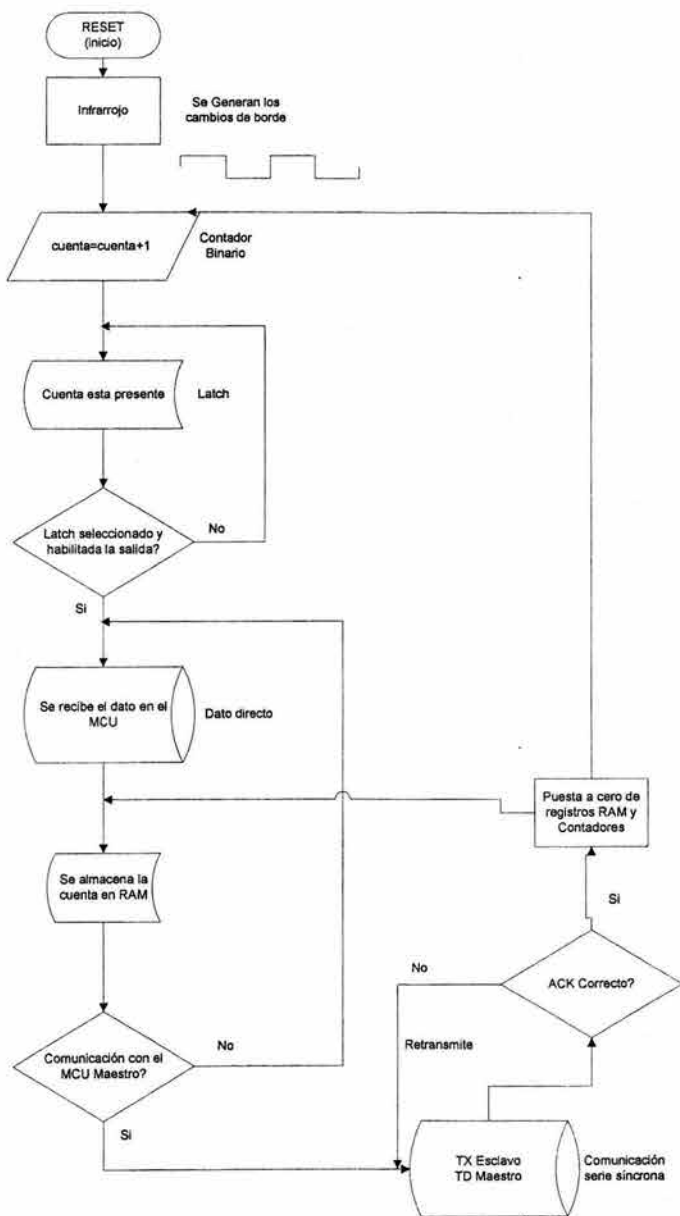


Figura 7.1 Diagrama de flujo del Sistema Sensor.

### **7.1.3. Sistema Central.**

El Sistema Central capta los valores que son procesados por los Sistemas Sensores, y realiza los cálculos para las asignaciones de tiempos del ciclo siguiente.

El sistema arranca y carga de la EPROM el programa, inicializa los registros de trabajo y los vectores de interrupción. Ahora esta preparado para comenzar a trabajar; como el MCU trabaja con datos de tipo probabilísticos, este inicia los ciclos con tiempos preestablecidos, cuando se realicen las primeras comunicaciones con los sistemas sensores, el MCU del Sistema Central contara con datos para realizar sus "predicciones".

En la figura 7.2 Se presenta el modo de funcionamiento del Sistema Central. El funcionamiento de las señales se presenta más adelante, este diagrama de flujo explica el funcionamiento de manera general del Sistema Central.

La memoria EPROM contiene aparte del programa de operación, dos tablas que sirven para el cálculo de los tiempos: la tabla de distribución probabilística de POISSON y la tabla de RELACIÓN DE TIEMPOS.

El Sistema Sensor le dice al MCU Central la cantidad de autos que llegan en determinado momento, a partir de esto el sistema realiza cálculos de inferencia por medio de la distribución de POISSON, y los resultados se cotejan en la tabla de RELACIÓN DE TIEMPOS, para así de esta manera "predecir" la asignación de tiempos del ciclo siguiente.

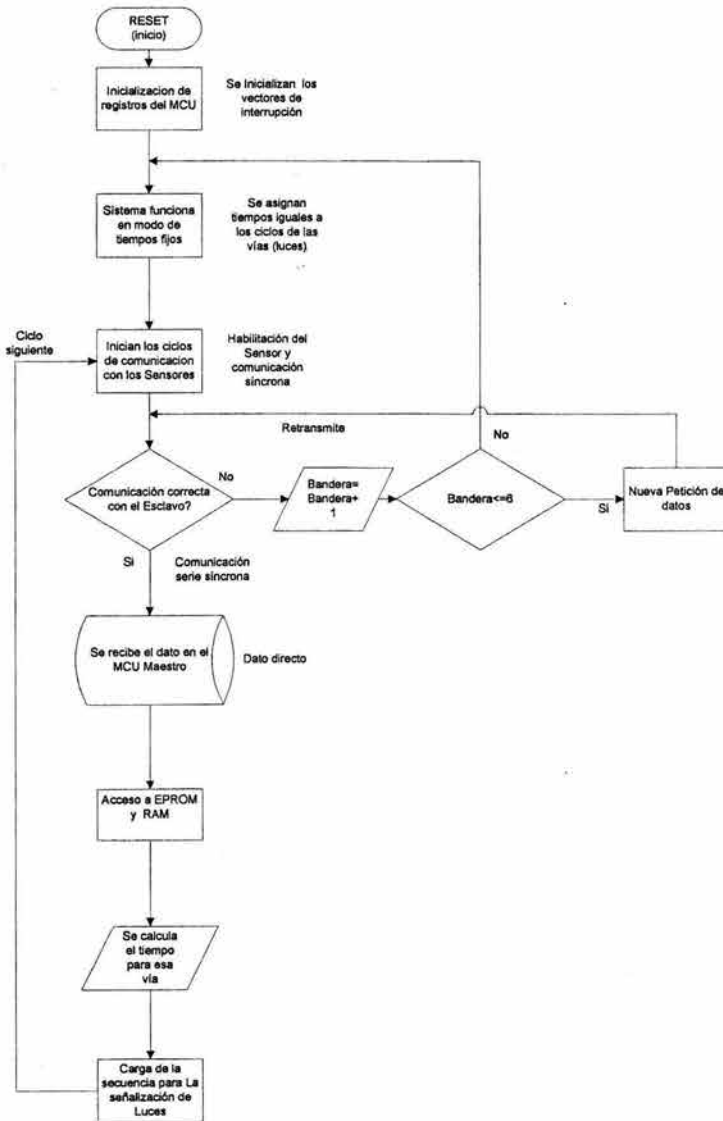


Figura 7.2 Funcionamiento general del Sistema Central

#### **7.1.4. Recuperación de Errores y Fallos.**

El sistema dedicado no es perfecto ni esta libre de problemas, como son los errores internos de operación, los fallos en la comunicación y los fallos de energía eléctrica.

##### **Errores internos.**

El MCU incluye un sistema COP (Computer Operating Properly, operación apropiada de computadora) como sus siglas en Ingles lo dicen, es un policía que verifica el correcto funcionamiento del programa del MCU, en caso de que exista algún error del programa el COP Aplica una señal al PIN de RESET, y el sistema inicia desde cero nuevamente.

##### **Fallos de Comunicación con los Esclavos (sensores).**

En caso de algún fallo en la comunicación con los sistemas sensores, el Sistema Central entra en una fase de asignación estática de tiempos para las señales de las luces; los fallos pueden ser de pérdida total de comunicación con todos los sensores, o parcial, esto es; que puede trabajar con el algoritmo probabilístico para uno o alguno de los Sistemas Sensores.

##### **Fallos de Energía Eléctrica.**

Debido a su bajo consumo de voltaje, es viable que en casos de interrupción de energía, el sistema trabaje con un UPS (Uninterrupted Power Supply), dando tiempo a que el suministro normal de alimentación se reestablezca.

## **7.2. Caso Aplicación Intersección Av. Constituyentes Con Av. Ejido y Av. Baja California.**

Se toma esta intersección dado que la mayor parte del día se encuentra con un afluente constante y continuamente se provocan congestionamientos y cuellos de botella.

### **7.2.1 Toma de Muestras.**

En días diferentes se tomaron muestras de vehículos en intervalos de 30 minutos en cada una de las desembocaduras de la citada intersección en horas pico.

Se realizó un conteo simple que un observador llevó a cabo en cada una de las orientaciones de la intersección.

Los resultados más representativos son los siguientes:

Fecha:9-Abril-2004 Hora Ini:6AM Hora Fin:10AM					
Intersección: Av.Constituyentes, Ejido, Baja Ca.					
Ubicación: Av. Constituyentes					
Orientación: Norte-Sur					
periodo	a	b	c	m	Subtotal
6:00-6:30	200	125	35	20	380
6:30-7:00	275	160	40	23	498
7:00-7:30	389	260	46	28	723
7:30-8:00	525	380	40	32	977
8:00-8:30	487	375	39	26	927
8:30-9:00	515	385	38	16	954
9:00-9:30	500	373	27	10	910
9:30-10:00	470	370	30	15	885
					Total
a: Autos	b: Buses	c:Camiones	m: Motocicletas		6254

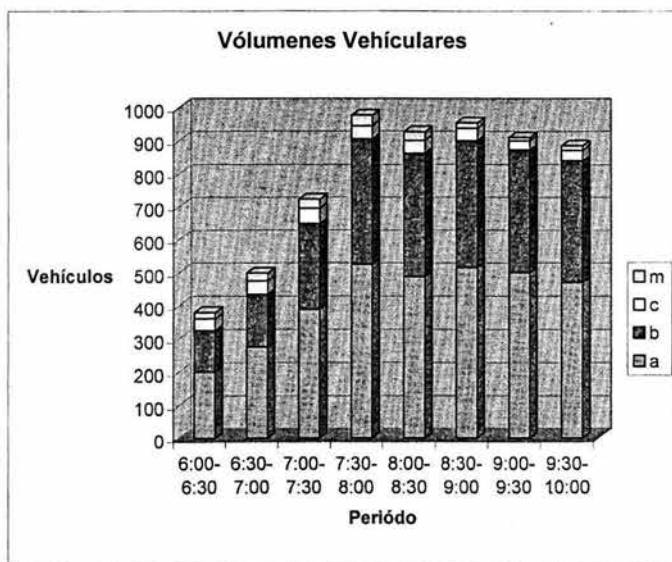


Tabla y Gráfico de resultados de conteo en Av. Constituyentes, Ejido y Baja California.



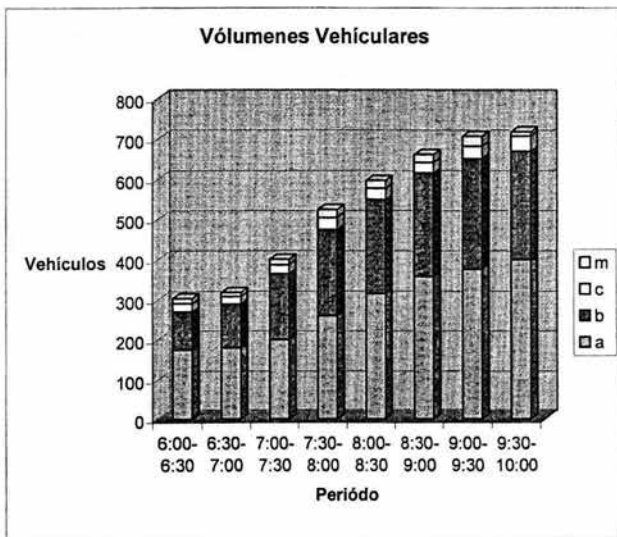
Fecha:10-Abril-2004 Hora Ini:6AM Hora Fin:10AM

Intersección: Av.Constituyentes, Ejido, Baja Ca.

Ubicación: Av. Constituyentes

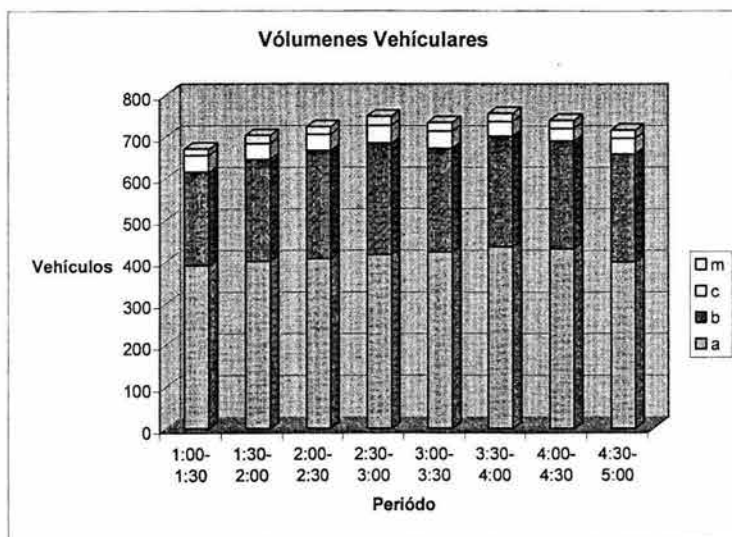
Orientación:Sur-Norte

periodo	a	b	c	m	Subtotal
6:00-6:30	175	95	20	13	303
6:30-7:00	180	109	19	10	318
7:00-7:30	200	165	22	14	401
7:30-8:00	260	215	30	20	525
8:00-8:30	315	235	28	19	597
8:30-9:00	358	258	26	20	662
9:00-9:30	376	276	30	25	707
9:30-10:00	400	270	38	10	718
					Total
a: Autos	b: Buses	c:Camiones	m:Motocicletas		4231



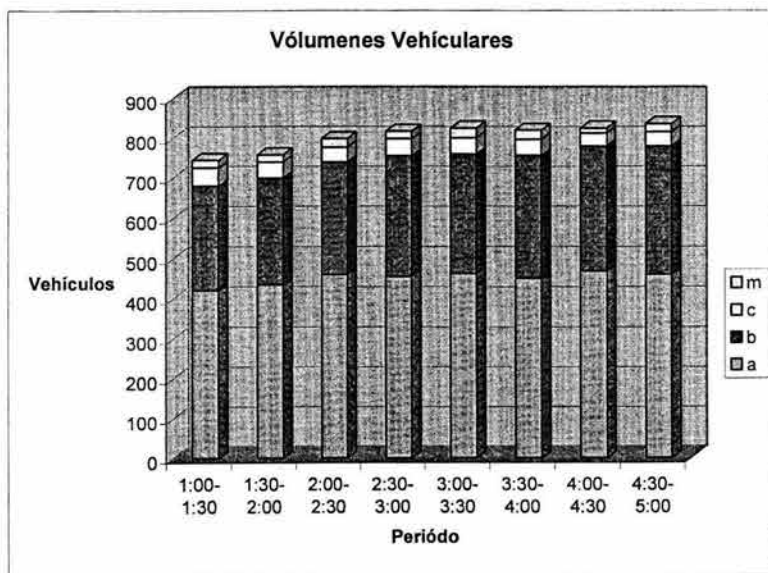
Conteo de 6 AM a 10 AM.

Fecha:20-Abril-2004 Hora Ini:1PM Hora Fin:5 PM					
Intersección: Av.Constituyentes, Ejido, Baja Ca.					
Ubicación: Av.Constituyentes					
Orientación:Sur-Norte					
periodo	a	b	c	m	Subtotal
1:00-1:30	390	225	40	15	670
1:30-2:00	400	245	38	20	703
2:00-2:30	406	260	39	19	724
2:30-3:00	416	269	42	22	749
3:00-3:30	422	250	41	21	734
3:30-4:00	435	266	35	20	756
4:00-4:30	430	260	30	19	739
4:30-5:00	398	260	38	20	716
					Total
a: Autos	b: Buses	c:Camiones	m: Motocicletas		5791



Conteo de 1 PM a 5 PM.

Hora Fecha: 21-Abril-2004    Ini: 1PM    Hora Fin: 5 PM Intersección: Av. Constituyentes, Ejido, Baja Ca. Ubicación: Av. Constituyentes Orientación: Norte-Sur					
periodo	a	b	c	m	Subtotal
1:00-1:30	420	260	45	20	745
1:30-2:00	435	265	40	18	758
2:00-2:30	460	280	37	22	799
2:30-3:00	455	300	43	19	817
3:00-3:30	462	298	40	25	825
3:30-4:00	450	306	41	23	820
4:00-4:30	468	312	32	13	825
4:30-5:00	460	320	36	20	836
					Total
a: Autos	b: Buses	c: Camiones	m: Motocicletas		6425



Conteo de 1 PM a 5 PM

En la intersección se registraron los siguientes totales de vehículos:

Muestra de las 6:00 AM a las 10:00 AM:

Av. Ejido: 5875

Av. Baja California: 3863

Av. Constituyentes (Norte-Sur): 6254

Av. Constituyentes (Sur-Norte): 4231

Muestra de la 1:00 PM a las 5:00 PM:

Av. Ejido: 6234

Av. Baja California: 4512

Av. Constituyentes (Norte-Sur): 6425

Av. Constituyentes (Sur-Norte): 5791

Lo cual nos da una muestra representativa del afluente en horas pico de la intersección de estudio.

### **7.3. Colocación de sensores y el sistema central.**

Debido a las características del tráfico sobre esta intersección, esto es que es constante y de alta saturación, se analiza la distribución de los sensores y el sistema central en dicho cruce.

El grafico de la figura 7.3. Muestra la distribución física de la intersección y sus desembocaduras.

La forma de la vía constituyentes en dirección sur norte, en unión con la Av. Baja California no presenta problema alguno, dado que el libramiento para Baja California es de poco riesgo; aparte de este capricho en el diseño de la intersección, se puede decir que es una intersección típica. Figura 7.4.

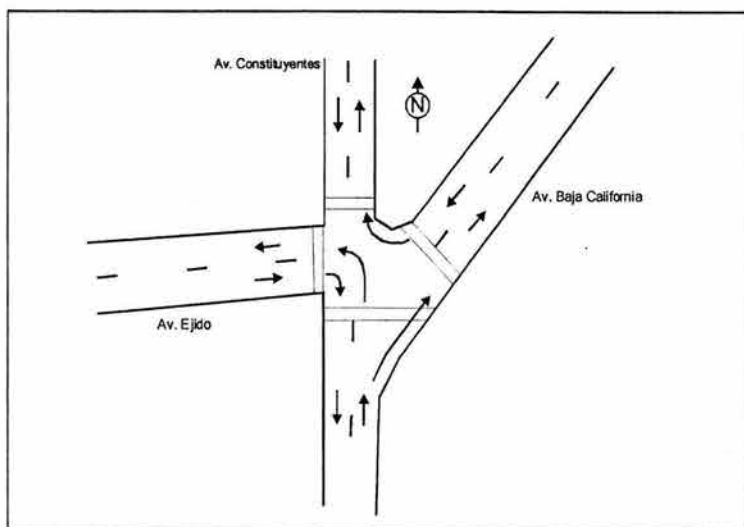


Figura 7.3 Distribución de la Intersección Constituyentes, Ejido Baja California

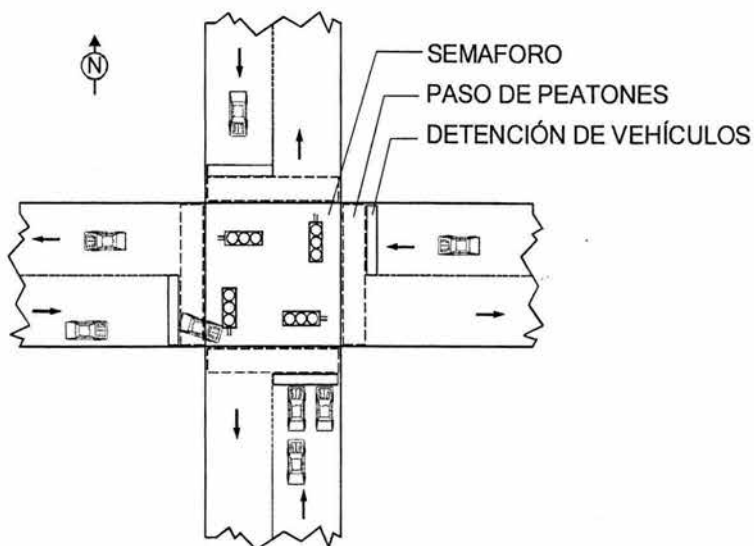


Figura 7.4 Intersección típica.

Los sensores se colocan a una distancia no menor de 100 mts. Y no mayor a 200 mts., siempre y cuando la distancia de la cuadra lo permita, esto se debe a que no existan filtraciones de vehículos que no sean detectadas por el sistema sensor.

En la figura 7.5 se muestra la distribución de los sensores y el área de trabajo del Sistema Central.

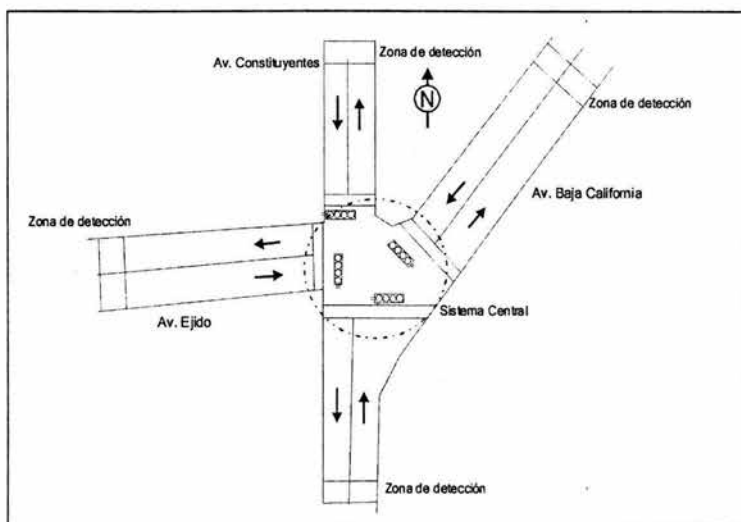


Figura 7.5 Zonas de detección y área del Sistema Central.

## CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.

Por todo lo anterior se concluye que:

La implantación del sistema es viable desde el punto de vista técnico ya que su construcción es relativamente sencilla y costeable; que permitirá una mayor afluencia de vehículos en intersecciones críticas; con los beneficios de menor espera en intersecciones para el cruce de la misma, una reducción en el consumo de combustible de los vehículos y así mismo una reducción de emisiones contaminantes.

Como todo sistema, el que se presenta en esta Tesis es perfectible, pero presenta la base para futuros trabajos de similar carácter; dado que el microcontrolador del sistema es de propósito general y será posible generar nuevos modelos de comportamiento de intersecciones y su interacción con los vehículos en el futuro, y que estos puedan ser implantados en el sistema utilizando la misma base de hardware.

El sistema de control esta diseñado de manera modular, posee las características para que pueda ser escalado sin modificaciones físicas al mismo, solo agregando nuevos módulos y generando un nuevo código de operación (software) de control.



## BIBLIOGRAFIA Y APOYOS TEMÁTICOS.

**Enciclopedia de las ciencias.** Tomo 9. Grolier, Editorial Cumbre.S.A.7ª Edición (revisada). México D.F.

Miguel A. Cárdenas. **Aplicaciones del análisis de sistemas.** 1ª Edición, S.E.C.S.A. México D.F.

Floyd Thomas L. **Fundamentos de Sistemas Digitales.** 7ª Edición. Prentice hall

Hayes John P. **Diseño de sistemas Digitales Y Microprocesadores.** Mc Graw Hill.

L.F.M. Carolina Palacios García. **Probabilidad y estadística,** Academia de Matemáticas Universidad Americana de Acapulco.

DOBLADO ALCÁZAR CRISTINA Et al. **MICROCONTROLADOR MC68HC11 Fundamentos, recursos y programación.**

MC68HC11 E Series HCMOS Microcontroller Unit, pp. 1-2. © **MOTOROLA, INC., 1993, 1996.**

Jesús E. Rodríguez Ávila. **Introducción a la Ingeniería del Control Automático.** 1ª Edición. Mc Graw Hill.

Censo de Población y Vivienda 2000 **INEGI.**

Cuaderno Estadístico Municipal Edición 2002 **INEGI** Acapulco de Juárez Guerrero.

**INEGI** Mapa urbano del Municipio de Acapulco.

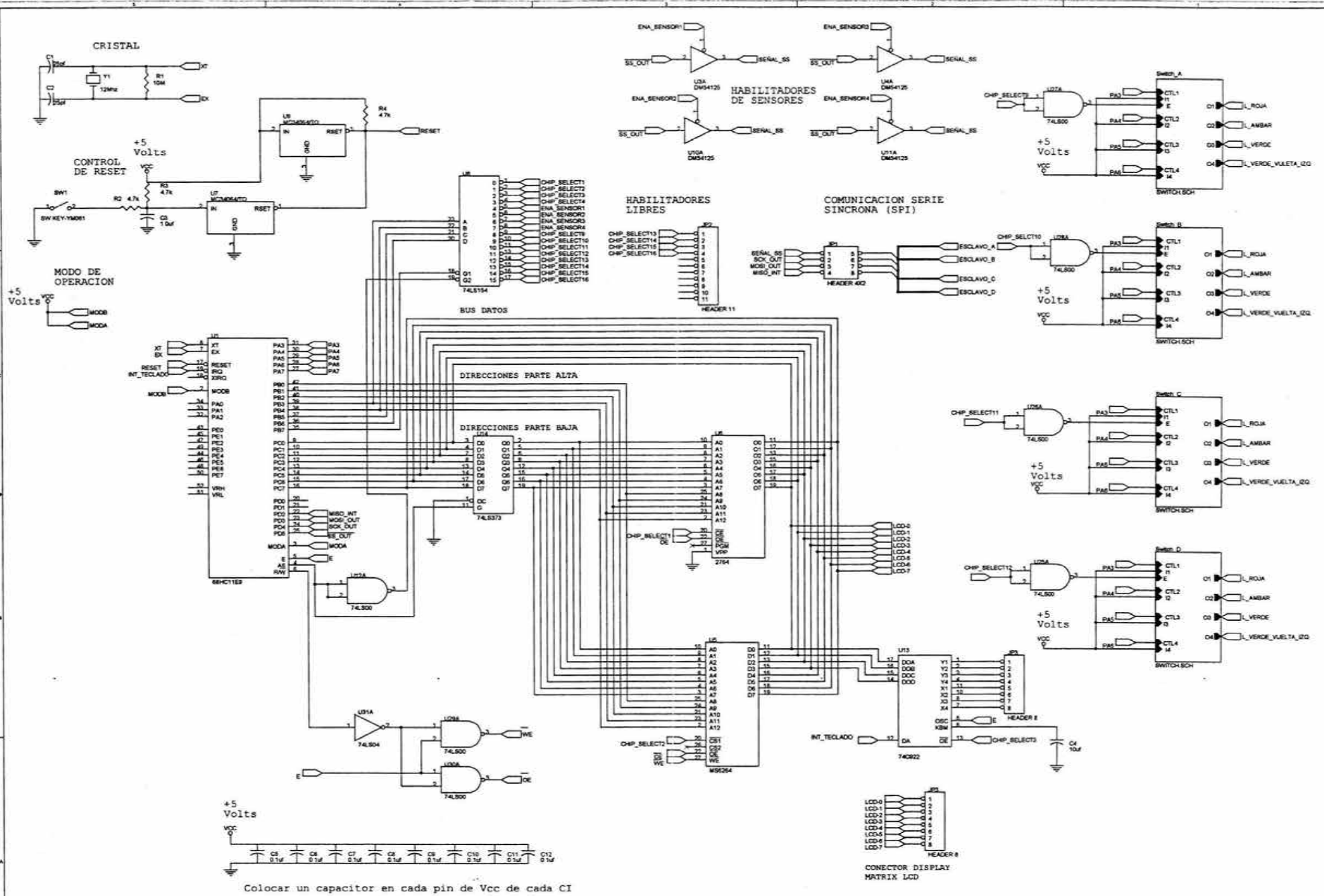
Municipio De Acapulco **Secretaría De Protección Y Vialidad.**

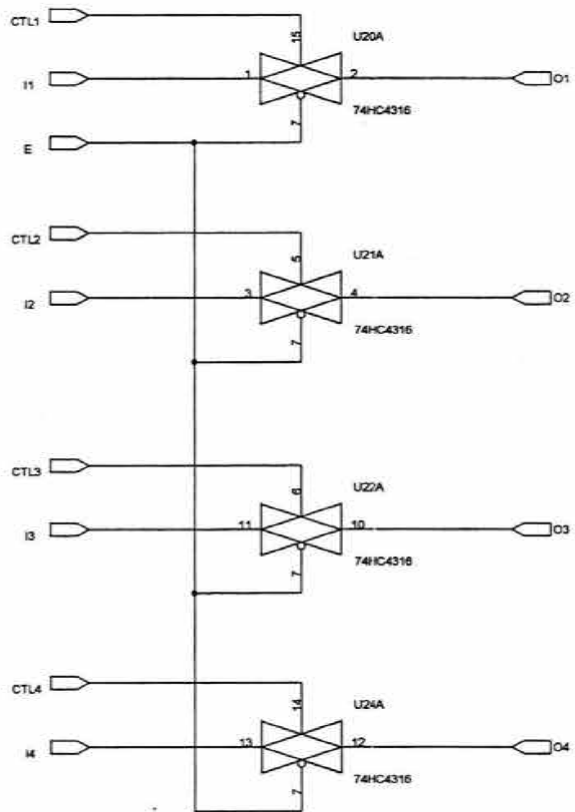
**Traffic flow theory.** [www.tfsrc.gov/its/tft/index.pdf](http://www.tfsrc.gov/its/tft/index.pdf)  
<http://hotelsandweb.com/mexicomoreforless/espanol/sur/html/acahis.html>

[www.geocities.com/pibeschorros2003/interest2.html](http://www.geocities.com/pibeschorros2003/interest2.html)

<http://eca.redeya.com/cursos/edigital/tutor2.html>

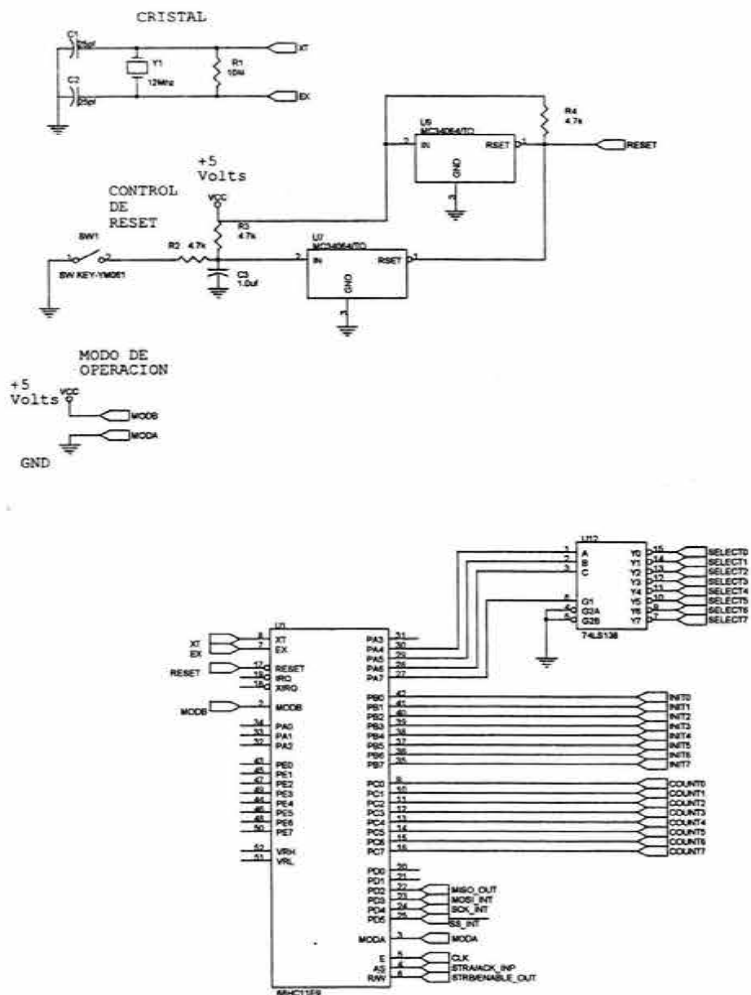
## ANEXO A.



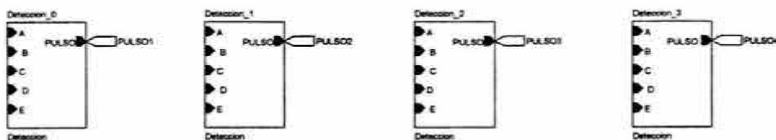


Title		Detalle Switch	
Size	Document Number	Rev	
B	6.13		
Date:	Wednesday, July 28, 2004	Sheet	1 of 1

# Sistema Sensor- Adquisición de datos y transmisión.

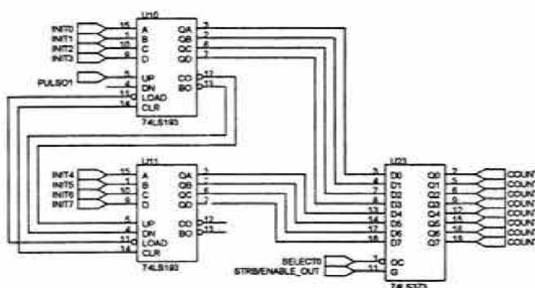


## LOGICA COMBINACIONAL DE DETECCION

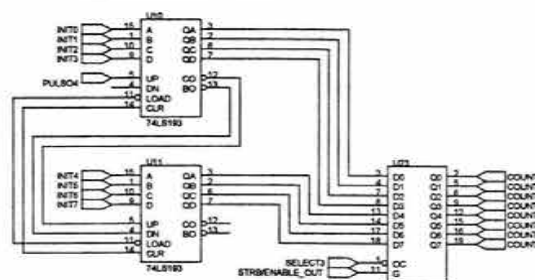


LAS ENTRADAS A, B, C, D, E PROVIENEN DE LAS INTERRUPCIONES DEL HAZ INFRARROJO

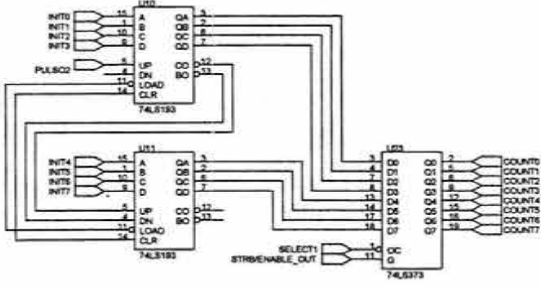
## Contadores Binarios



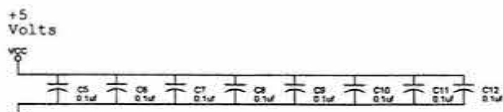
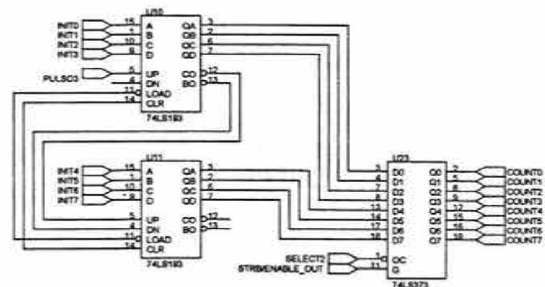
## Contadores Binarios



## Contadores Binarios



## Contadores Binarios



Colocar un capacitor en cada pin de Vcc de cada CI

Diagrama 6.14 Interconexión del Sistema Sensor.

Rev	0	0
Doc	Document Number	Rev
C	614	
Date	Wednesday, July 23, 2008	Sheet 1 of 1

Entradas del Transductor  
(Luz Infrarroja)

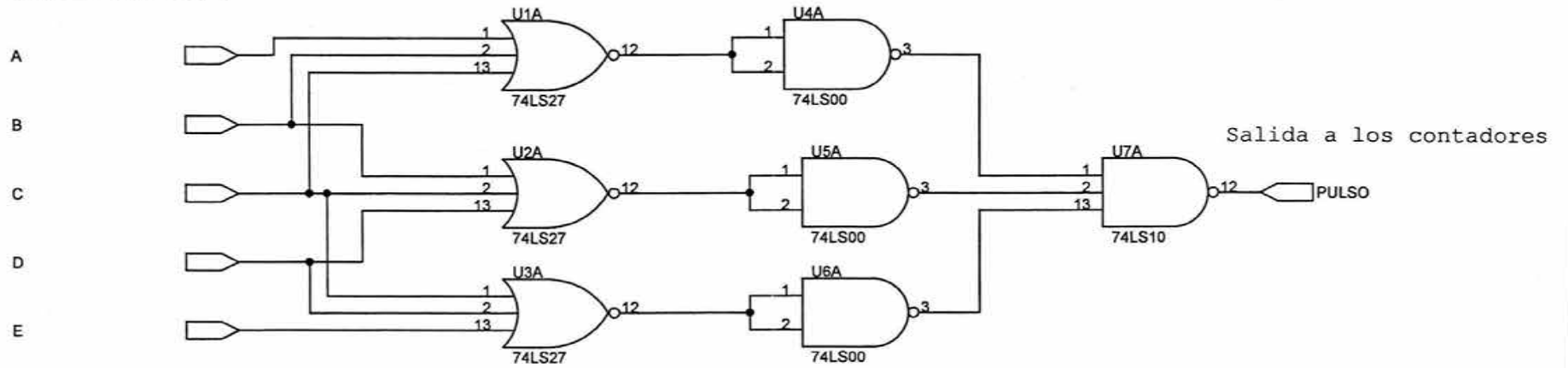


Diagrama 6.15 Logica de Detección

Title		
Logica de detección		
Size	Document Number	Rev
A	6.15	
Date:	Thursday, May 13, 2004	Sheet 1 of 1

## GLOSARIO

**CMOS**-(complementary metal oxide semiconductor)  
Semiconductor de Metal Óxido Complementario

**COP** -(Computer operation properly) Operación Apropiaada de Computadora.

**DIP**-(Dual in pakage) Tipo de empaquetado de circuito integrado que tiene el patillaje en los extremos del mismo.

**EEPROM**- (Electrically Erasable Programmable Read-only Memory) Memoria de solo lectura eléctricamente programable y borrrable

**EPROM**- (Erasable Programmable Read-only Memory) Memoria de solo lectura programable y borrrable

**HCNOS**-(high-density complementary metal-oxide semiconductor)  
Semiconductor de Metal-Óxido Complementario de alta densidad

**LCD**-(Liquid Crystal Display) Display de cristal líquido

**PLCC**-(Plastic Leaded Chip Carrier) Tipo de encapsulado de circuito integrado

**SCI**- (Serial Communications Interface) Interfase de comunicación serial

**SPI**-(Serial Peripheral Interface) Interface periférica serie

**SRAM**-(Static Read-only Memory) Memoria de solo lectura estática

**UPS**-(Uninterrupted Power Supply) Fuente de poder ininterrumpida