



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL AVISO AUTOMÁTICO DE
DISPONIBILIDAD EN ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES**

Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico

Presentado por:

ISABEL BEBELÚ CRISÓLOGO BOHORQUEZ

Lima - PERÚ

2008

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
SITUACIÓN Y PROBLEMÁTICA DE LOS ESTACIONAMIENTOS DE ALTO TRÁNSITO	1
1.1 Situación actual y estadística del parque automotriz en el Perú.....	1
1.2 La evolución de los automóviles.....	2
1.3 El problema de los estacionamientos en la ciudad.	4
1.4 Situación actual de los principales estacionamientos de lima.....	5
1.5.1 Variables	12
1.5.2 Variables que influyen en los estacionamientos.....	12
1.6 Declaración Del Marco Problemático	13
1.6.1 Fundamentación	14
CAPÍTULO 2.....	15
TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA DETECCIÓN DE VEHÍCULOS.....	15
2.1 Presentación del asunto de estudio.....	15
2.2 Estado de la investigación.....	16
2.2.1 Antecedentes.....	16
2.2.2 Factores que influyen en la construcción de estacionamientos.....	16
2.2.3 Tipos de estacionamientos.....	17
2.2.4 Tipos de control de estacionamientos.....	17
2.2.4.1 Estacionómetros	17
2.2.4.2 Control Con Dispositivos Impresos ^[1]	18
2.2.4.3 Señalización de tráfico.....	18
2.2.4.4 Indicador manual de puesto libre para aparcar	19
2.2.4.5 Expedidor automático de boletos.....	19
2.2.4.6 Despacho automatizado.....	19
2.2.4.7 Otros sistemas usados en estacionamientos	20
2.2.5 Sistemas detectores y conteo de vehículos.....	20
2.2.5.1 Detección de lugares disponibles en el estacionamiento.....	20
2.2.5.2 Tecnologías actuales para la detección y conteo de vehículos	20
2.3 Conceptualizaciones Generales.....	22
2.3.1 Estacionamientos.	22
2.3.2 Sistema De Detección.....	23
2.3.3 Controladores	24
2.3.4 Aviso Electrónico	25
2.4 Modelo Teórico.....	27

2.5 Definiciones operativas	30
2.5.1 Indicadores cualitativos.....	30
2.5.2 Indicadores cuantitativos	30
 CAPÍTULO 3.....	 31
DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE AUTOMÓVILES PARA ESTACIONAMIENTOS.....	31
3.1 Microcontrolador PIC 16F877A.....	32
3.1.1 Periféricos del PIC 16F877	33
3.1.1.1 Modo captura.	33
3.1.1.2 Configuración del timer 1.	33
3.1.1.3 Configuración del puerto B y D	33
3.2 Transmisión USART	34
3.3 Sensor De Automóviles.....	34
3.3.1 Diseño Del Lazo Inductivo.....	34
3.3.2 Cálculo De La Inductancia Del Lazo	36
3.4 Partes Del Circuito Detector.....	37
3.4.1 Circuito Oscilador	37
3.4.2 Circuito Onda Cuadrada	37
3.4.3 Microcontrolador	37
3.5 Diseño Del Circuito Detector De Vehículos	38
3.5.1 Circuito oscilador Colpitts.....	39
3.5.2 Circuito de onda cuadrada	40
3.6 Desarrollo del software en el microcontrolador.....	42
3.6.1 Programa de detección vehicular.	42
3.6.2 Programa principal.	42
 CAPÍTULO 4.....	 46
PRUEBAS Y RESULTADOS	46
4.1 Obtención de frecuencia	46
4.2 Comparación de frecuencia teórica con frecuencia real.	48
4.3 Desarrollo de pruebas realizadas para obtener el número de periodos en 100ms con diferentes autos.....	49
4.4 Pruebas realizadas con el programa y el circuito detector.	51
4.5 Gráficas usando el circuito diseñado.....	51
4.6 Obtención de umbral	58
4.7 Diagrama esquemático del circuito detector	59
4.8 Partes de la tarjeta de detección.....	60
4.8.1 Descripción de las partes de la tarjeta de detección.	61
4.9 Pruebas realizadas con la tarjeta de detección.	62
4.10 Circuito de toma de datos de las tarjetas de detección vehicular.....	62
4.11 Esquemático del circuito principal.....	64
4.12 Pruebas realizadas con la tarjeta de detección y el circuito principal.....	65
4.13 Recomendación de la instalación del lazo sobre el pavimento.....	65
4.14 Recubrimientos para sensores de lazos inductivos	66
4.15 PRESUPUESTO.....	68

CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	70
FUENTES	72
ANEXOS	75



RESUMEN

Los estacionamientos en el Perú no cuentan con un sistema de control de vehicular. Las condiciones de atención al cliente dentro de los estacionamientos son mínimas. Comparando con los estacionamientos en el mundo, no se cuenta con sistemas óptimos de control vehicular. Ni siquiera los centros comerciales conocidos con estacionamientos de gran capacidad tienen un sistema de control de parqueo en el cual se dé aviso de disponibilidad de espacio.

Los estacionamientos pequeños cuentan con una guardián el cual se encarga de entregar un boleto con la hora de entrada del automóvil, a la vez es un comprobante donde se indique que el vehículo está aparcado en ese local. En este caso, se puede controlar el número de vehículos dentro del estacionamiento rápidamente con solo darle una vista al local, sin embargo, el caos ocurre en los grandes estacionamientos en los cuales es un problema controlar la entrada y salida de los vehículos debido a la gran afluencia del local.

Surge la necesidad de mejorar dichos espacios para dar una mejor atención al cliente, así evitar pérdida de tiempo buscando un espacio disponible para aparcar el automóvil. Es así como se desarrollan diversos tipos de tecnologías aplicables a estacionamientos, para brindar mejor servicio.

El desarrollo del tema planteado, surge de la necesidad de aportar a la ciudad un sistema tecnológico de bienestar al conductor y a la ciudadanía. Evitar el caos vehicular en los locales de aparcamiento es la principal tarea.

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN Y PROBLEMÁTICA DE LOS ESTACIONAMIENTOS DE ALTO TRÁNSITO

Este capítulo es introductorio y en él se presentan los problemas comunes en los estacionamientos de gran capacidad.

Para realizar este capítulo se visitó los principales estacionamientos comerciales de la ciudad, se identificó sus características y como funcionan. De la investigación realizada se puede identificar cuales son las variables que en conjunto hacen de los estacionamientos de alto tránsito un caos dentro del local y fuera de estos.

Las medidas tomadas por las autoridades municipales por solucionar el déficit de estacionamiento en la ciudad es importante para este problema que afecta a todos. Además, se toma en cuenta el número de vehículos importados que ingresan anualmente al Perú.

1.1 Situación actual y estadística del parque automotriz en el Perú

El parque automotriz ha crecido considerablemente en los últimos años. Debido a este factor, los estacionamientos de la ciudad no se dan abasto, es por ese motivo que la empresa privada y las municipalidades están enfocándose en este problema, a pesar que se están construyendo estacionamientos en toda la ciudad, no es suficiente para el número de vehículos que circulan diariamente en la ciudad.

Según estudios realizados por la Sunat, entre el año 2000 y 2005 se han importado aproximadamente 264 mil vehículos entre usados y nuevos. Según la asociación de Representantes Automotores del Perú (Araper) reportó que el 2007 se vendieron 28.430 vehículos ligeros, unos ocho mil mas que el año anterior. En lo que va del año, ya se han vendido 19.697 autos.^[35]

Ver el siguiente cuadro.

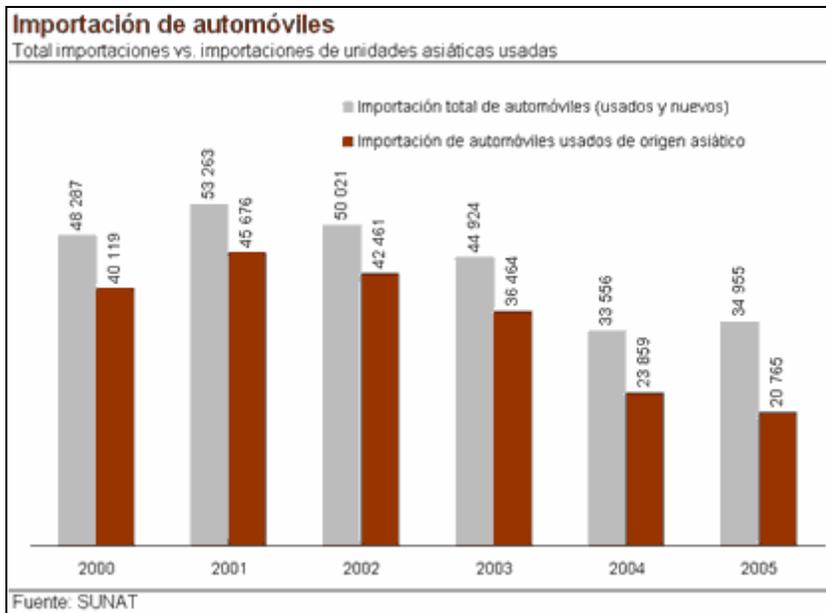


Figura 1.1: Importaciones de automóviles (Fuente SUNAT).

1.2 La evolución de los automóviles

No hay duda que aquellos tiempos en los que el hierro y la madera eran los materiales predominantes en la construcción de un carro han pasado a la historia. Ahora hablamos del magnesio, del aluminio o de las fibras de carbono.

Aluminio

Utilizado para bastantes elementos del bastidor, del motor, de los asientos y en capós y llantas.

Cerámica

El empleo más conocido de la cerámica es en los discos de freno de automóviles de altísima gama, como por ejemplo los Porsche en algunas versiones, incluso son opcionales-. Este material también se utiliza como base en los catalizadores (después se recubren de metales preciosos).

Fibra de carbono

Se trata de uno de los materiales preferidos en el mundo deportivo, ya que es resistente y ligero. Las investigaciones realizadas para el deporte automovilístico, sobre todo en las áreas de aerodinámica –alerones, por ejemplo se aplican después a los automóviles “de calle”. La fibra de carbono en los salpicaderos es sinónimo de deportividad. Los amantes

del tuning también están muy familiarizados con este compuesto; los apliques que ponen en sus coches casi siempre son de fibra de carbono. Pero no sólo se utiliza en piezas exteriores, si se combina con poliamida y poliéster (más adelante hablaremos de estas sustancias), se pueden fabricar piezas para el motor, ya que estos compuestos son altamente resistentes al calor.

Hierro y acero

Siguen siendo los materiales por excelencia: chasis, puertas, capós, llantas, suspensiones.

Magnesio

Por el momento, se utiliza en pocas piezas, pero, poco a poco, esta acaparando el terreno a los compuestos férricos. El esqueleto de los volantes, los armazones de los asientos, las traviesas de los salpicaderos y el cárter del motor ya son de magnesio.

Otros metales y minerales

El **titanio** -muy duro y resistente- se emplea en tornillería; el **cobre** se puede encontrar en los cableados y el **zinc** se utiliza para recubrir la carrocería antes de la pintura como parte importante del tratamiento anticorrosión.

Plásticos

Este material se puede encontrar en muchas de las piezas de un automóvil. Depende de la formulación que tenga para que su función sea una u otra. Los más utilizados son los termoplásticos y los elastómeros. Dentro de los primeros, se incluyen el polipropileno (PP), el poliestileno (PE), la poliamida (PA) y el policloruro de vinilo (PVC). En el grupo de los segundos, se pueden hallar aquellos que están reforzados con fibra y aquellos que no.

El **polipropileno** se emplea en los parachoques y en las carcasas de los faros. Como el paragolpes es una de las zonas más “golpeadas”, el elemento suele mezclarse con otros plásticos para conseguir que absorba impactos.

Vidrio

Los compuestos plásticos están sustituyendo al vidrio, pero éste todavía está presente en las lunas delantera y trasera, cristales laterales y, en ocasiones, techos solares. Las investigaciones actuales trabajan en la sustitución de lunas traseras y laterales por policarbonatos; según se calcula, se podría reducir el peso total en un 40 por ciento.

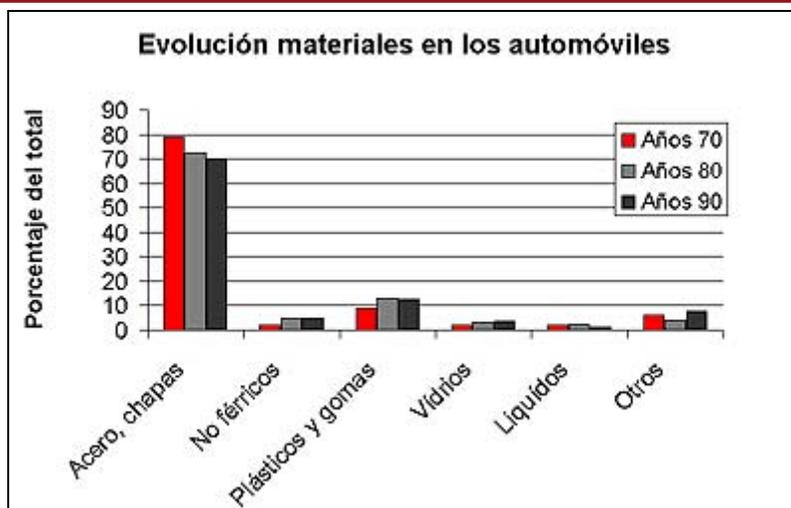


Figura 1.2: Evolución de los materiales en los vehículos.

como se muestra en el gráfico que se muestra a continuación, la tendencia es que, poco a poco, estos se reduzcan, mientras que los plásticos y las gomas aumenten su presencia. Hay que tener en cuenta que diversos materiales están empezando a ser sustituidos por plásticos. Las lunas y los cubrefaros que, hasta hace poco eran de vidrio, se fabrican ahora en policarbonato, que reduce el peso de la pieza hasta un 50 por ciento en relación con las originales.

1.3 El problema de los estacionamientos en la ciudad.

Los estacionamientos, es un problema para las autoridades municipales de la ciudad; en el caso del municipio de Miraflores, este problema surgió debido a que en virtud a un Decreto Supremo se creó un déficit de estacionamientos que nunca fue cubierto, tal como lo manda la misma norma legal (básicamente, el déficit es generado por los edificios construidos en la zona central del distrito). En dicho Decreto Supremo, se prevé, que los edificios que se construyan sin zona de estacionamiento, deben pagar por ellos, para que la autoridad municipal, lo compense con edificaciones públicas destinadas a este fin: esto no funcionó finalmente; así se tiene que en 1982 se construyeron 700 plazas deficitarias que atentan contra el comercio y el vecino que acude al centro de Miraflores principalmente.

El aumento del flujo vehicular, hace más crítica la salida del centro de la ciudad, en algunos casos, por lo angosto de sus vías y calles. Se consolida Miraflores, se acentúa el crecimiento vertical, aumenta la densificación, se crea un déficit alarmante de estacionamientos, sobre todo en el centro y en la zona comercial del distrito y esto trae como consecuencia una mayor congestión vial y una baja en la calidad de la ciudad.

En el caso de los grandes centros comerciales, la mayoría de municipalidades exige un número mínimo de estacionamientos dentro del local casi siempre con la idea equivocada de que mas espacios de parqueo aliviaran la congestión.

En el caso del distrito de Surco, la demanda de estacionamientos debido a la creciente afluencia de consumidores en el centro comercial Jockey Plaza, ha traído como consecuencia un proyecto de ampliación del estacionamiento para responder a la demanda de estos sin embargo, las autoridades municipales y los dueños de los centros comerciales no aprovechan al máximo los locales de aparcamiento vehicular.

Los estacionamientos no cuentan con una tecnología adecuada que permita la utilización de estos locales al máximo, para el beneficio de la ciudad.

1.4 Situación actual de los principales estacionamientos de lima

Este tema de tesis está enfocado a estacionamientos de gran capacidad vehicular. Para desarrollar la tesis planteada, es indispensable realizar un estudio de la problemática en los principales estacionamientos de la ciudad.

A continuación una descripción de algunos estacionamientos importantes:

Estacionamientos en el Jockey Plaza ^[30].	
Capacidad	3500 automóviles
Tipo de estacionamiento	Asfaltado, estacionamiento de un nivel, sin techo. Tres puertas de entrada y salida a la Av. Javier prado.

Tipo de control vehicular	Entrega de boleto en la puerta de entrada del estacionamiento para evitar robos de automóviles dentro del local. Devolución del boleto a la salida del estacionamiento.
Estado del local	En buen estado.
Costo	3 soles tarifa plana
Orientación o señalización dentro del local	Señalización de sentido de vía. No hay indicación de áreas de estacionamiento lleno o vacío. Ningún encargado le guía al conductor donde estacionar en auto.
Flujo vehicular	Congestión vehicular dentro del estacionamiento. Exceso de flujo vehicular entre las 5 y 7 de la noche.

Tabla 1.1: Estacionamiento Jockey Plaza



Figura 1.3:
Entrada al estacionamiento del Jockey plaza.

Estacionamientos en Larcomar ^[29].	
Capacidad :	800 automóviles
Tipo de estacionamiento :	Subterráneo de 8 niveles, techado, asfaltado. Una entrada y una salida de dos carriles cada una.
Tipo de control vehicular :	Un guardia de seguridad en la entrada y un encargado de cobrar por estacionar el vehículo en el local.
Estado del local :	En buen estado.
Costo :	Gratis con ticket de consumo.
Orientación o señalización dentro del local :	Señalización de sentido de vía y velocidad. Ningún encargado informa al conductor en qué nivel estacionar.
Flujo vehicular :	Mayor demanda de estacionamientos, días laborables y los fines de semana.

Tabla 1.2: Estacionamiento de Larcomar

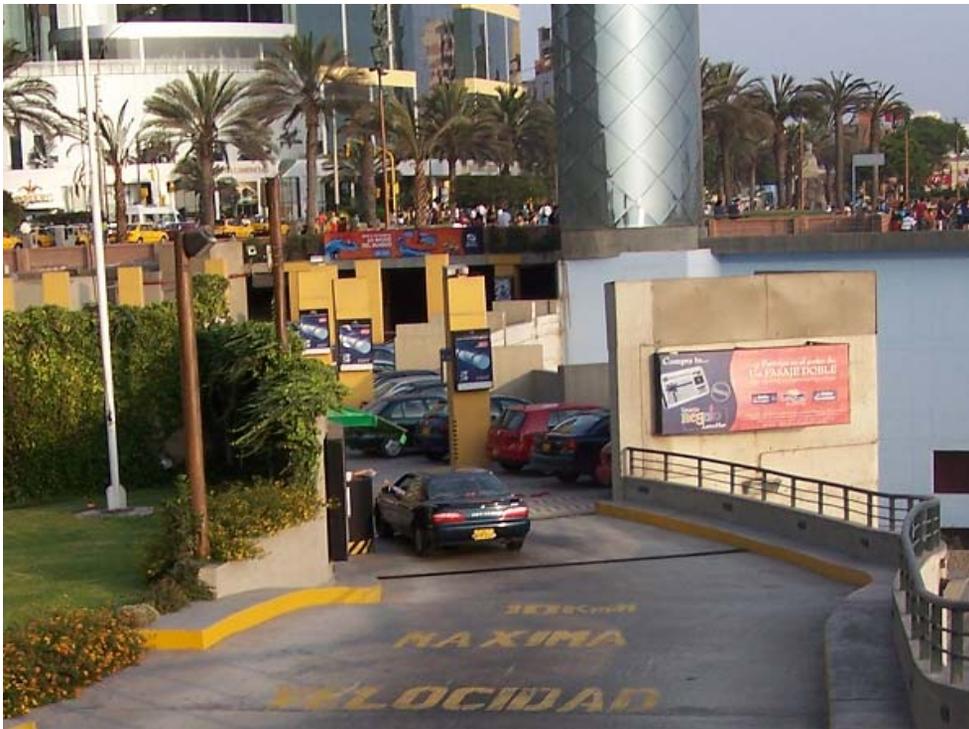


Figura 1.4: Entrada del estacionamiento de Larcomar



Figura 1.5: Salida del estacionamiento de Larcomar

Estacionamiento en plaza San Miguel ^[28] .	
Capacidad	1500 automóviles
Tipo de estacionamiento	Asfaltado, con áreas de estacionamiento subterráneo de 2 niveles.
Estado del local	En buen estado.
Costo	Gratuito
Orientación o señalización dentro del local :	Señalización de velocidad dentro del estacionamiento, señalización de sentido de vía.
Flujo vehicular :	Mayor demanda de estacionamientos, los fines de semana.

Tabla 1.3: Estacionamiento Plaza San Miguel



Figura 1.6: Estacionamiento subterráneo de plaza san Miguel

1.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ESTACIONAMIENTOS

Haciendo un recorrido en los principales estacionamientos de Lima, considerados los más modernos de la ciudad, se observó que no todos cuentan con un sistema automatizado de control vehicular tanto en la entrada como en la salida de estos.

La constante en los estacionamientos estudiados, es el siguiente:

- I. El conductor fuera del estacionamiento no cuenta con información si el estacionamiento cuenta con espacio disponible.
- II. En la entrada del local, el encargado no informa al conductor si el local está lleno o disponible.
- III. En la entrada del local, el encargado entrega un boleto indicando la hora de entrada o un simple boleto sin hora marcada.
- IV. Dentro del local, es posible que los encargados de dar servicio de lavado al auto, guíen al conductor de algún espacio disponible.
- V. En el caso de no tener orientación alguna, el conductor realiza un recorrido sin rumbo fijo en el estacionamiento. En este proceso, el conductor pierde mucho tiempo buscando estacionarse.
- VI. Mientras más se demore en buscar donde estacionar, aumenta el número de vehículos en la misma situación.
- VII. El flujo de vehículos aumenta y las probabilidades de conseguir donde estacionar disminuyen.
- VIII. Después de buscar un buen tiempo es posible encontrar un espacio, de lo contrario, el conductor sale del local para buscar otro local donde estacionar el automóvil.
- IX. A la salida del local se entrega al encargado el boleto para que se realice el cobro respectivo por la permanencia del automóvil en el local, en otros casos, sólo se entrega el ticket como indicador que el automóvil corresponde al conductor saliente.

El siguiente diagrama de flujo es el recorrido del conductor desde la entrada del estacionamiento hasta finalmente estacionarse o salir del local por falta de espacio donde estacionar.

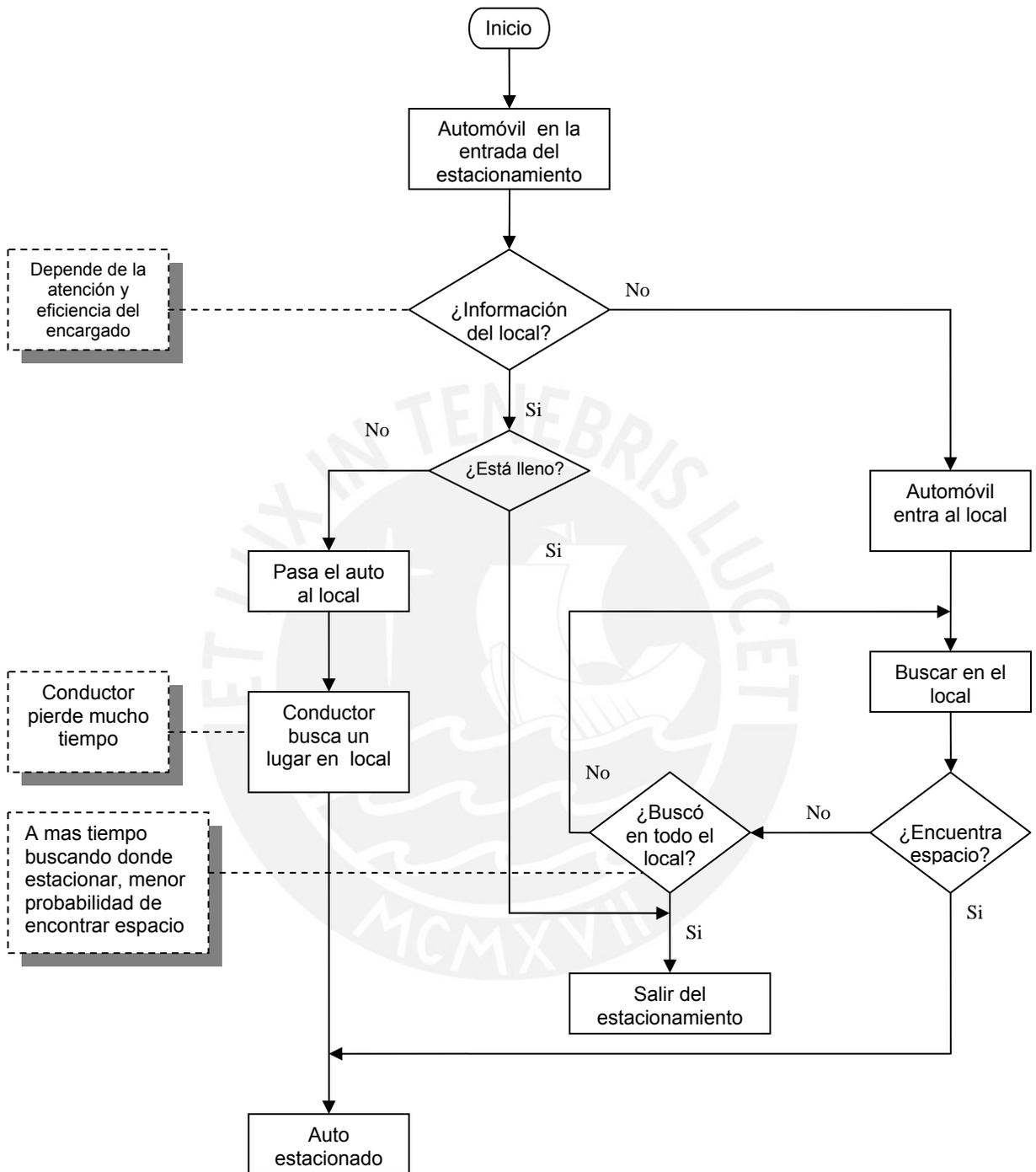


Figura 1.7: Diagrama de flujo del recorrido que realizan los conductores dentro de los estacionamientos.

1.5.1 VARIABLES

Las variables internas identificadas en el diagrama de flujo, así como también en los estacionamientos visitados, son las siguientes:

HECHOS	PROBLEMAS Y CAUSAS
1. Tecnología	Se utiliza un sistema de control vehicular deficientes debido a que son manuales.
2. Dependencia del encargado	Se requiere de la atención y eficiencia del encargado para tener información del estacionamiento.
3. Infraestructura del local	Buen estado de los estacionamientos en los locales comerciales. Locales inadecuados para estacionamientos en el centro de Lima.
4. Atención al conductor	Los conductores buscan sin orientación de algún empleado del local, un lugar disponible dentro del local.
5. Pérdida de tiempo	La falta de señalización e información hacen que el conductor pierda mucho tiempo buscando un espacio disponible en el local
6. Demanda de estacionamientos	La afluencia de vehículos dentro del local congestiona el estacionamiento. Este problema se agudiza más en hora punta.

Tabla 1.4: Variables

1.5.2 Variables que influyen en los estacionamientos

- a) Tendencia mundial: en los EEUU, Europa y Asia, la tendencia de los estacionamientos es la automatización completa del servicio. Desde ascensores para automóviles, contadores electrónicos de vehículos, cobro del servicio sin la presencia de un personal del local. En el Perú, el servicio no va de la mano con la

excesiva demanda por los estacionamientos. El servicio en los estacionamientos de gran capacidad es manual, este sistema no es óptimo.

- b) Economía: la inversión en estos locales es escasa, aun cuando existen empresas dedicadas especialmente a la administración de estacionamientos. La inversión va directamente a usar mano de obra barata y no tecnológica para el buen funcionamiento del local. Una de las causas por las cuales se evita usar tecnología apropiada para estos locales es el alto costo de los sistemas, la variedad de estos y la falta de empresas nacionales dedicadas a este rubro.
- c) Instituciones: el ministerio de transportes no tiene ingerencia en los estacionamientos. Las municipalidades realizan la tarea de supervisar revisar y exigir, si es el caso, mejoras en los planos de futuros estacionamientos para responder a la demanda de estos locales, la seguridad de quienes lo ocupen y evitar construcciones no adecuadas para el desplazamiento excesivo de automóviles. En distritos de alta densidad vehicular, las municipalidades realizan proyecto de construcción de estacionamientos para equilibrar el déficit de estos.
- d) Tecnología: no es la adecuada en la gran mayoría, en especial en los estacionamientos de gran capacidad, se requieren equipos óptimos, eficientes para cubrir la demanda del usuario, aprovechar al máximo el local y ofrecer un buen servicio.
- e) Proveedores: los equipos son muy caros, en el Perú no hay una empresa dedicada a este rubro. Para implementar un sistema electrónico adecuado para el estacionamiento, se requiere importar los equipos necesarios para ese fin.

1.6 DECLARACIÓN DEL MARCO PROBLEMÁTICO

Los mecanismos actuales de control vehicular en los estacionamientos se basan en sistemas manuales que son deficientes para estacionamientos grandes. Estos sistemas manuales de control vehicular están a cargo de algún empleado del local, el cual controla el número de vehículos que ingresan y salen del local.

1.6.1 FUNDAMENTACIÓN

El crecimiento poblacional y el progreso socioeconómico de los países cada día crean nuevos tipos de problemas que se pueden solucionar desarrollando nuevas tecnologías. Es el caso del crecimiento acelerado del parque automotriz y debido a la falta de espacios en las grandes ciudades, es necesario modernizar los lugares de estacionamiento para que permitan ahorrar tiempo y dinero, tan es así que utilizando la tecnología electrónica intentamos buscar soluciones prácticas que contribuyan al desarrollo en general.

El sistema de control vehicular de los estacionamientos no son lo suficientemente eficientes para la afluencia creciente de vehículos en la ciudad. La necesidad por mejorar este problema que va creciendo considerablemente hace posible un estudio del tema.

Los conocimientos teóricos adquiridos en el proceso de aprendizaje de la ingeniería, nos han dado los rudimentos científicos necesario para resolver problemas tecnológicos de diversa índole que cotidianamente se presentan en los diferentes sectores de la realidad concreta.

En general, buscamos soluciones eficientes a problemas específicos para el mejoramiento de nuestra vida diaria. En el caso del control vehicular en los estacionamientos, buscamos solucionar este problema estudiando la problemática planteada y aplicando todos los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA DETECCIÓN DE VEHÍCULOS.

2.1 Presentación del asunto de estudio

El parque automotor en Lima a crecido considerablemente, los limeños que viajan en automóvil propio se libran del infernal transporte público, pero esa ventaja implica un gran costo que se paga al momento de alquilar un estacionamiento, por ejemplo un trabajador de San Isidro abona S/. 2.880 al año por aparcamiento en una playa privada.^[35]

El exceso de vehículos en nuestra ciudad, no solo ha generado tráfico en avenidas principales de la ciudad, sino que también un congestionamiento en los estacionamientos de los centros comerciales, hospitales, estadios, universidades, etc. Es común dirigirse a un centro comercial y lidiar con este problema, no solo se pierde tiempo buscando un lugar disponible donde estacionar el automóvil, sino que también se es vulnerable a choques con otros autos en la misma situación.

Debido al gran uso de la tecnología para mejorar la atención al cliente en todas las áreas de la sociedad, se cree conveniente desarrollar la tecnología apropiada para optimizar el servicio en los estacionamientos.

El SISTEMA DE CONTEO ELECTRÓNICO DE VEHÍCULOS PARA ESTACIONAMIENTOS permitiría al conductor saber si hay o no espacios disponibles en el estacionamiento y en qué área del local se puede estacionar.

Es importante tener en cuenta qué es lo que se usa en el mundo para desarrollar el tema en sí, es por eso que este documento explicará las tecnologías usadas actualmente a nivel mundial, para desarrollar el proyecto debemos tener una idea clara con qué se puede trabajar.

Como síntesis, se tiene que analizar los sistemas de detección de vehículos que existen en la actualidad para el desarrollo del tema planteado, debido al alto grado de importancia que tiene la detección de automóviles en este proyecto.

El presente capítulo explicará cuales son los factores determinantes para el desarrollo de los estacionamientos, cuál es la situación actual de los estacionamientos en el mundo, además, como ya se mencionó anteriormente, se explicarán los diversos sistemas que se usan actualmente para tener un control permanente del uso de los estacionamientos y el tipo de detección de vehículos.

2.2 Estado de la investigación

2.2.1 Antecedentes

La necesidad de más estacionamientos surgen a raíz del crecimiento del parque automotor

A mediados de la década de los veinte, en Estados Unidos se dio un reglamento con la finalidad de que los nuevos conjuntos de viviendas multifamiliares tengan como requisito espacios de estacionamientos. Una década después, se aprobó un reglamento que requería estacionamientos en los hoteles y hospitales. A partir de esos años, se inició la incesante construcción de estacionamientos, a su vez se diseñaron todo tipo de sistemas desde manuales hasta electrónicos enfocados en mejorar el servicio de los estacionamientos ya sea en la calle como en locales especiales para el aparcamiento de los vehículos ^[2].

2.2.2 Factores que influyen en la construcción de estacionamientos

- **Económico.** A medida que haya mayor nivel económico, corresponde una menor relación de habitante por vehículo. A mayor grado de automóviles habrá mayor demanda de estacionamientos, por lo tanto, se hará una mayor inversión en sistemas de control de vehículos en estacionamientos.
- **Uso de las vías públicas para estacionar.** Esta situación reduce la capacidad de muchas calles en un cincuenta por ciento. Esto a su vez genera congestionamientos, debilitamiento del comercio en la zona central, deterioro del valor de la propiedad, fricciones de los conductores con las autoridades, etc.
- **Demanda.** A medida que crece la población de las ciudades, aumenta el número de automóviles que entran a centros comerciales, hospitales, universidades, etc.

Como es natural, si éste no es sustituido por otro fuera de la calle se agrava el desequilibrio entre oferta y demanda.

2.2.3 Tipos de estacionamientos

Para desarrollar un sistema de control de vehículos es necesario saber los tipos de estacionamientos en los cuales se puede implementar algún tipo de sistema de control de parqueo.

- **Estacionamiento en las vías públicas.** Consiste en aparcar el vehículo en la calle. Este tipo de estacionamiento tiene el inconveniente de ser peligroso si el volumen de tránsito en la calle es importante.
- **Estacionamientos sin techo.** Son aquellos lugares que son delimitados por paredes sin techo, cuentan con un puesto de vigilancia en la entrada y salida. Algunos centros comerciales cuentan con este tipo de estacionamiento y algunos servicios privados de estacionamientos.
- **Estacionamientos con techo.** Son aquellas construcciones de locales de aparcamiento, es decir, edificios de pisos o garajes subterráneos.
- **Estacionamientos según el acceso.** Esta clasificación depende de la ubicación de la salida y entrada del local.
 - a) En algunos locales la entrada y salida es por una sola puerta pero separados por líneas amarillas en la pista o por un pequeño muro que los separan.
 - b) La salida y entrada en el mismo carril, es decir por un solo carril entran y salen los vehículos del local.
 - c) Por último, la entrada es por una puerta de acceso y la salida es por otra puerta, generalmente ambas puertas están en el extremo opuesto del local.

2.2.4 Tipos de control de estacionamientos

2.2.4.1 Estacionómetros

Son accionados con monedas, que permiten echar a andar el reloj interno. Una aguja marca en un cuadrante graduado el tiempo pagado. Al consumirse el tiempo, la aguja del reloj indicará el tiempo aún disponible. El usuario debe abandonar el lugar al finalizar el tiempo. Sin embargo, muchas personas vuelven a insertar monedas al aparato para seguir usando el servicio de estacionamiento.

Son sistemas usados en las vías públicas.

Desventajas. El problema con este sistema de control, es que el usuario debe dejar lo que estaba haciendo para ir a atender el aparato. Además de recibir multa por excederse del tiempo.

Requiere mantenimiento constante, de personal de vigilancia para evitar que se echen monedas defectuosas y poner multas.

2.2.4.2 Control Con Dispositivos Impresos^[1].

Consiste en tarjetas y discos que se instalan por dentro del vehículo y marcan la hora de iniciación del estacionamiento. Estos dispositivos son comprados por los usuarios, quienes sólo los usan en ciertas zonas de la ciudad (declaradas por las autoridades) con límite de tiempo de estacionamientos. En estas zonas, se indica el máximo tiempo permitido a los que se estacionan. Al llegar, el usuario debe marcar una tarjeta de llegada el cual debe estar a la vista de los policías los cuales se encargaban de vigilar el cumplimiento del límite de estacionamiento. Si el usuario no regresa al Término del tiempo disponible, se hará acreedor de una multa.

Ventaja. Tenían la misma finalidad que los estacionómetros, pero la ventaja es que tienen un costo bastante menor y ningún mantenimiento.

Desventaja. Requiere más personal de vigilancia y venta. Otra de las desventajas es que el usuario no dispone de los impresos en forma fácil y rápida.

2.2.4.3 Señalización de tráfico

Se usan las señales de tráfico usuales en las vías públicas, pues con ellas ya están familiarizados los conductores. Las pistas marcadas con rayas de separación y de guía, que son trazadas con diferentes colores según las distintas rutas. Estos sistemas facilitan a los conductores la orientación dentro del estacionamiento.

Indicador de ruta

Este sistema guía al conductor hacia las zonas donde existen puestos libres. Para ello, se utilizan bobinas de inducción colocadas en los callejones de paso de los autos que entran en una zona de aparcamiento y colocar otra donde salen de ellas. La diferencia entre las dos, indican cuantos vehículos se encuentran estacionados. En caso estos llegan a igualar al número de espacios disponibles, se conmuta automáticamente un indicador que

se encuentra en la entrada del estacionamiento, se apaga la luz del letrero que dice “libre” y se enciende la que dice “ocupado”.

2.2.4.4 Indicador manual de puesto libre para aparcar

Se entrega al conductor a la entrada del estacionamiento un boletín de aparcamiento. No solo recibe el boleto con el marcaje de la hora de entrada, sino que además la indicación de un determinado puesto para aparcar el automóvil. Este sistema permite al conductor aparcar rápidamente sin perder el tiempo y controlar fácilmente la ocupación del aparcamiento. Para ello es necesario un tablero en que por cada puesto libre cuelga una marca de control que el cliente descuelga junto con el boletín. En todo momento se puede ver en el tablero los puestos libres y ocupados del estacionamiento.

Desventajas. Este sistema solo sirve para estacionamientos en los cuales el control de entrada y salida están en un mismo punto.

2.2.4.5 Expedidor automático de boletos

En la entrada del local hay instalado sobre la acera rectilínea, a la izquierda de la pista de entrada, una máquina automática de impresión de boletos de tal modo que el conductor a través de la ventanilla puede accionarlo. Cuando el coche está ante la máquina impresora, provoca, a través de una bobina de inducción alojada en el pavimento, la entrega de un boleto de aparcamiento. Para que la máquina entregue este boleto, se debe de poner una moneda. Cuando el conductor retira el boleto de la máquina, se cierra un contacto que abre la barrera montada en la dirección de la marcha del vehículo. En cuanto el automóvil ha traspasado dicha barrera, otras bobinas de inducción colocadas detrás de ella la vuelven a cerrar.

2.2.4.6 Despacho automatizado

Desde la entrada del estacionamiento hasta los pisos, el conductor recibe a lo largo de la rampa por medio de indicadores de ruta, información de los puestos de aparcamiento disponibles. Los indicadores de ruta suelen estar colocados en los sitios en los que el conductor tiene que escoger entre dos o más rutas posibles hacia la zona de aparcamiento.

2.2.4.7 Otros sistemas usados en estacionamientos

En el caso de los estacionamientos en edificios, cuando la altura del techo del edificio es muy reducida, se disponen en la entrada, controles automáticos (barreras luminosas, letreros electrónicos, etc) con los que se advierte que el automóvil no puede ser admitido dentro del edificio; así se evitan daños al automóvil y al edificio.

2.2.5 Sistemas detectores y conteo de vehículos

2.2.5.1 Detección de lugares disponibles en el estacionamiento.

Existen dos maneras de determinar el número de espacios que se encuentran disponibles dentro del estacionamiento:

1. Detectar la presencia de vehículos en cada espacio de estacionamiento. Esto requiere que sean colocados sensores en cada espacio o un sistema de video de reconocimiento de configuración para mantener actualizados el correcto número de espacios disponibles. Este enfoque ofrece una buena exactitud pero tiene un costo mayor en equipos e instalación.
2. Contar la entrada y la salida de vehículos. Al contar el número de vehículos entrando y saliendo del estacionamiento es posible deducir el número de vehículos estacionados. Esto usualmente produce resultados de menor exactitud cuando el estacionamiento tiene un solo carril de entrada y salida, esto genera una lectura equivocada del sensor. Este sistema sólo se utilizaría si el estacionamiento tiene un carril o más de entrada y otro de salida, así no se producirá errores.

2.2.5.2 Tecnologías actuales para la detección y conteo de vehículos

Para el desarrollo del tema en si, es conveniente dar un vistazo a las tecnologías disponibles para la detección de vehículos. Por este motivo expongo los sistemas de detecciones actuales con que cuenta el mercado automotriz.

1) Sensores de lazo inductivo

El lazo inductivo se utiliza para detectar la presencia o el paso de vehículos en diversas aplicaciones (pesaje dinámico, clasificación vehicular, automatización de señalización, detección de velocidad, gestión y control de estacionamientos y

barreras, etc.) y se puede instalar en forma temporal o en forma permanente. En ambos casos se pueden utilizar lazos preformados o lazos contruidos en sitio.

En el mercado existen los lazos inductivos preformados, para colocar bajo la capa de asfalto o de concreto, o en ranura sobre la superficie, o en utilización temporal. ^[7]

Si ya existe asfalto o concreto en la pista, el lazo deberá ser montado en sitio ranurando la pista. Podría utilizarse un lazo preformado, pero también el lazo puede ser construido en sitio, colocando varias vueltas del cable apropiado en una ranura. El ancho de la ranura depende de las dimensiones del cable utilizado, pero un valor normal es de 5 mm para concreto y de 7 mm para asfalto. La profundidad de la ranura será de 30 mm a 50 mm en función del número de espiras a utilizar. En todos los casos la ranura deberá ser luego rellenada con un recubrimiento sellante apropiado.

2) Detectores de vehículos

La empresa “Inglobalsis” ha implementado un correcto uso de este tipo de dispositivos pero aplicado a estacionamientos donde se cierra y abre automáticamente el portón. Brindan a los usuarios seguridad de que sus vehículos no resultarán dañados por errores de los operadores o guardias, o por la terminación del tiempo de gracia que algunos equipos brindan para que el portón o barrera cierre automáticamente. ^[8]

Se instala sensores en los cantos o laterales de sus portones, con el fin de prevenir que estos cierren y dañen los vehículos.

Cuando un vehículo se encuentra en el espacio de cierre del portón, los sensores al tocar el vehículo revierten el recorrido del portón para evitar que siga el proceso de cierre y el carro sufra un daño serio, así como el actuador o el motor del portón.

Estos equipos normalmente van instalados en el piso creando una zona de cobertura específica para la detección de vehículos

3) Captador hidro-acústico

Tubo enterrado sensible al paso de ruedas a través de 4 a 8 cm de asfalto (asfalto en frío) o tierra. El sistema consta de uno o dos tubos flexibles llenos de líquido anticongelante provistos de una célula de detección piezoeléctrica (que generan energía eléctrica mediante la presión) se instalan en la vía de circulación.

Las variaciones de presión generan ondas hidro-acústicas que a su vez se transmiten a la caja para ser registrados.

Este sistema se usa para Doble calzada y calzada única.

Se debe realizar una zanja en la vía de paso de 5 a 10 cm de ancho y de 7 a 10 cm de profundidad.

Se allana el suelo, se coloca el tubo en la zanja y se cubre. Prever unas 2 horas para la instalación del tubo. El captador está adaptado para la detección de todo tipo de vehículo que ejerza un peso en cada rueda superior a 150 kg. El paso de peatones no es detectado. [24]

2.3 CONCEPTUALIZACIONES GENERALES

2.3.1 ESTACIONAMIENTOS.

Definición._ Locales exclusivos para guardar automóviles por un periodo determinado.

Tipos de estacionamientos:

Por su uso:

- De uso privado.-Para Servicio particular, no tiene por objeto la explotación de la actividad como giro comercial.
- De uso público.-Para servicio del público en general, tiene por objeto la explotación de la actividad como giro comercial.
- De uso mixto.- Para servicio propio y del público en general.

Por su

construcción:

- Estacionamiento con edificación de dos o más niveles.
- Estacionamiento techado.
- Estacionamiento al aire libre con alguna construcción.
- Estacionamiento al aire libre sin construcciones.

- Por el tipo de vehículo:*
- Vehículos Ordinarios.- En los que se albergue cualquier tipo de vehículo, con excepción a los que se refieren los siguientes.
 - De Carga.- Para estacionar o resguardar camiones, tractocamiones y en general vehículos de carga y pesados.
 - Del servicio público.- Taxis, microbuses y camiones de pasajeros.

2.3.2 SISTEMA DE DETECCIÓN

Definición.- Es un proceso que analiza el comportamiento de algún parámetro, como respuesta a algún tipo de perturbación, se puede manifestar una detección.

Dependiendo de los tipos de detección que se seleccione, se puede tener un mejor sistema con un mínimo de error.

Lazos de inducción: Cuando un vehículo pasa a través del campo, actúa como conductor, cambiando la inductancia del lazo.

Un lazo de inducción, es un lazo de alambre que conduce. Encaja apenas algunos centímetros debajo del pavimento. Un cambio en la inductancia del lazo indica la presencia de un coche. Esta información se puede entonces utilizar para activar señales de tráfico, detección de velocidad, gestión y control de estacionamientos.

Sensor infrarrojo: El sistema detector consta de un emisor y un receptor infrarrojo, colocados enfrentados a cierta distancia entre sí, de manera tal que la interposición de algún cuerpo en el trayecto entre ambos elementos produzca la desaparición de la señal recibida, activándose la correspondiente señal de detección.

Sensor de ultrasonido

Los detectores de ultrasonido emiten ondas de sonido perpendicularmente sobre la carretera. La presencia de un vehículo se determina por la diferencia de tiempos en llegar la onda reflejada en el caso que lo haga sobre el pavimento o sobre un vehículo. La frecuencia de las ondas emitidas está situada en el rango de 25 a 50 KHz, por encima de la banda de frecuencias audible. Son detectores muy sensibles a la temperatura y al viento, pero a su favor tienen que son muy fáciles de instalar.

Tubo piezoeléctrico:

Se basa en el hecho de que al recibir una presión un material piezoeléctrico (como el cuarzo o el titanio de bario), y deformarse físicamente, genera una señal eléctrica. Se instalan en la vía de circulación.

Procesamiento de señales:

Para la detección de vehículos, se usa sólo una cámara o varias cámaras conectadas a un microprocesador este a su vez utiliza un software para procesar las imágenes. Las cámaras visualizan el ingreso y la salida de vehículos, y con la ayuda del software, indica cuantos vehículos ingresaron y salieron discriminando animales, diferenciando camiones de vehículos y personas.

2.3.3 CONTROLADORES

Definición._ Dispositivo electrónico programable por el usuario. Se utiliza para controlar, dentro de un proceso, otros dispositivos ó procesos lógicos y/o secuenciales.

PIC: Características del PIC 16F8XX. ^[5]

- Opera desde DC hasta 20 Mhz
- Utiliza memoria EPROM, FLASH interna.
- Convertidor análogo digital de 10 bits.
- Temporizador programable.
- El conjunto de instrucciones está formado de 35 palabras.
- Hasta 8K x 14 de memoria FLASH de programa.
- Hasta 368 x 8 registros de memoria de datos.
- Puerto de comunicación serial.

ATMEGA8 Características del ATMEGA8. ^[4]

- velocidad de operación entre 8 y 16MHz.
- 512 Bytes de memoria EEPROM
- Hasta 8K Bytes de memoria FLASH de programa.
- Rango de Voltages
 - 2.7 - 5.5V (ATmega8L)
 - 4.5 - 5.5V (Atmega8)
- El conjunto de instrucciones está formado de 130 palabras.
- 3 canales de PWM
- 8canal ADC, 6 canales 10-bit, 2 canales 8-bit
- Puerto de comunicación serial.

2.3.4 AVISO ELECTRÓNICO

Necesario para visualizar el número de vehículos dentro del local y el número de los espacios disponibles.

LED: Es un diodo que emite luz cuando se energiza. Tiene una polarización directa similar a las curvas de respuesta del diodo.

Display 7 segmentos: Polarizando los diferentes diodos que tiene el display, se iluminarán los segmentos correspondientes al número que se quiere visualizar. De esta manera podemos señalar todos los números en base 10.

Display alfanumérico de 16 segmentos: Es muy parecido al de siete segmentos, pero usa dieciséis segmentos para poder representar un mayor número de caracteres y, en este caso, también signos especiales.

Display alfanumérico de 35 puntos: Es una matriz de puntos ordenados en siete filas de cinco puntos por cada fila. Como es lógico pensar, la capacidad de realizar símbolos o caracteres es ahora superior a la del display de 16 segmentos.

Display de cristal liquido: Los LCDs difieren de otros tipos de displays en que no generan luz sino que trabajan con la reflexión de la luz. Estos cristales líquidos están formados por unas moléculas alargadas con forma de puro, se denominan moléculas nemáticas y se alinean con una estructura simétrica. En este estado el material es transparente.

Un campo eléctrico provoca que las moléculas se desalinen de manera que se vuelven opacas a la luz. De esta manera, aplicando o no aplicando un campo eléctrico (es decir, polarizando o no polarizando), podemos jugar con oscuridad o

transparencia respectivamente. Si aplicamos el campo localmente en geometrías iguales al display de 7 segmentos, conseguiremos un display análogo al de los LEDs pero con cristal líquido.

2.4 MODELO TEÓRICO

Desarrollar un sistema de detección de vehículos para un estacionamiento y a la vez mostrarlo en un panel informativo, constituye un proceso que reúne los diversos conceptos analizados y depende de la eficiencia del funcionamiento de cada uno de ellos, además del costo.

En la entrada del estacionamiento, se instalará el sensor de detección. Al ser detectado el vehículo, una señal analógica o digital, según sea el tipo de salida del sistema de detección que se use, se convierte en señal digital mediante un convertidor A/D, el cual puede estar incluido en el microcontrolador (en el caso del ATMEGA y el PIC tienen internamente convertidores análogos digitales). La señal ingresa al microcontrolador por uno de sus puertos configurados como entrada. Esta señal aumentará la cuenta de un registro de programa del microcontrolador, luego se restará con el registro que contenga el número de vehículos que salieron del estacionamiento, si la resta es menor que la capacidad del estacionamiento, se tendrá una variable que indicará el número de cajones disponibles y el número de cajones ocupados. En la puerta de salida del estacionamiento, se instalará un sistema de detección, esto nos permitirá saber cuando autos salen del local.

El microcontrolador tendrá 3 variables de salida, el número de cajones disponibles, ocupados y un indicador que no hay estacionamientos disponibles. El controlador por uno de sus puertos configurados como salida, enviará dichas señales hacia un módulo donde se podrá visualizar.

La elección del detector de presencia de vehículos a usar, depende de la facilidad de instalación, la eficiencia en la detección, el entorno en el cual va ser instalado, el tipo de estacionamiento, y el costo del detector.

Se considera al ATMEGA8 como elemento más fácil de programar que el microcontrolador PIC porque tiene 130 instrucciones mientras que el PIC cuenta con 35 pero es más fácil de conseguir un PIC en cualquier tienda electrónica que un ATMEGA por el momento.

Los programas hechos con el Atmega son más sencillos de realizar, los nemónicos son más fáciles de asociarlos a la operación que se desea realizar. Sin embargo para cualquier persona que tiene conocimientos de la programación del PIC, es prácticamente igual de fácil usar este microcontrolador. En nuestro caso se elije trabajar con el microcontrolador PIC16F877A.

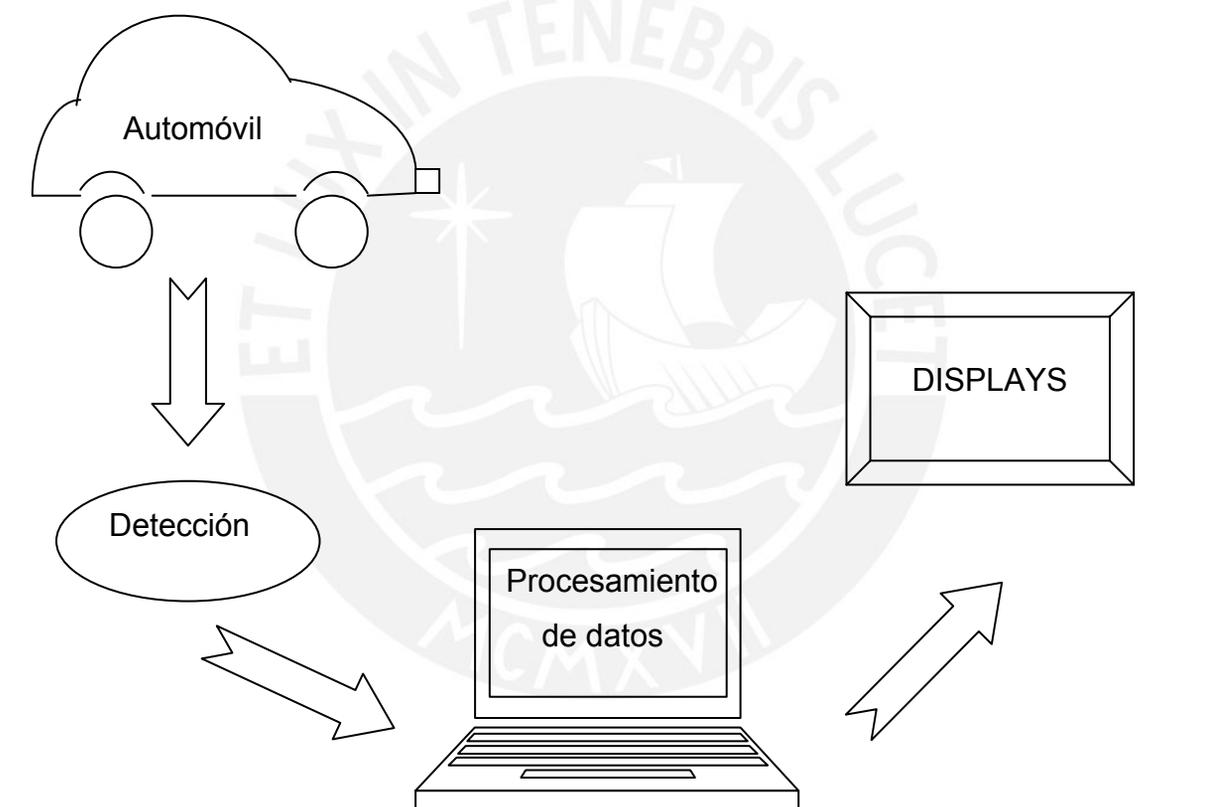


Figura 2.1: Diagrama del modelo teórico

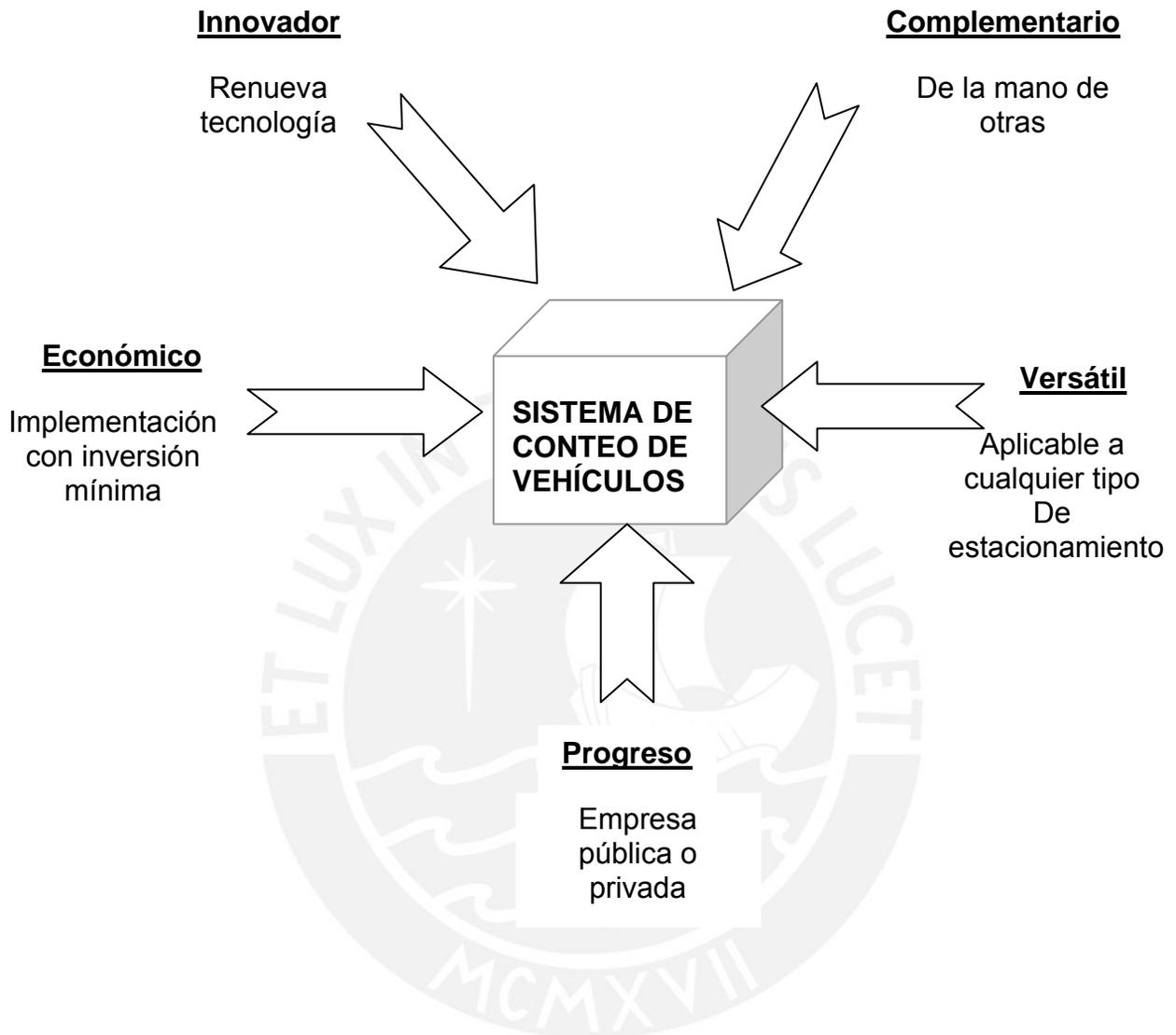


Figura 2.2: Diagrama de factores del modelo teórico

2.5 Definiciones operativas

2.5.1 Indicadores cualitativos

- Calidad del producto final
Medido en función de la probabilidad mínima de error en la detección de automóviles. Esto revela la calidad del sistema desarrollado.
- Compatibilidad
Indica la disposición del sistema a trabajar con otras variables o en un sistema más complejo.
- Satisfacción del Cliente
Se puede medir a través de la cantidad de instalaciones demandadas, que además depende de la calidad de servicio prestado.
- Inversión realizada
Nos indica la cantidad de dinero invertido en la implementación del sistema. Este tiene que ser el mínimo posible.

2.5.2 Indicadores cuantitativos

- Capacidad del estacionamiento
Es el número de total de cajones que hay en el local de estacionamiento. Esta variable depende el estacionamiento en el que se va implementar el sistema.
- Capacidad de cajones ocupados.
Esta variable es un indicador de cuantos vehículos están dentro del estacionamiento.
- Capacidad de cajones vacíos.
Nos indica cuantos espacios están disponibles para el uso del conductor.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE AUTOMÓVILES PARA ESTACIONAMIENTOS

El diseño planteado para desarrollar una solución al tema en estudio es el siguiente: diseñar y desarrollar un circuito encargado de la detección vehicular; enfocarnos en un problema específico; en este caso, desarrollar un sistema para estacionamiento con un carril para la entrada y otro para la salida sin opción a que los vehículos entren y salgan por el mismo carril. Así será necesario un lazo inductivo en la entrada y otro en la salida del estacionamiento. Teniendo en cuenta esto, se diseñará un circuito detector para cada lazo. Habrá un circuito principal que estará conectado con los circuitos detectores de la entrada y salida. Este microcontrolador se encargará de procesar la información de ambos detectores y visualizará el número de vehículos dentro del local haciendo saber al conductor si el estacionamiento está lleno o no.

El diseño que se presenta está basado en el oscilador Colpitts, con un lazo inductivo (llamado también bobina) y el microcontrolador que en conjunto, son los encargados de detectar la presencia de autos. Además de esta etapa, se presenta el circuito principal encargado de recibir flancos de los dos circuitos detectores procesando esa información y visualizando en display el número de vehículos dentro del local (ver figura 3.1). La detección vehicular es el tema fundamental para ser estudiado ya que depende de esta etapa para el buen funcionamiento del circuito principal. A continuación mediante este informe, se pretende presentar el diseño, pruebas y resultados del circuito planteado para la detección vehicular, la eficiencia de este y el diseño, pruebas y resultados del circuito central.

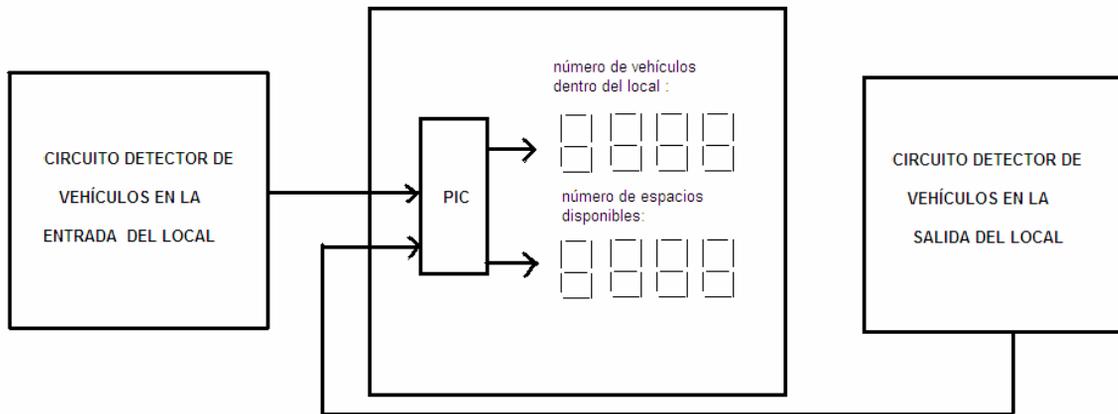


Figura 3.1: Diagrama de bloques del circuito a diseñar.

3.1 Microcontrolador PIC 16F877A

Se opta por usar este microcontrolador porque es económico, accesible en el mercado local y de fácil programación.

Es el microcontrolador más usado entre los de la familia del PIC. Para los programas a realizar, se usará el clock externo del PIC, para esto, se pone en los pines 13 y 14 un cristal de 20Mhz y condensadores de 20nf para obtener un periodo de clock de 0.2us.

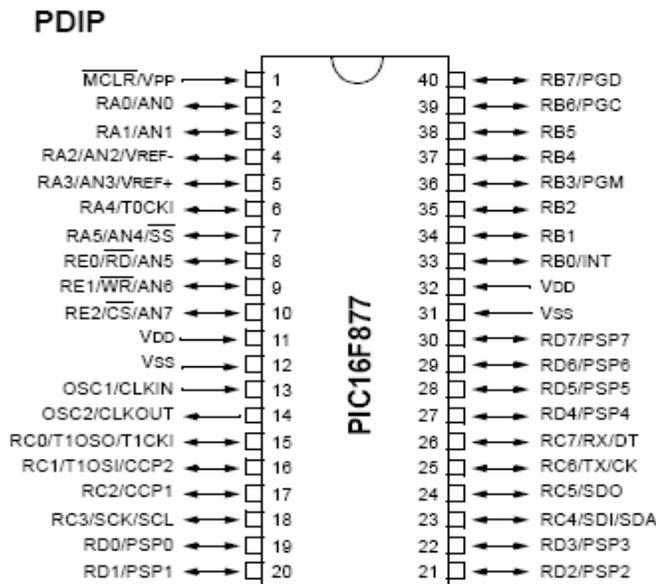


Figura 3.2: Vista del Microcontrolador PIC 16f877a, en empaque tipo PDIP de 40 pines.

3.1.1 Periféricos del PIC 16F877

En la presente se exponen los principales periféricos del microcontrolador que serán utilizados en la implementación de esta Tesis.

3.1.1.1 Modo captura.

Se usará el modo captura con el fin de que, cada vez que se produzca un flanco de subida de la onda cuadrada, se producirá una interrupción que permitirá en cada prueba diferente saber la frecuencia de onda y el número de flancos de subida en 100ms.

Para las pruebas a realizar, se usarán el pin 17 correspondiente a CCP1 del modo captura llamado también pin RC2 del puerto C.

Para el uso del pin 17 será necesario configurar como entrada el puerto C, configurar CCP1ON para que se produzca la captura de cada flanco de subida en la entrada del pin mencionado, además de configurar el registro INTCON para producir la interrupción en cada flanco de subida de la onda cuadrada.

3.1.1.2 Configuración del timer 1.

Es usado en dos casos:

- Determinar el periodo entre cada flanco de subida y así determinar la frecuencia que produce la presencia o ausencia del automóvil.
- Para determinar cuando se producen los 100ms que se requieren en el programa final.

Para ambos casos se configura el registro T1CON para seleccionar el pre-escalador; en el segundo caso, se modifica los registros TMR1H y TMR1L para que a partir del valor colocado en estos, se produzca desborde del temporizador cada 100ms, con esto, se verificará el pin TMR1IF del registro PIR1 para ver si ya hubo desborde o no.

3.1.1.3 Configuración del puerto B y D

Se configuran los dos puertos como salida para, según el número de autos dentro del estacionamiento, se pueda visualizar por medio de displays el número de vehículos dentro del área de estacionamiento.

3.2 Transmisión USART

El módulo USART permite transferir de manera serial utilizando la norma RS-232, los datos del PIC a PC para ser leídos en el Hyper Terminal.

El USART permitirá saber exactamente qué valor es capturado en los registros CCPR1L y CCPR1H y por lo tanto determinar la frecuencia de entrada de la señal por los pines CCP1 Y CCP2.

Otro de los usos del USART es para obtener el número de flancos de subida durante cada 100ms, así determinar el umbral para el caso de presencia de automóvil o no.

Para el desarrollo de estas pruebas, es necesaria la implementación adicional del circuito MAX 232.

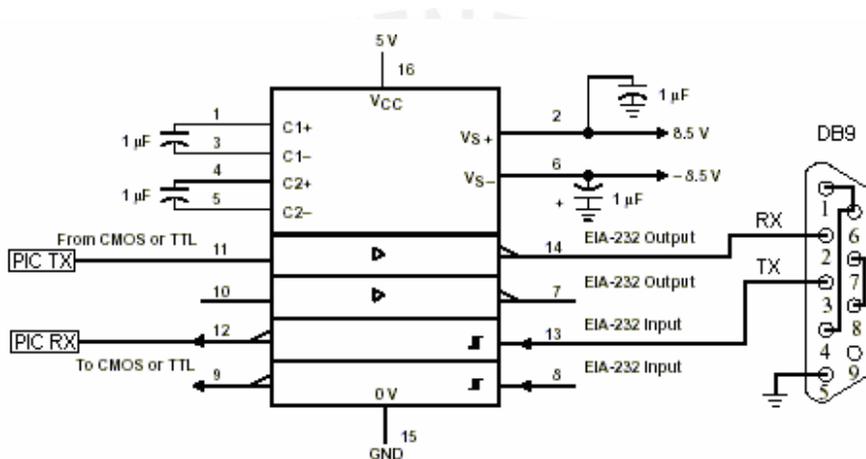


Figura 3.3: Circuito de interfase entre la PC y el PIC usando el integrado MAX232

3.3 SENSOR DE AUTOMÓVILES

De lo leído en las paginas 23 y 24, se determinó implementar un lazo inductivo. La sensibilidad del lazo en conjunto con un circuito adecuado, permitirá determinar si sobre esta bobina existe presencia de carro o no.

3.3.1 Diseño del lazo inductivo

Como se ve en la figura 3.4, para la construcción del lazo, el cable no puede ser cortado, añadido o empalmado en todo su recorrido además; se debe instalar de tal forma que abarque todo el ancho del vehículo, debe ser instalado en forma rectangular. Los lados

mayores deben quedar transversales al sentido de la marcha y estar separados aproximadamente 1 metro de otro lazo inductivo. A la vez, debe mantener una distancia de 1 metro con respecto a puertas o a cualquier otro objeto metálico que afecta la lectura del sensor.

Se implementa un lazo inductivo de 180cm x 80cm. Se eligió este valor porque cubre todo el ancho de los vehículos para así obtener mayor concentración del campo magnético en el centro, debido a que si se escoge una medida mayor, se obtendrían pérdidas por disipación de campo.

Para la elaboración de la bobina, se tuvo en cuenta lo siguiente; usar un cable conductor de cobre sólido, unifilar, esmaltado y de sección circular. Para este trabajo se usó el cable esmaltado 16 AWG con temperatura de operación 80 °C de sección transversal 1,310 mm². El esmaltado es a base de poliesterimida y la ventaja de usar este tipo de envoltura es que las envolturas de PVC, disminuyen la sensibilidad al aumentar o disminuir la inductancia, adicional a esto los conductores esmaltados son resistentes al calor y a la humedad. Se elige del tipo 80 °C porque el lazo puede estar expuesto todo el día al sol. Ese valor es la máxima temperatura a la que puede trabajar correctamente. Se escogió este calibre de cable por recomendación de las hojas técnicas de equipos diseñados para la detección vehicular ^[36]. La resistencia es inversamente proporcional al área de sección transversal del cable, con lo cual se reducirá la resistencia de la bobina y permitirá mayor flujo de corriente por ella.

El número de vueltas del lazo es proporcional a la sensibilidad de la misma, es así que de las pruebas realizadas en campo, se determinó que para una vuelta, la inductancia con auto y sin auto es prácticamente igual mientras que a medida que aumentan las vueltas, la diferencia entre la inductancia con carro y sin carro es mayor. De la tabla 3.1 se determinó hacer un lazo inductivo de 3 vueltas.

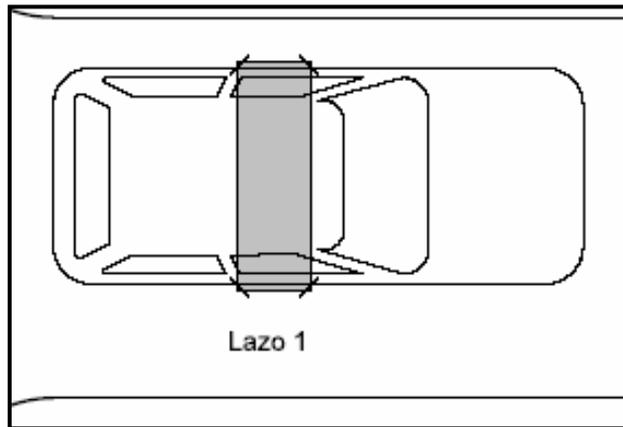


Figura 3.4: Lazo tendido en pista 180cm x 80cm.

CARROS	1 VUELTA	2 VUELTAS	3 VUELTAS	4 VUELTAS
<i>No carro</i>	10.8uH	26.2uH	57.2uH	90 uH
<i>(ticos, volkswagen)</i>	10.2uH	24.4uH	53.4uH	89.8 uH
<i>Station Wagen</i>	10.2uH	25.7uH	54.5uH	79.8 uH
<i>4X4</i>	10.3uH	25.9uH	55.4uH	88.0 uH

Tabla 3.1: Valores de inductancia de las bobina según el tamaño de los autos y las vueltas del lazo.

3.3.2 Cálculo de la inductancia del lazo

Teóricamente se puede calcular la inductancia aproximada del lazo inductivo usando la siguiente formula:

$$L = \frac{N^2 \times 5 \times P}{10 + N}$$

Donde:

N = Número de vueltas

P = Perímetro del lazo en metros

L = inductancia del lazo en microhernios

Remplazando la fórmula se obtiene una inductancia aproximada de 64 uH.

Con el tipo de cable elegido, la medida del lazo inductivo y el número de vueltas ya elegidos, se procede a diseñar el circuito detector.

3.4 PARTES DEL CIRCUITO DETECTOR

3.4.1 Circuito oscilador

Un oscilador es un dispositivo que produce oscilaciones, es decir que genera una determinada onda en forma repetitiva. En los sistemas de comunicaciones, un oscilador es un dispositivo o circuito que produce oscilaciones eléctricas. Una oscilación eléctrica es un cambio repetitivo en el voltaje o la corriente de una onda.

El circuito a implementar en esta etapa es el de Colpitts. El oscilador Colpitts es un circuito muy utilizado en generadores de frecuencia de alta calidad y se usa principalmente para obtener frecuencia por encima de 1 Mhz. Es un circuito fácil y sencillo de implementar. El oscilador Colpitts es muy sensible a variaciones abruptas de frecuencia y la generación de la señal oscilatoria, adaptándose con facilidad a los requerimientos del proyecto.

3.4.2 Circuito onda cuadrada

Esta etapa es la encargada de pasar la señal senoidal a onda cuadrada de 0 a 5 v conservando la frecuencia de la onda original. La salida de esta etapa es la entrada del microcontrolador.

Esta etapa permitirá, entre flanco y flanco de la onda cuadrada, saber cuál es el periodo de la señal de oscilación usando el microcontrolador (ver figura 3.6).

3.4.3 Microcontrolador

La entrada al microcontrolador es la onda cuadrada de la etapa previa. El encargado de determinar, según el programa grabado, el periodo entre 2 flancos consecutivos y determinar si corresponde a la presencia de automóvil sobre el lazo o no.

Para esta etapa se usará el microcontrolador 16F877A por ser de fácil programación, barato y fácil de adquirir en cualquier tienda de componentes electrónicos.

La siguiente figura muestra las partes que componen al circuito detector de vehículos.

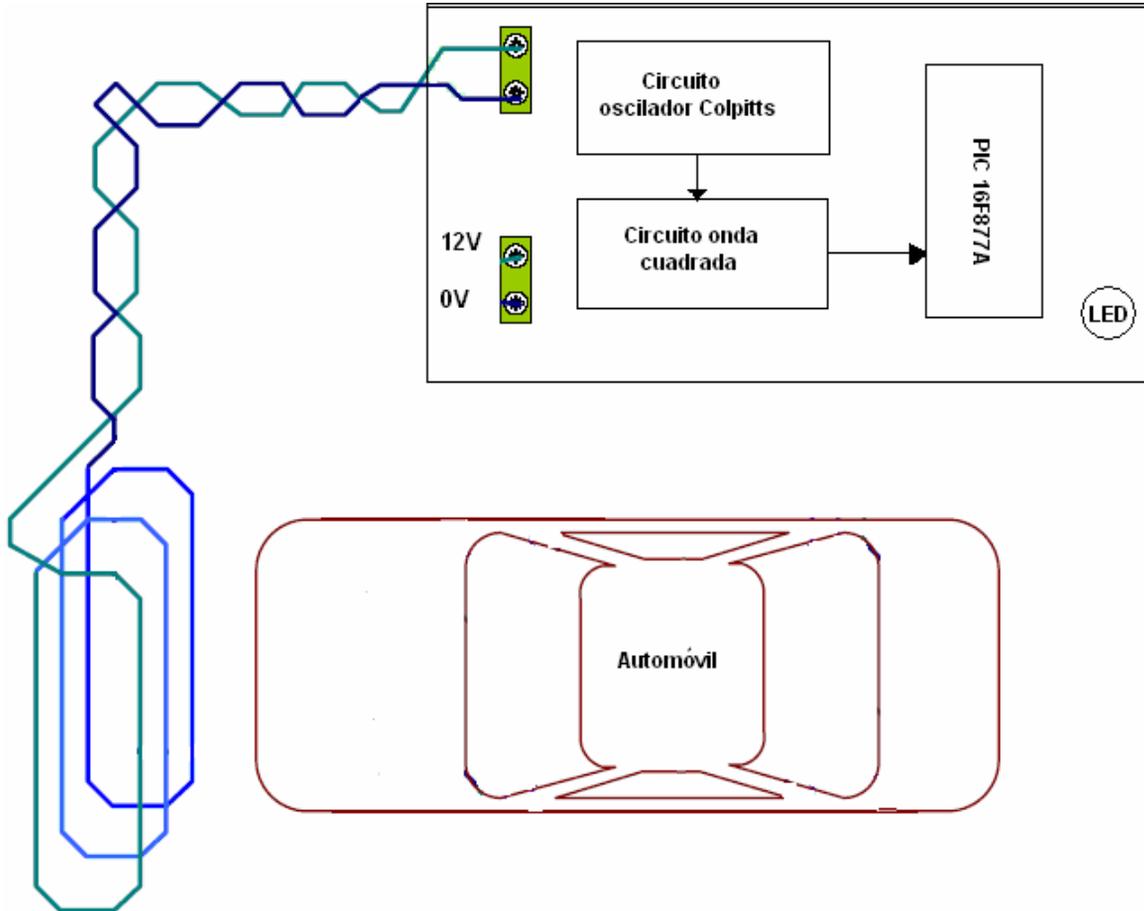


Figura 3.5: Diagrama de bloques de las partes que en conjunto hacen la tarjeta de detección.

3.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DETECTOR DE VEHÍCULOS

El diagrama de bloques de la figura 3.5 muestra las partes correspondientes al circuito de detección de automóviles. Dichos bloques, serán descritos en este documento.

A continuación se describen cada una de las partes del circuito detector de vehículos a diseñar.

3.5.1 Circuito oscilador Colpitts

Este circuito (Ver figura 3.6), contiene la bobina encargada de generar un campo magnético que se verá afectado por la presencia del automóvil. Por medio de la bobina se define la frecuencia de búsqueda, la cual se toma como base para comparar con la frecuencia de detección de automóvil o ausencia del vehículo.

El circuito oscilador Colpitts, además, utiliza 2 condensadores de 0.22uf con la finalidad que en conjunto con la bobina y una alimentación adecuada a estos dispositivos, produzcan oscilación debido a las características de estos componentes. Cuando se conecta la alimentación, el transistor empieza a conducir cargando los condensadores hasta que se cargan completamente luego, empiezan a descargarse mientras tanto, la bobina empieza a cargarse. Este proceso de carga y descarga produce voltaje alterno por la base del transistor produciendo así, la señal senoidal en el emisor del transistor.

La frecuencia de la oscilación del circuito Colpitts es aproximadamente igual que la frecuencia resonante del circuito tanque de L, C1 y C2 (ver figura 3.6), de la fórmula para hallar la frecuencia de oscilación, se puede determinar que a mayor valor de capacitancia, la frecuencia es menor. En el caso de la bobina, al aumentar su inductancia, disminuye la frecuencia de oscilación. La frecuencia de la oscilación de este circuito es expresada por la fórmula siguiente:

$$f_{osc} \cong \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}} \quad (1)$$

En el circuito:

COMPONENTES	VALORES
C1 y C2	0.22uf
R1	1k
L	53.4uH - 57.2uH
Transistor:	2N2222

La frecuencia, en el caso de presencia de automóvil y ausencia de éste, serán diferentes. A continuación usando la fórmula para hallar la frecuencia de oscilación (ver ecuación 1) se determinará las frecuencias teórica para todos los casos.

EN EL CASO DE:	INDUCTANCIA	FRECUENCIA DE OSCILACIÓN TEÓRICA
Ausencia de carro	57.2uH	63.44khz
carro grande (4x4)	55.4uH	64.47khz
Station Wagen	54.5uH	65khz
carro pequeño (tico, volkswagen)	53.4uH	65.66khz

Tabla 3.2: Frecuencia teórica usando la inductancia según el tipo de vehículo.

La señal resultante del circuito colpitts es senoidal con un dc de 10v. Para pasar la señal a la siguiente etapa, se elimina la señal dc con un condensador de 0.1uf. La señal resultante conservará su amplitud y frecuencia pero tendrá un dc de 0v, oscilará entre +3v y -3v.

3.5.2 Circuito de onda cuadrada

Para esta etapa, se usa un divisor de voltaje conformado por R3 y R4. R3 es alimentado por 5v dc. Este divisor de voltaje sube la señal de salida del capacitor c3 al voltaje de unión entre R3 y R4 la señal de salida de esta rama tiene un voltaje máximo de 1v y el mínimo de -5v. Esta señal entra por la base del transistor 3604. Cuando la señal de base está por debajo de 0.7v, el transistor está en corte, la salida de esta etapa es 5v. Si la señal de base es mayor que 0.7v, el transistor está en saturación, el voltaje de salida de esta etapa es aproximadamente 0v. De esa forma entre corte y saturación del transistor, se transforma la señal senoidal a onda cuadrada.

Materiales usados:

Transistores 2N3904
1 Resistencias 10kΩ
2 Resistencias 1k Ω
Alimentación: 5Vdc

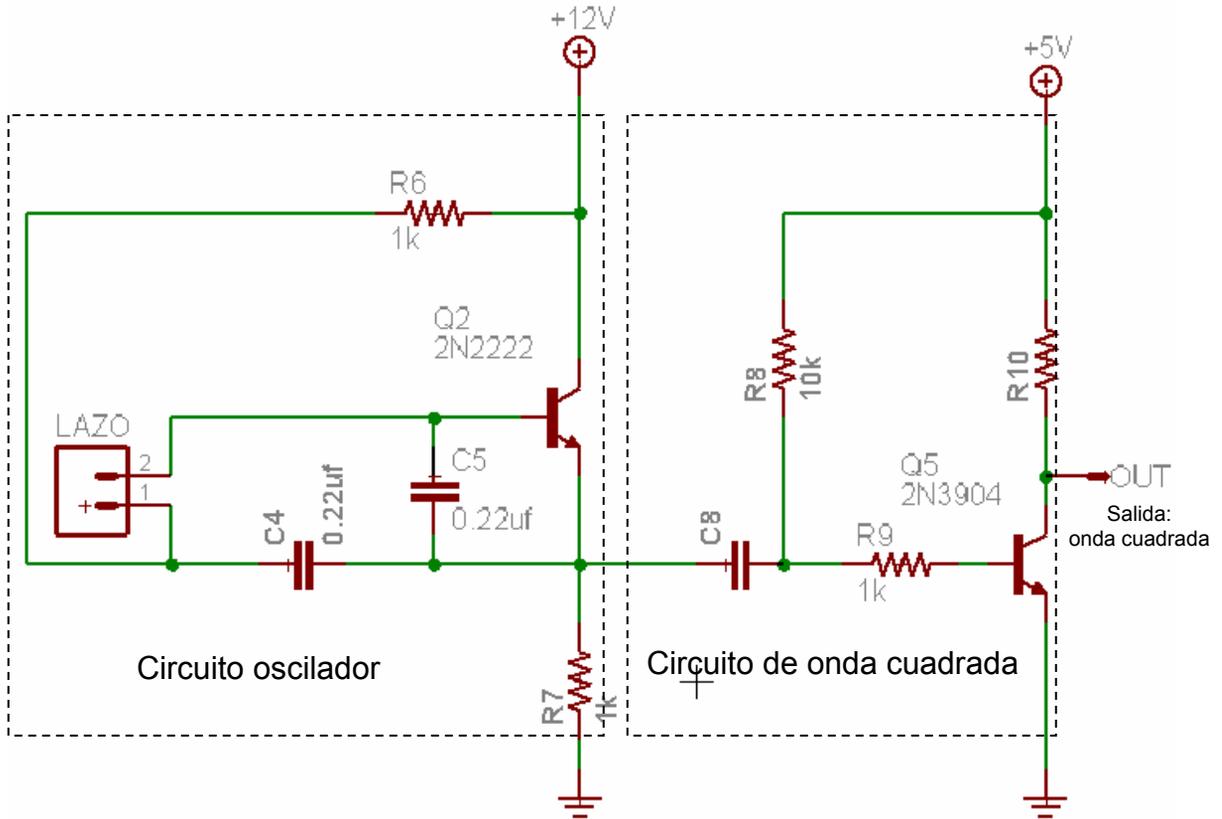


Figura 3.5.1: Circuito esquemático del oscilador y circuito de onda cuadrada

La figura 3.6 muestra el circuito diseñado ya explicado. Los materiales usados para la implementación de este circuito:

COMPONENTES	VALORES
Condensadores	0.22uf, 0.1uF
4 Resistencias	1k
Bobina	53.4uH - 57.2uH
Transistor:	2N2222, 3904
1 Resistencia	10k

3.6 Desarrollo del software en el microcontrolador.

A continuación una breve explicación de cada programa desarrollado.

3.6.1 Programa de detección vehicular.

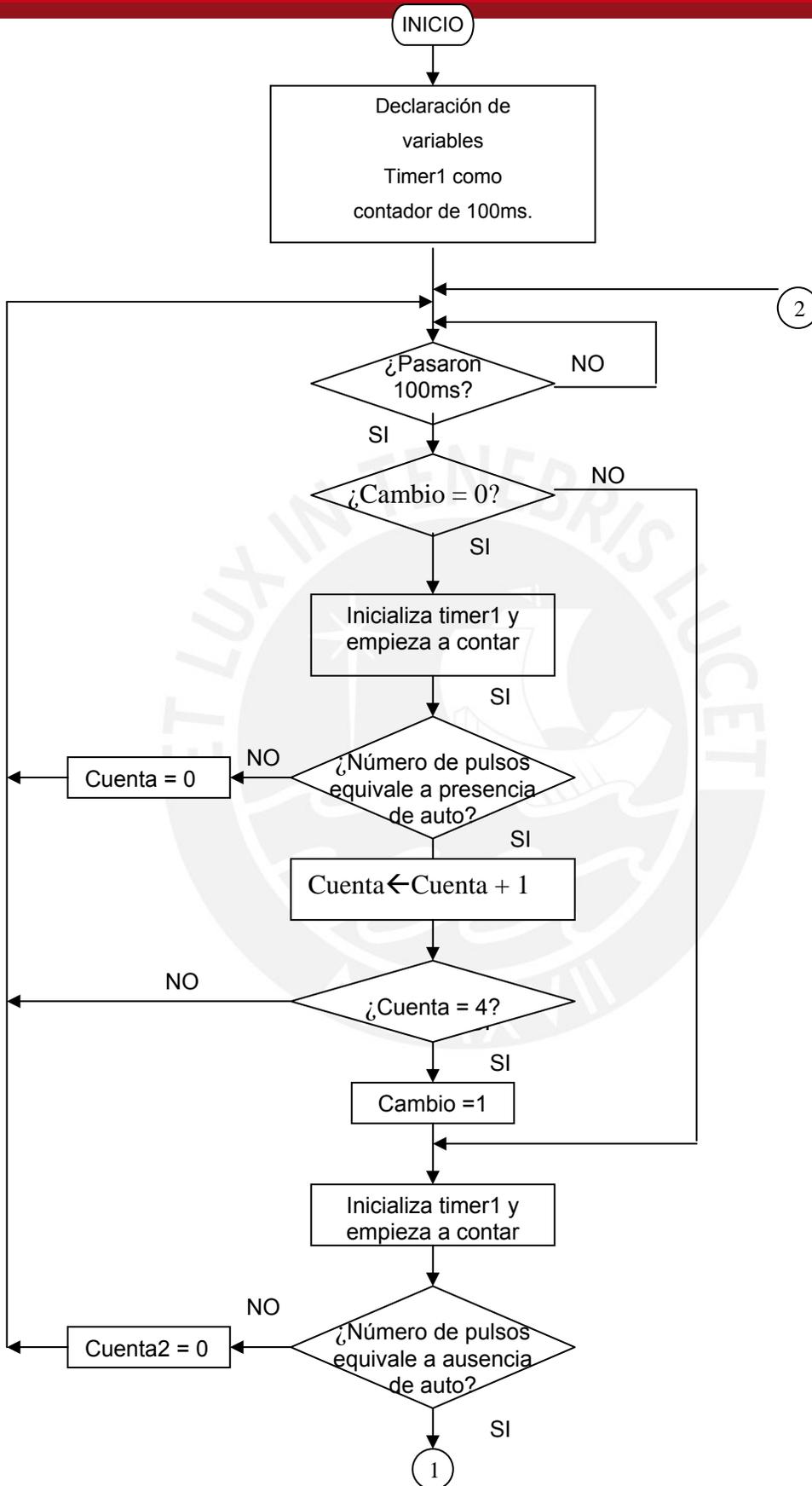
El temporizador 1 empieza a contar hasta 100ms, en ese lapso la señal cuadrada que proviene del circuito acondicionador de señal entra por el pin 3 del puerto C configurado para que se produzca interrupción en el programa cada flanco de subida de la señal cuadrada, al finalizar la cuenta de 100ms, compara el número de flancos obtenidos en ese lapso, con el umbral de presencia de autos definido en el programa y con el umbral de ausencia de vehículos. Si el número de flancos está por encima del umbral de presencia de autos y esto sucede como mínimo cuatro veces seguidas entonces se espera que luego las siguientes 10 veces sean con umbrales pero de ausencia vehicular, luego que se cumpla esto, recién se confirma que se detectó un automóvil y paso totalmente sobre el lazo inductivo, luego se envía una señal en alta durante 1ms por el pin 1 del puesto B. En el caso que durante las 4 cuentas mínimas para confirmar que hay automóvil, se produce una cuenta de pulsos por debajo del umbral indicador de presencia vehicular, la cuenta automáticamente empezará de cero.¹

3.6.2 Programa principal.

El programa lo que hace es leer constantemente el pin 1 y 2 del puerto C. El pin 1 está conectado al circuito que detecta al vehículo entrando al local y el pin 2 está conectado al circuito que detecta cuando el automóvil sale del local. Si detecta una señal en alta en el pin 1 del puerto C es porque se detectó un vehículo ingresando al local, entonces espera a que la señal se ponga en baja, luego de esto incrementa la cuenta de vehículos dentro del local y este número lo envía por el puerto B para que se visualicen en los 4 displays. En el caso que se detecte una señal en alta en el pin 2 quiere decir que un vehículo está saliendo del local entonces el proceso es el mismo pero la cuenta de vehículos del local decrementa en uno y esto se visualiza en los 4 displays.²

¹ Ver Anexo 1, pagina 74.

² Ver Anexo 2, pagina 77.



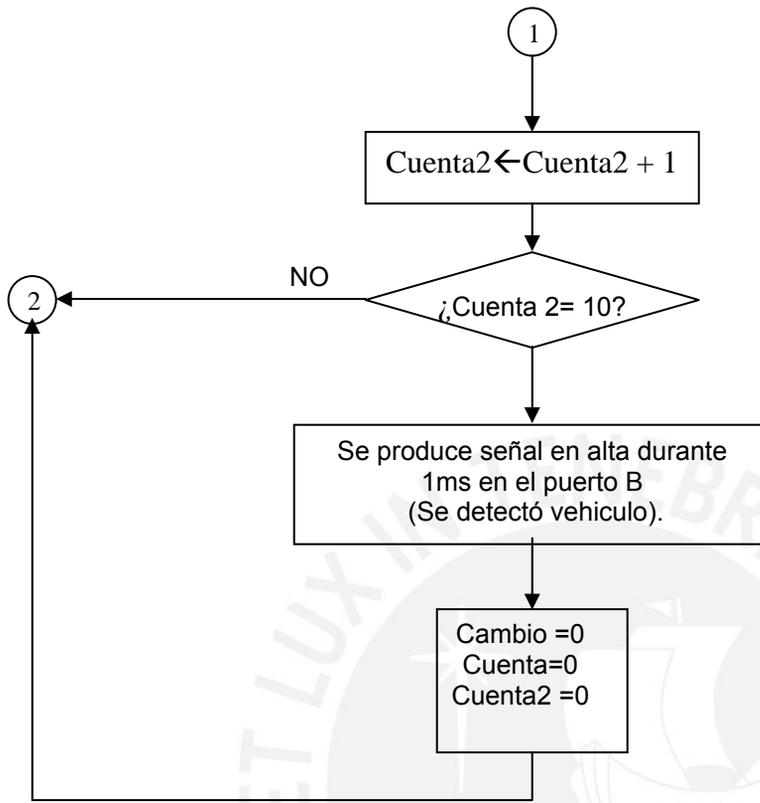


Figura 3.7: Diagrama de flujo del programa de detección.

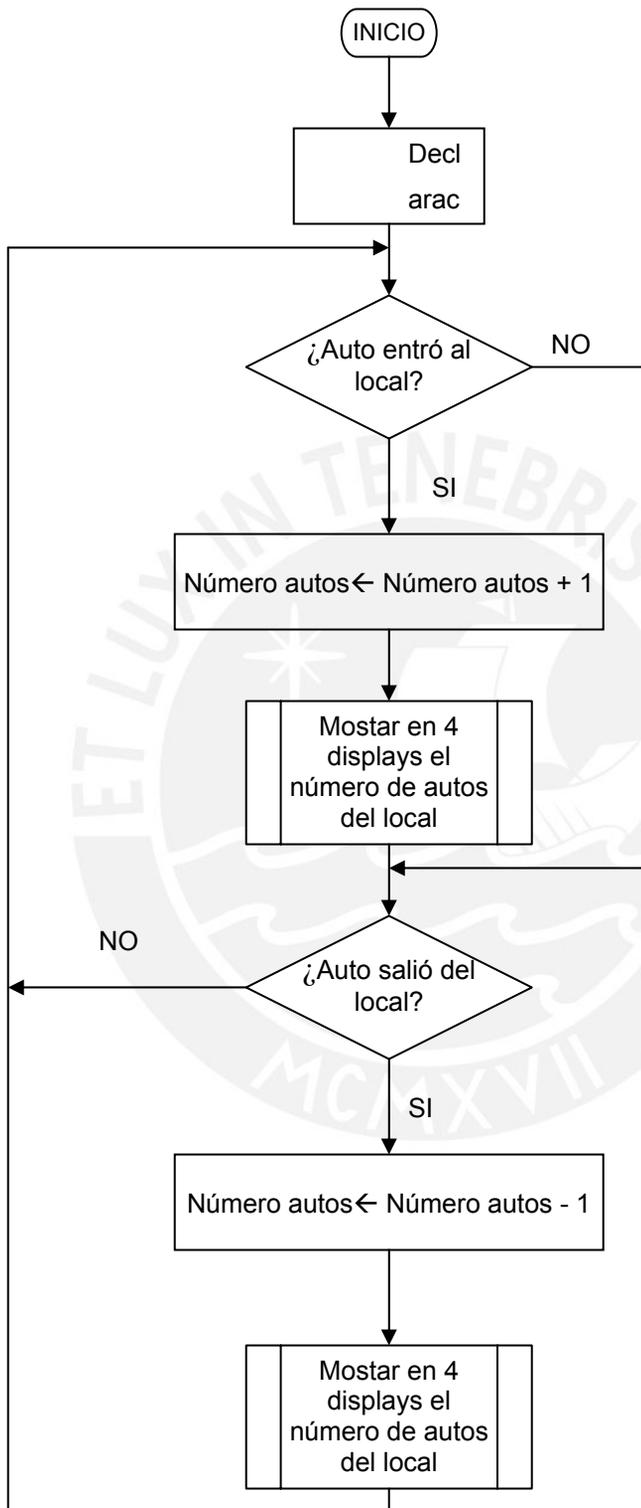


Figura 3.8: Diagrama de flujo del programa principal

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Realizado el primer diseño del circuito oscilador Colpitts y del acondicionador de señal, se procede a hacer las pruebas necesarias para tomar datos fundamentales en esta investigación.

4.1 Obtención de frecuencia

Para realizar el programa de detección de automóviles es necesario determinar la frecuencia que se produce con la presencia de un vehículo en todas las condiciones posibles. Para obtener estos datos se diseñó un programa que permita obtener dichos valores. El programa consiste en almacenar cuántos periodos de trabajo del PIC (0.2us) se producen entre cada flanco de la señal cuadrada entrante en el pin 2 del puerto C usado en modo captura. Obteniéndose los siguientes gráficos:

En la grafica 4.1, el automóvil está estacionado sobre el lazo, obteniéndose una frecuencia de 66khz. Mientras avanza y pasa sobre el lazo, la frecuencia disminuye hasta que el auto pasó totalmente. A 63.3khz, no hay presencia de auto.

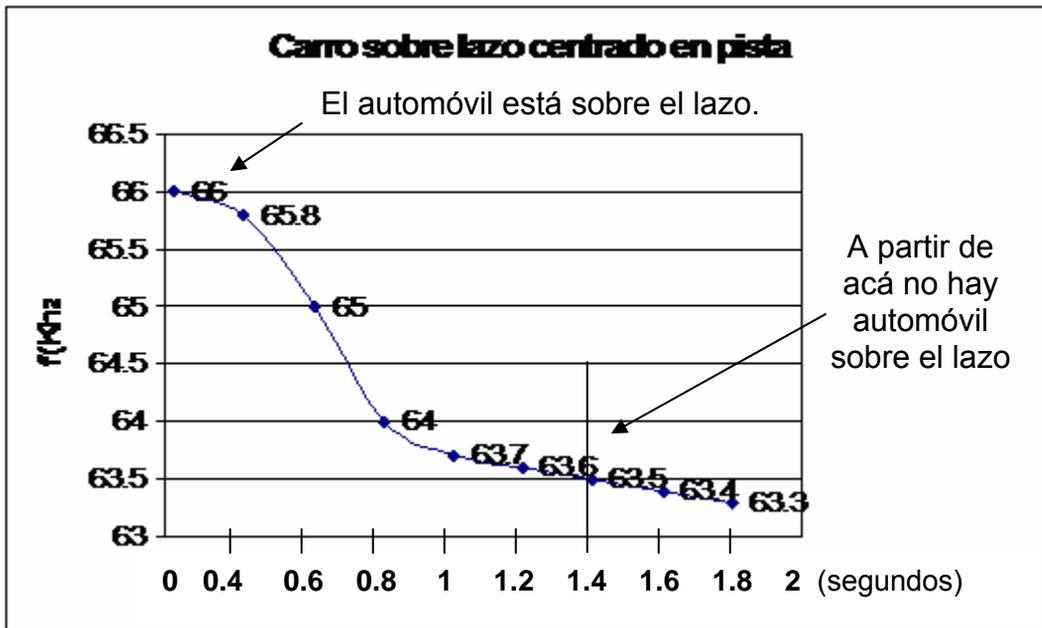


Figura 4.1: Frecuencia según el paso del automóvil sobre el lazo centrado.

En la figura 4.2, el lazo está centrado en la pista, pero el auto solo cubre el 60% del lazo (ver figura 4.3). En este caso, a 62.8khz no hay presencia vehicular sobre el lazo, mientras se va acercando, empieza a aumentar hasta que el auto está centrado encima del lazo donde se registra una frecuencia de 64.8khz, mientras sigue avanzando, la frecuencia disminuye hasta que el carro pasa totalmente sobre el lazo, es allí que la frecuencia es 62.8khz.

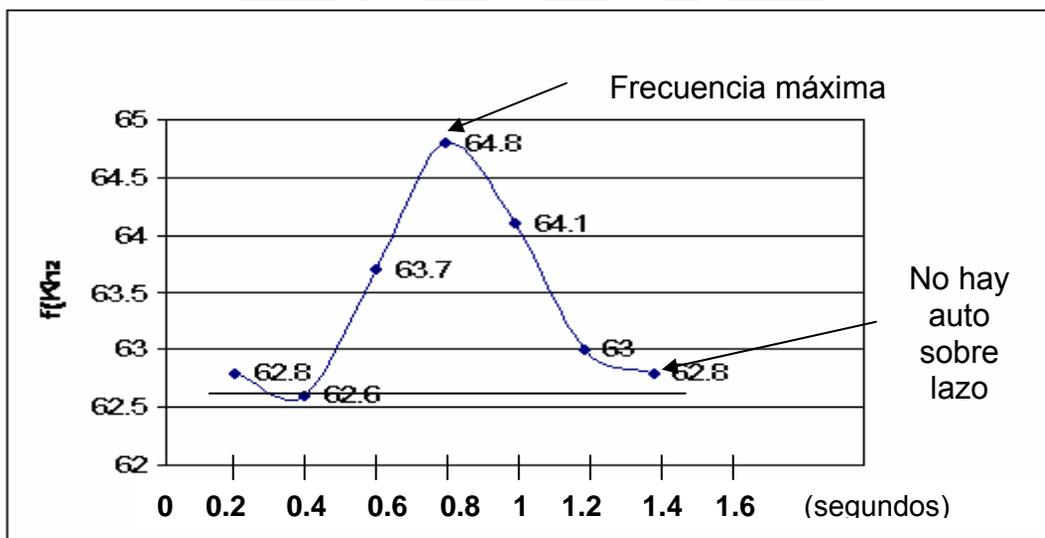


Figura 4.2: Respuesta en frecuencia de presencia auto sobre un 60% del lazo.

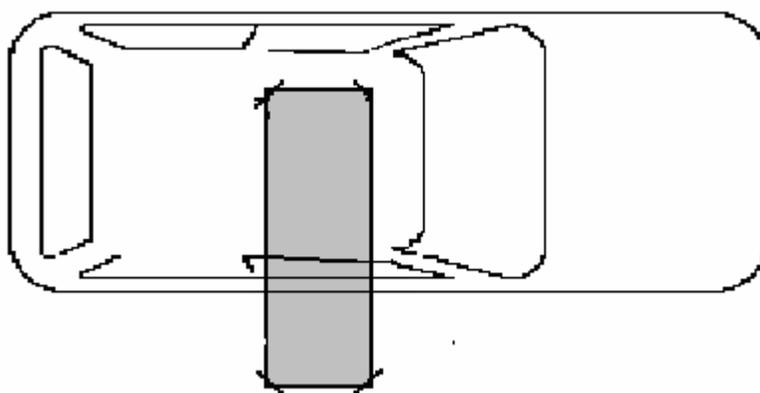


Figura 4.3: Auto sobre el 60% del lazo

De las gráficas vista, se puede obtener una frecuencia real promedio. La frecuencia registrada cuando existe presencia de autos es 64.5khz. En el caso de ausencia vehicular, se obtiene una frecuencia de 63.3khz.

4.2 Comparación de frecuencia teórica con frecuencia real.

Se le dice frecuencia teórica a la frecuencia hallada al aplicar la formula del circuito oscilador (*ver pagina 39*). La frecuencia real es llamada así a la frecuencia obtenida usando un programa que lee el valor del registro entre flanco y flanco del periodo de frecuencia de la onda cuadrada que entra al PIC. Se hicieron 3 pruebas en diferentes días con muestras de 3 automóviles de cada tipo. En total una muestra de 9 vehículos de cada modelo.

Haciendo una comparación entre ambos casos se obtiene el siguiente cuadro:

Condiciones de prueba	Frecuencia teórica	Frecuencia real	% error
Sin automóvil	63.44khz	63.1khz	0.53%
Camioneta	64.47khz	63.91khz	0.86%
Tico, volkswagen	65.66khz	65.82Khz	0.24%
Station Wagon	65Khz	65.54khz	0.83%

Tabla 4.1: Comparación entre frecuencia teórica y real.

4.3 Desarrollo de pruebas realizadas para obtener el número de periodos en 100ms con diferentes autos.

Las siguientes gráficas corresponden a las muestras tomadas durante el paso de diferentes vehículos sobre el lazo inductivo. Las pruebas corresponden a la adquisición de número de pulsos en un lapso de 100ms. Para obtener dichas gráficas se desarrolló un programa usando el software MPLAB. El programa cuenta cada flanco de subida y cada 100ms se realiza el envío de dicho valor a la PC usando comunicación serial.

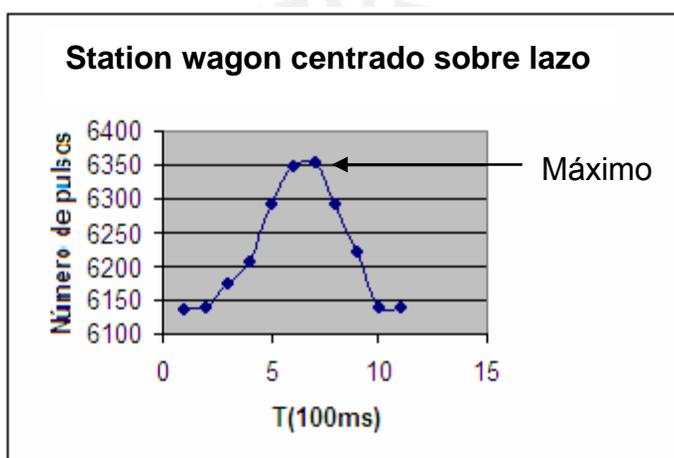


Figura 4.4: Station Wagon pasando sobre lazo inductivo (ver figura 3.4).

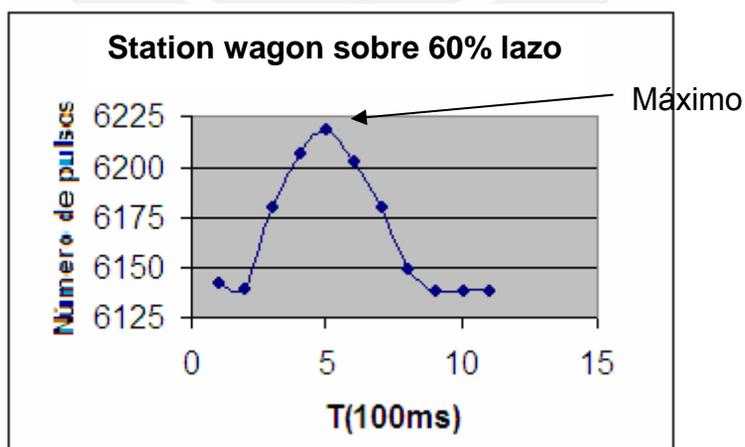


Figura 4.5: Station Wagon sobre el 60% del lazo inductivo (Ver figura 4.3).

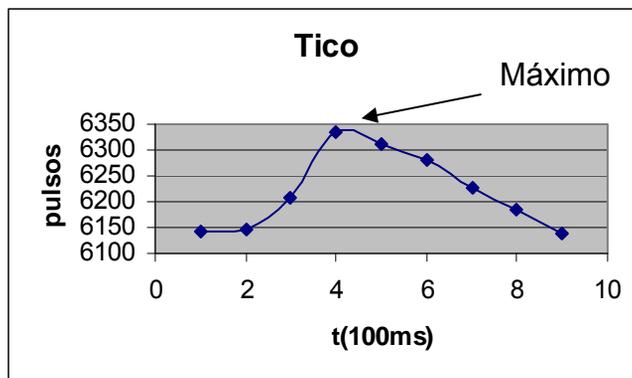


Figura 4.6: Tico pasando sobre el lazo inductivo, (Ver figura 3.4).

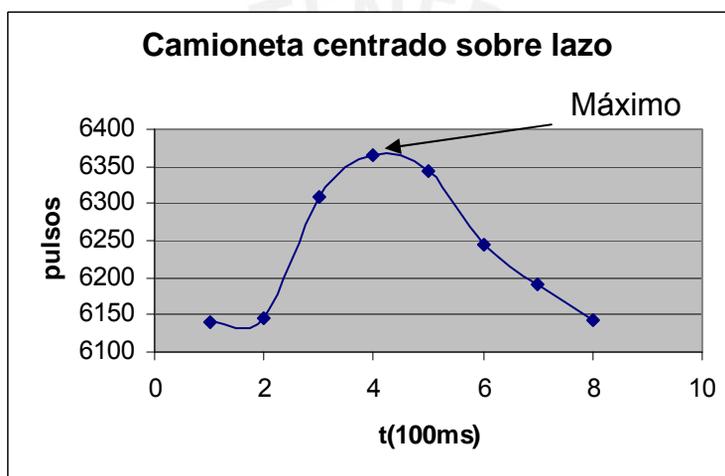


Figura 4.7: camioneta sobre el lazo inductivo (Ver figura 3.4).

De las pruebas realizadas se observa que en ausencia de cualquier automóvil la lectura de pulsos oscila entre 6139 a 1645 pulsos en 100ms.

De las siguientes gráficas se obtiene un umbral que indicará presencia de automóvil y un umbral indicador de ausencia de autos, así se discrimina cualquier otra presencia de otros vehículos como motos, bicicletas triciclos, barras metálicas, portones, etc. (ver figura 4.8)

Umbral de presencia de automóviles: 6230 pulsos en 100ms.

Umbral de ausencia de automóviles: 6150 pulsos en 100ms.

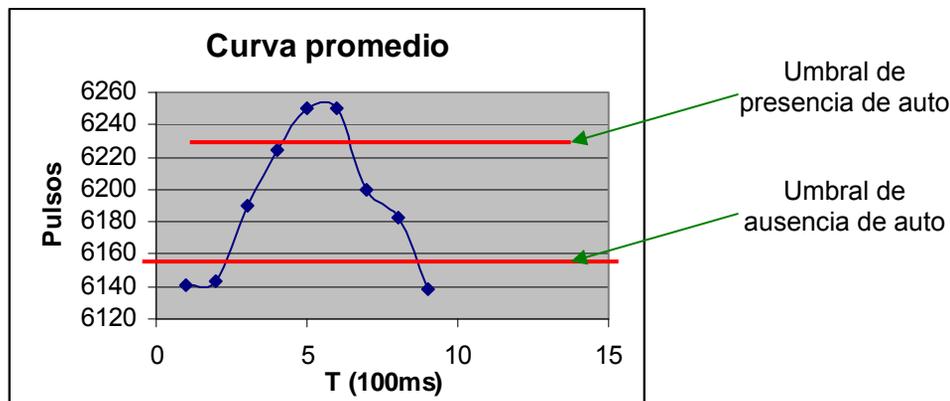


Figura 4.8: Curva promedio del paso de un automóvil sobre el lazo inductor, respecto al número de pulsos cada 100ms.

Fijando los umbrales, se realiza el programa detector de automóviles.

4.4 Pruebas realizadas con el programa y el circuito detector.

Para verificar la eficiencia del sistema, se realizaron pruebas con el lazo y el circuito diseñado en la puerta principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se ubicó el sensor en el centro de la pista en sentido transversal al paso de los vehículos con la probabilidad que el auto cubra al menos el 80% del lazo.

Las condiciones de las pruebas fueron:

Ubicación del lazo en el centro del carril, con flujo continuo de automóviles y probabilidad de estacionamiento sobre el lazo por un periodo de 5s a 30s según la hora y la rápida atención de los encargados del control vehicular.

Estas pruebas se realizaron de 6:00 PM a 8:00 PM.

Obteniendo lo siguiente:

Entre 6 a 8 PM se obtuvo un flujo vehicular de 351 vehículos

Con una efectividad del circuito detector de 83%

4.5 Gráficas usando el circuito diseñado

Debido a que el porcentaje de acierto es bajo (83%) se volvieron a tomar datos usando la comunicación PIC PC; esta vez se tomaron en cuenta los datos antes ignorados al hacer las gráficas. Obteniéndose las siguientes gráficas.

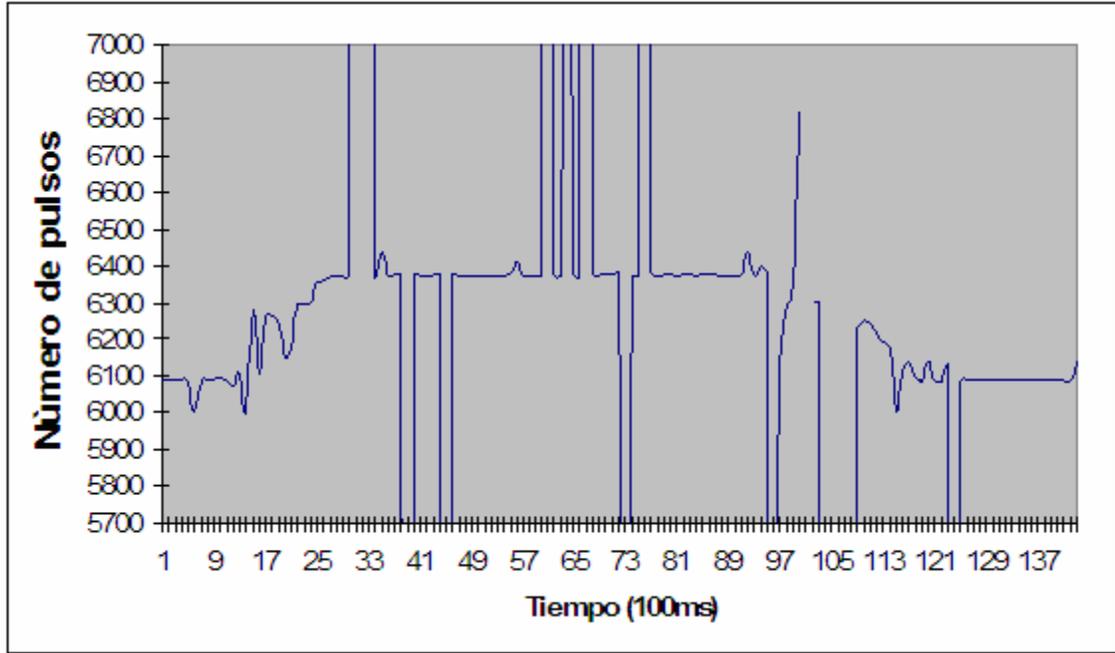


Figura 4.9: Station Wagen

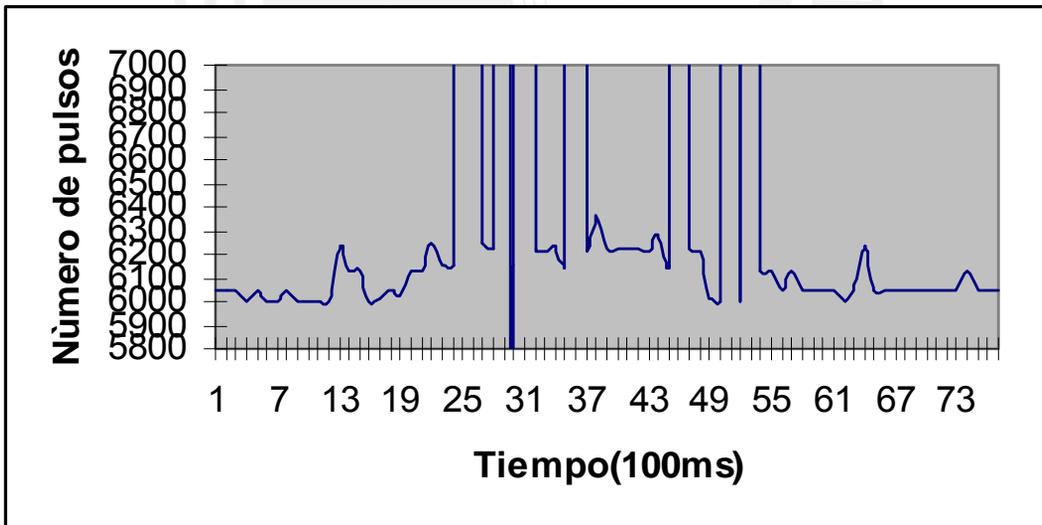


Figura 4.10: 4x4 Rava

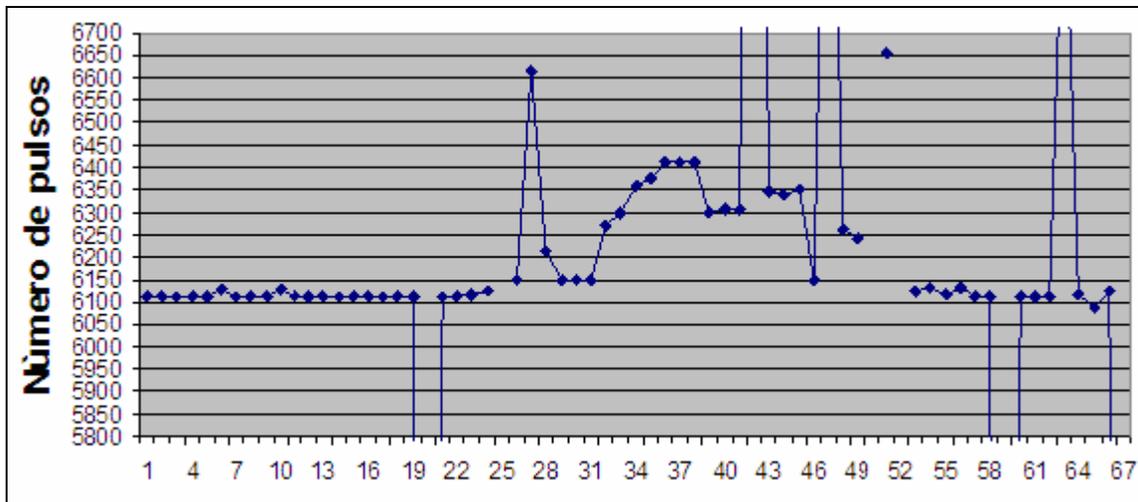


Figura 4.11: Station wagen

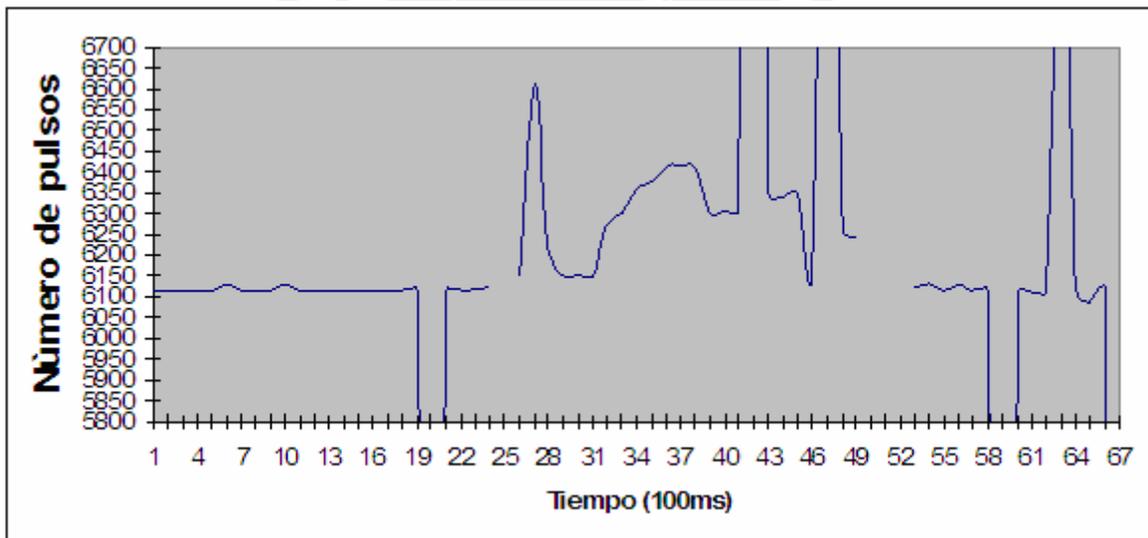


Figura 4.12: Station wagen

Teniendo en cuenta la eficiencia del circuito diseñado y estas gráficas obtenidas se concluye que los picos mostrados corresponden a ruido lo que en consecuencia produce un reset constante en el microcontrolador, además de una mala lectura de datos del PIC. Para optimizar el funcionamiento de la detección vehicular, se realizaron dos pruebas con circuitos mejorados.

En el primer caso se adicionó dos condensadores uno entre 12v y gnd correspondiente a la alimentación del circuito oscilador, el otro condensador se pone entre 5v y gnd

correspondiente a la alimentación del microcontrolador. Ambos voltajes comparten la misma referencia. Con esto se pretende estabilizar al circuito evitando picos por arriba del voltaje de trabajo del PIC, así como también evitar voltajes bajos tanto que el PIC lo considere como un reset intencional.

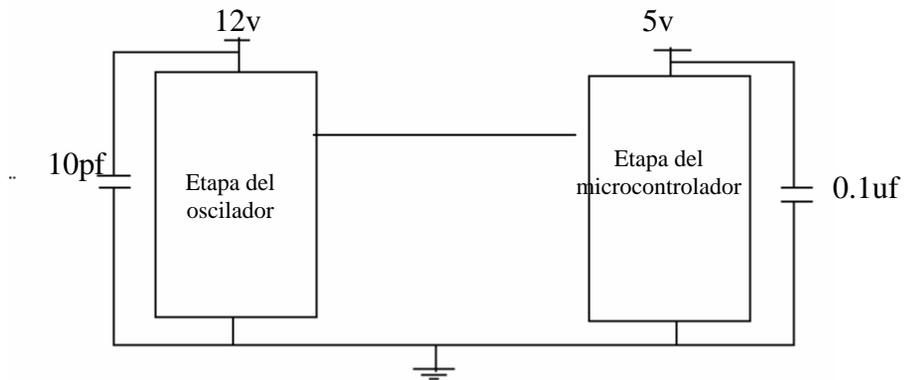


Figura 4.13: Etapas del circuito con dos condensadores

Con este circuito, se procedió a tomar 20 muestras con diferentes automóviles en la puerta principal de la universidad Católica de las cuales se exponen en este documento 3 gráficas donde se observa el comportamiento del circuito cada 100ms. Observándose el número de pulsos cada 100ms.

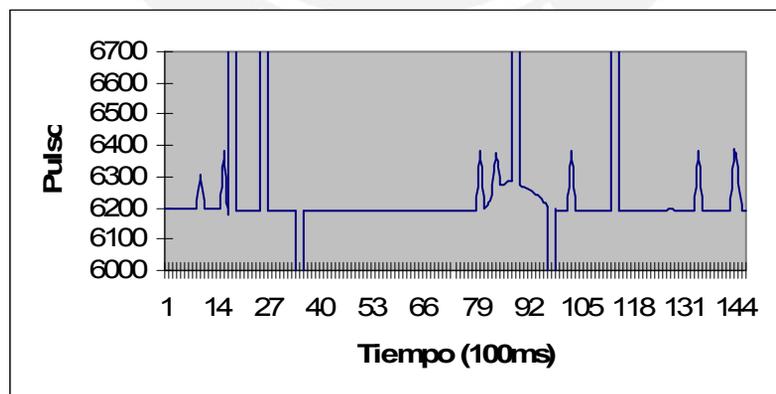


Figura 4.14: Combi

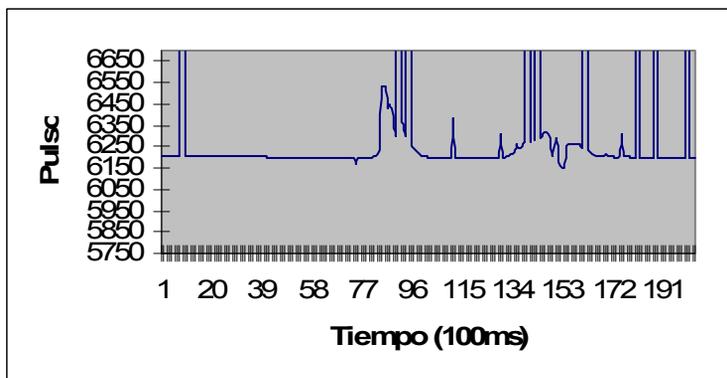


Figura 4.15: Rava y Bicicleta

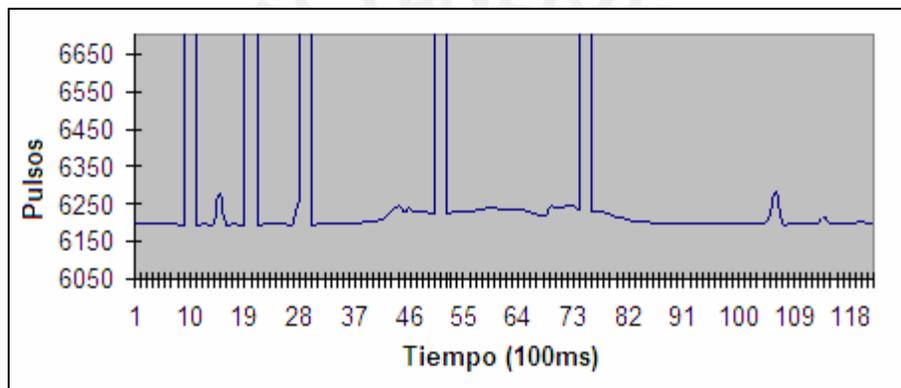


Figura 4.16: Vehículo blindado

En el segundo caso, se optó por usar un opto acoplador para separar la etapa osciladora con la etapa de procesamiento de la señal (microcontrolador), para este caso se usó fuentes diferentes para alimentar cada etapa.

El circuito diseñado en este caso no conservó la frecuencia de trabajada 63khz a 66khz, debido a que el opto acoplador trabaja correctamente con señales periódicas de hasta aproximadamente 20khz, según hojas de datos, es por ese motivo que se optó por usar después de la etapa del oscilador y el acondicionamiento de señal (transformación de onda senoidal a cuadrada) un divisor de frecuencia usando para este caso el 74HC163 dividiendo la frecuencia en 8 obteniendo señales cuadradas de 7.8khz en el caso de lazo disponible. Seguido a esto se coloca el opto acoplador, en este caso se usó el MCT6 obteniendo una señal completamente igual a la salida del 74HC163 pero con la ventaja de la eliminación del ruido producido en la etapa osciladora.

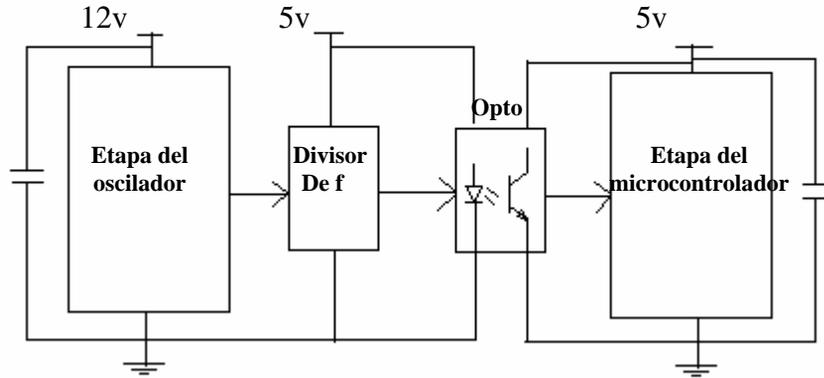


Figura 4.17: Diagrama de bloques del circuito con divisor de frecuencia y opto acoplador.

Con el circuito diseñado en este caso (usando el divisor de frecuencia y el opto acoplador), se realizan toma de datos PIC - PC obteniendo las siguientes gráficas del comportamiento del número de pulsos del circuito detector cada 100ms.

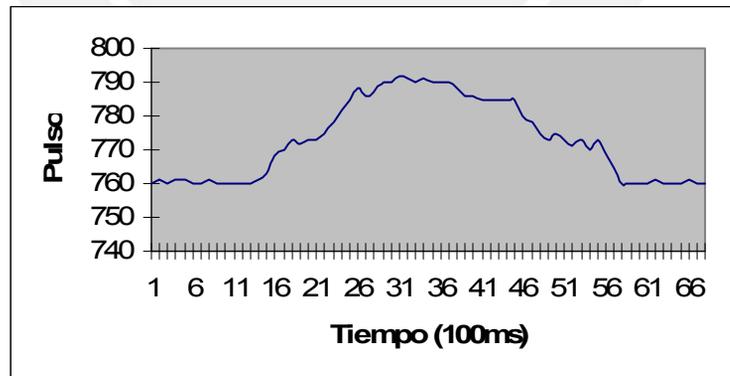


Figura 4.18: Volkswagen

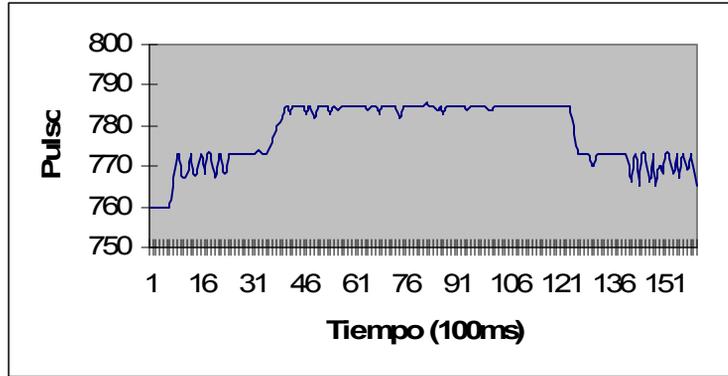


Figura 4.19: Combi

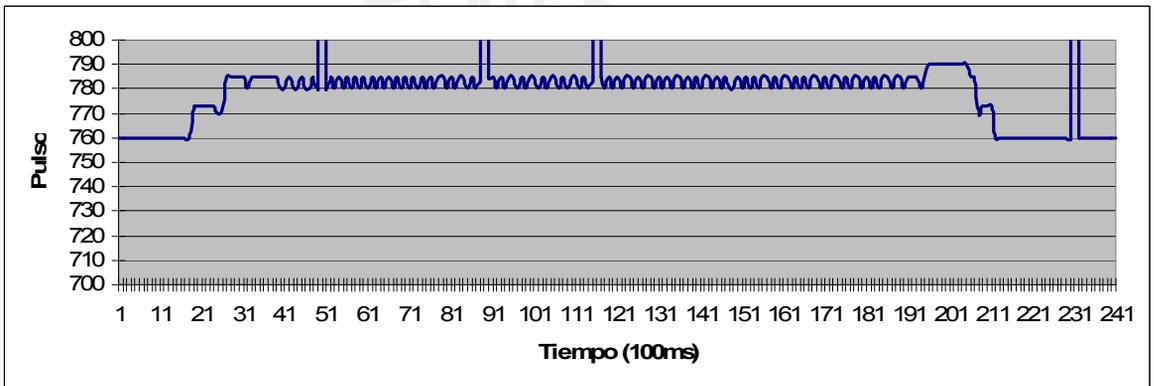


Figura 4.20: Civic

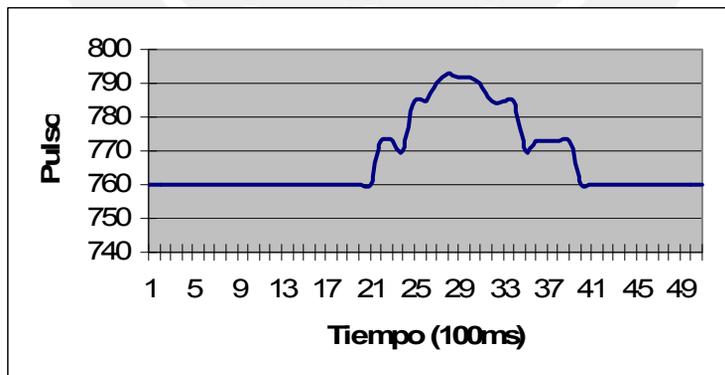


Figura 4.21: Station Wagon

En conclusión, teniendo en cuenta las gráficas obtenidas de poner a prueba las dos configuraciones del circuito inicial pero mejoradas un caso más que el otro, se concluye que el circuito con divisor de frecuencia y opto acoplador es mucho más eficiente y

disminuye el ruido producido en la etapa del oscilador obteniendo así finalmente el circuito detector de vehículos.

4.6 Obtención de umbral

De las gráficas obtenidas usando el divisor de frecuencia determinan un umbral que indicará presencia de automóvil y un umbral indicador de ausencia de autos, así se discrimina la presencia de otros vehículos como motocicleta, bicicletas, triciclos, barras metálicas, portones, etc. (ver figura 4.22)

Umbral de presencia de automóviles: 780 pulsos en 100ms.

Umbral de ausencia de automóviles: 760 pulsos en 100ms.

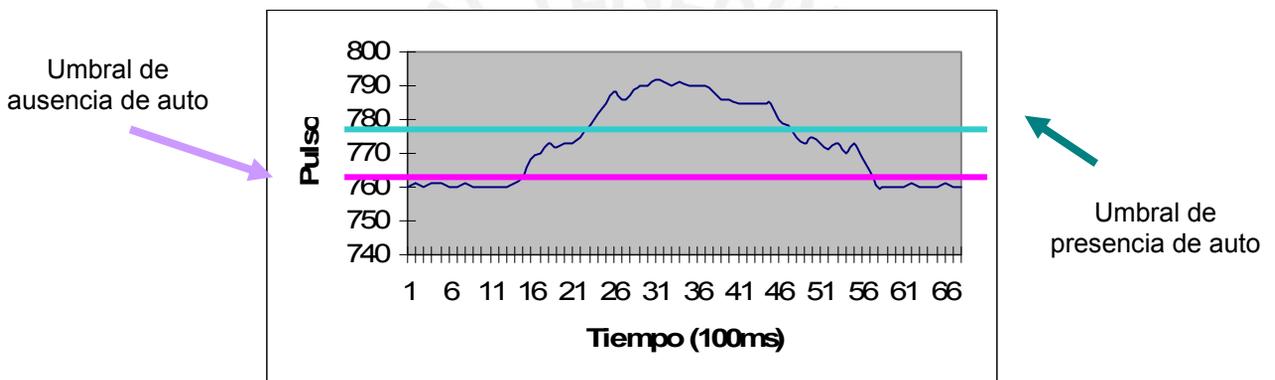


Figura 4.22: Señalización de los umbrales para los dos casos.

4.7 Diagrama esquemático del circuito detector



4.8 Partes de la tarjeta de detección.

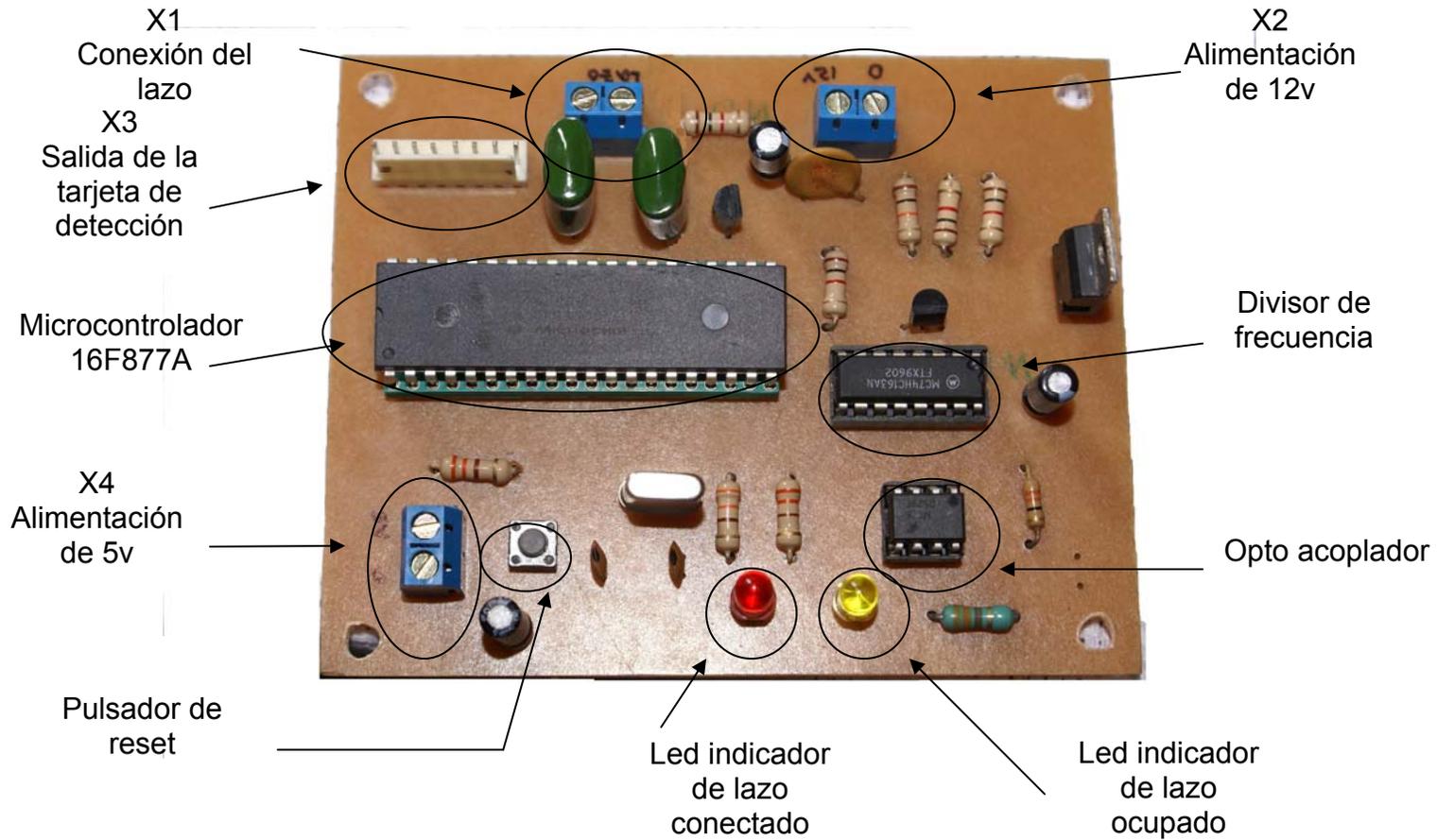


Figura 4.24: Tarjeta del detector de automóviles indicando las borneras de fuente y leds indicadores de funcionamiento.

4.8.1 Descripción de las partes de la tarjeta de detección.

Conexión eléctrica

La alimentación eléctrica del detector del lazo de inducción tiene lugar a través de 2 borneras de conexión X2 y X4

Tensión de alimentación 12 V Y 5V dc con gnd diferentes.

Diodo luminoso "Indicación de lazo conectado al detector"

Este permanecerá prendido si el lazo está correctamente conectado en el circuito.

En el caso que la conexión del lazo se haya aflojado en la bornera X1, el diodo luminoso rojo se apagará y el circuito detector no funcionará. Se recomienda revisar y ajustar las terminales del lazo inductivo en la bornera X1.

Diodo luminoso "Lazo ocupado".

Mientras que el detector detecte un vehículo encima del lazo, se iluminará el diodo luminoso verde.

Pulsador de RESET.

En el caso de lecturas erróneas del circuito detector, pulsar el botón de reset considerando que se perderá toda la información antes almacenada.

Divisor de frecuencia.

Para esta etapa se usó el 74HC163 encargándose de dividir en 8 la señal periódica cuadrada obteniendo una señal de 7.8khz en el caso del lazo disponible.

Opto acoplador.

El opto acoplador usado es el MCT6. la señal que sale del divisor de frecuencia entra a este integrado produciéndose corte y saturación con el transistor interno, se obtiene la misma señal de entrada pero aislada las etapas previas.

Microcontrolador.

Se usó el PIC 16F877A. La señal cuadrada que sale del opto acoplador entra en el pin 3 del puerto C. el microcontrolador procesa la señal de entrada y según sea el caso, si detecta un automóvil envía un pulso en alta por el pin 1 del puerto B por un periodo de 1ms.

Salida de la tarjeta de detección.

Es la bornera X2 la cual es usada para comunicar la tarjeta de detección con la tarjeta central. Por el pin1 del puerto B se envía una señal en alta por un periodo de 1ms cuando se detectó un vehículo, luego de este tiempo se pone en baja hasta que se produzca otra detección.

4.9 Pruebas realizadas con la tarjeta de detección.

Se realizaron pruebas con la tarjeta en la puerta principal de la Pontificia Universidad Católica, durante 5 días seguidos obteniéndose los siguientes resultados:

FECHA	HORA	TOTAL DE VEHÍCULOS	VEHÍCULOS DETECTADOS	% ERROR
6 / 02 / 08	5:00 pm a 6:00 pm	50	50	0
7 / 02 / 08	5:15 pm a 6:44 pm	66	64	3
8 / 02 / 08	6:30 pm a 7:30 pm	79	76	3.7
11 / 02 / 08	6:30 pm a 7:30 pm	80	80	0
12 / 02 / 08	6:00 pm a 7:10 pm	77	74	3,8

Tabla 4.1: eficiencia de la tarjeta de detección.

Los vehículos que no fueron detectados por el circuito detector fueron automóviles modernos, y es que según la Confederación Española de Empresarios del Plástico afirman que actualmente un vehículo tiene unas 5.000 piezas y, de ellas, 1.200 son de plástico adicional a esto, el chasis está hecho de aluminio y fibra de carbón. Esto sería la causa porque el sensor no detecta suficiente masa de hierro como para detectarlo.

4.10 Circuito de toma de datos de las tarjetas de detección vehicular.

Este circuito es el encargado de leer constantemente lo que le envían las dos tarjetas de detección vehicular correspondientes a la entrada del local y la salida; procesa la información para saber si hay presencia vehicular o no y visualiza en 4 display el número de vehículos dentro del local.

Pin 1 y 2 del puerto C

Por estos dos pines se comunica el microcontrolador central con las dos tarjetas de detección vehicular. La tarjeta que se encarga de detectar la entrada de vehículos al local se conecta con el PIC central por el pin 1 mientras que la tarjeta que se encarga de detectar la salida de los vehículos del local se conectan al pin 2 del microcontrolador central. La rutina de programación lee constantemente estas entradas para procesar la información enviada por las tarjetas detectoras.

Cuatro display controlados por el puerto B

Esta configuración permite la visualización de números de hasta 4 cifras. Se trata de 4 displays de 7 segmentos, cátodo común, conectados a un conversor de BCD a 7 segmentos (74LS48). El conversor BCD toma su entrada de los 4 bits bajos del puerto B

(RB3-RB0). El resto de bits del puerto B se utilizan para seleccionar cada uno de los displays de 7 segmentos (RB7 selecciona la cifra más significativa y RB4 la menos significativa).

La visualización de un número de 4 cifras se realiza mediante un barrido continuo: primero se coloca en la parte baja de B la primera cifra del número en BCD y en el “nibble” más significativo ‘0001’ para activar el display menos significativo. A continuación se pone en el nibble menos significativo la siguiente cifra y en la alta ‘0010’, y así sucesivamente hasta completar las cuatro cifras, volviendo otra vez a la cifra menos significativa. Dado que cada display sólo está encendido la cuarta parte del tiempo por usar los 4 displays, la luminosidad que se obtiene no es muy alta. (*Ver pagina 64*)



4.11 Esquemático del circuito principal



4.12 Pruebas realizadas con la tarjeta de detección y el circuito principal.

Se realizaron pruebas con la tarjeta de detección, con el mismo circuito pero en protoboard y con el circuito principal. Las pruebas se realizaron en la puerta principal de la Pontificia Universidad Católica, Se colocó un lazo en la puerta de entrada a la universidad y el otro lazo se colocó en la puerta de salida vehicular de la universidad. Cada lazo conectado a su respectiva tarjeta detectora y estas a la vez conectadas al circuito principal. Las pruebas realizadas son para corroborar que el circuito principal recibe los datos de las dos tarjetas detectoras y envía por el puerto B el número de automóviles que se encuentran dentro del local. De las pruebas realizadas se obtuvo los siguientes resultados:

FECHA	HORA	VEHÍCULOS INGRESANDO	VEHÍCULOS SALIENDO	% ERROR
6 / 02 / 08	5:00 pm a 6:00 pm	21	50	0
7 / 02 / 08	5:15 pm a 6:44 pm	16	64	0
8 / 02 / 08	6:30 pm a 7:30 pm	15	76	0
11 / 02 / 08	6:30 pm a 7:30 pm	23	80	0
12 / 02 / 08	6:00 pm a 7:10 pm	18	74	0

Tabla 4.2: eficiencia de la tarjeta principal.

El circuito hecho en tarjeta tuvo mejor eficiencia que del protoboard.

El circuito central obtuvo una eficiencia del 100%

4.13 Recomendación de la instalación del lazo sobre el pavimento.

Para el tendido del lazo en el suelo, realizar ranuras. Geometría de las ranuras: ancho aproximada. 6mm, profundidad aproximada. 30-50mm. Como se mencionó en el capítulo 3, se contruirá un lazo rectangular de 180 cm de largo y 80 cm de ancho.

Colocar el conductor cuidadosamente dentro de la ranura dándole 3 vueltas a la geometría hecha en la pista, construyéndose así una bobina rectangular de 3 vueltas.

Una vez tendidas las espiras, el conductor del lazo se lleva nuevamente por la ranura de conexión entre el lazo y el sistema electrónico de detección. A partir del fin del lazo, tener en cuenta que los dos conductores sean torcidos mutuamente (mín. 20 veces por metro).

El perfecto funcionamiento del lazo debe ser comprobado en todo caso antes de sellar el lazo.

En caso de un perfecto funcionamiento del lazo, las ranuras se rellenan con una masa de relleno.

4.14 Recubrimientos para sensores de lazos inductivos^[20]

En la actualidad, se cuenta con diferentes tipos de materiales adecuados para rellenar las ranuras. El material usado no debe de alterar la lectura de la inductancia del lazo además de protegerlo. A continuación se describe los diferentes productos que se usan:

Sikadur 42 mortero autonivelante

es un material muy usado en esta aplicación. Esta hecha en base de 3 componentes, de endurecimiento rápido, a base de resina epoxídica modificada, carga y endurecedor, de color gris. Posee las siguientes propiedades:

- Adhiere sobre aluminio, hierro, acero, hormigón, mortero, fibrocemento, poliéster, epoxi, etc.
- El mortero recién mezclado es fluido, fácil de trabajar y "moja" bien la superficie.
- No contiene elementos volátiles.
- Llena en forma excelente los huecos en los cuales fue vertido.
- Excelentes propiedades mecánicas a breve plazo. A 20°C, se obtiene el 80% de las resistencias finales en 24 horas.
- Adhiere sobre superficies secas o ligeramente húmedas.
- No contrae durante ni después del endurecimiento.
- No tiene efectos corrosivos sobre los materiales de construcción.
- Excelentes resistencias químicas, al agua, aceite, nafta, ácidos y álcalis minerales diluidos, etc.

Resina de Poliuretano

Una instalación típica utiliza del orden de 10 Kit por carril, pero eso dependerá de las dimensiones y tipo de lazo (hecho en sitio o preformado), del número de espiras, de si las espiras van o no trenzadas,...). Lazos preformados colocados antes de construir la calzada no precisan recubrimiento especial.

Cintas de “bituthene” para sensores inductivo en utilización temporal

Cinta Bituthene Mastic (ó Bithutene 5000) para instalaciones temporales de sensores piezos Roadtrax BL, sensores de fibra óptica SL ó OSS y lazos preformados, en aplicaciones de conteo, de clasificación vehicular y de pesaje dinámico.



Figura 4.25: Cintas de bituthene

Protección de sensores y lazos

El “Tapecoat” M860, también llamado “cinta asfáltica” es una cinta o plancha autoadherible de utilización en frío. Además de otras utilidades como reparadora de pavimentos, tuberías, etc, es utilizable para fijar a la calzada tubos neumáticos, sensores piezoeléctricos, sensores ópticos y lazos inductivos para aplicaciones de utilización temporal.



Figura 4.26: Manguera para aforos recubierta con “tapecoat”.

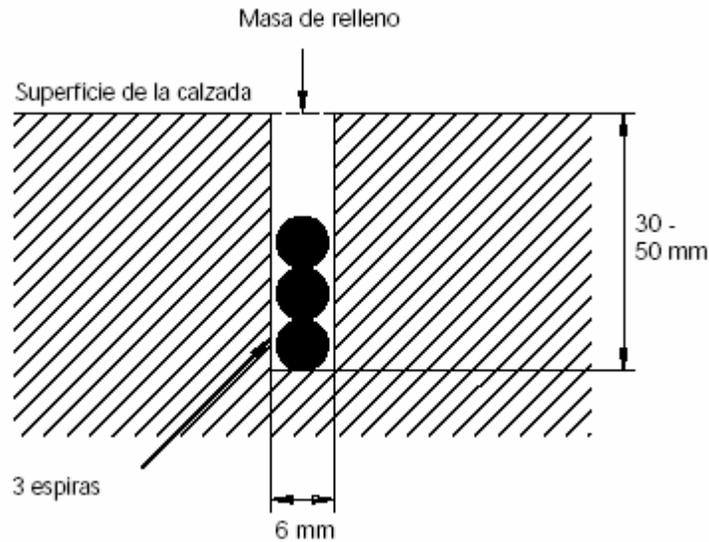


Figura 4.27: Vista de perfil de la ranura hecha en la pista.

4.15 PRESUPUESTO

Para la implementación del sistema electrónico se requirió los siguientes componentes el:

Componentes	Cantidad	Precio c/u	Total
Pic 16F877a	2	30.00	60.00
Cristal 20 Mhz	2	5.00	10.00
CI 7805	1	1.50	1.50
borneras	3	0.50	1.50
Resistencias	15	0.10	1.50
Led	2	0.20	0.40
Pulsador	2	1.00	2.00
Condensador cerámico 2.2pf	4	0.10	0.40
CI 74LS48	1	1.00	1.00
Display	3	1.00	3.00
Transistor 3904	5	0.50	2.50
Condensador 10 uf	3	0.20	0.60
Condesador 0.1pf	1	0.20	0.20

Condesador 0,22uf	2	0.50	1.00
Transistor 2N2222	1	0.50	0.50
CI 74HC163	1	1.00	1.00
CI MCT6	1	1.00	1.00
Cable esmaltado 16 AWG	20 m	-	35.00
Tarjeta	64 cm	-	2.00
Mano de obra		-	1000
		Total S/	1125.10



CONCLUSIONES

- De las pruebas realizadas se concluye que el circuito diseñado funciona a un 97%. Con esto se puede asegurar que el circuito funcionará correctamente.
- Tiene problemas de detección con vehículos con baja masa metálica en su estructura como vehículos modernos.
- Sistema de fácil instalación pues solo es necesario colocar la tarjeta en una zona segura lejos de la manipulación del personal mientras que la instalación del lazo inductivo solo requiere de rajadura en el pavimento y hacer el cableado adecuadamente.
- Sistema sin presencia de ruido o lecturas erróneas. En el capítulo 3 se diseñó un circuito que puesto a prueba presentaba ruido en la señal afectando la lectura adecuada del PIC. Es por ello que en el capítulo 4 se hicieron modificaciones al circuito inicial y con las pruebas obtenidas se obtuvo un circuito óptimo.
- El sistema fue diseñado exclusivamente para detección vehicular. Si sobre el lazo circulan motocicletas, triciclos, bicicletas o cualquier otro vehículo ligero, no detectará presencia alguna.

RECOMENDACIONES

- Para el buen funcionamiento del sistema detector de vehículos, es necesario verificar la toma de datos usando la comunicación serial PIC - PC para obtener el umbral de presencia de automóviles y sin automóviles, debido a que no todas las pistas tienen el mismo umbral, esto. Algunas pistas generalmente las que usan como acabado el cemento tienen debajo una malla de fierro que afecta el umbral haciéndolo mayor al valor tomado respecto a acabados con capa gruesa de petróleo.

- Para evitar algunas fallas de detección es recomendable colocar el lazo inductivo en una zona donde los vehículos pasen con mayor fluidez que en la puerta de entrada al local por eso, colocar el lazo 2 metros después del control vehicular (puertas de entrada).
- Cambiar la geometría del lazo inductivo de forma circular o trapezoidal pero con el mismo número de vueltas de modo que se pueda ver si esto afecta en la inductancia del lazo cuando el vehículo esta sobre el.
- Es recomendable hacer cortes en el pavimento para colocar el lazo, porque ponerlo sobre la pista produce deformación en el cable cuando el automóvil pasa sobre él, afectando así a la corriente inducida que se produce cuando el lazo está detectando. Adicional a esto, el paso de los vehículos desgasta el esmalte protector produciendo corte entre los cables y por ende el mal funcionamiento de la tarjeta de detección vehicular.
- Hacer pruebas con cable esmaltado de diferente sección transversal para la construcción del lazo de modo que se pueda comprobar si la inductancia es mas sensible al paso del vehículo.
- El sistema no se probó para vehículos pesados de mas de 2, es por eso que se recomienda hacer pruebas con este tipo de vehículos y ver la respuesta de sistema completo.

FUENTES

- [1]. RAFAEL CAL Y MAYOR
1986 Estacionamientos. Asociación mexicana de camiones. Pp 15-50
- [2]. OTTO SILL
1968 Construcción de Aparcamientos. Editorial Blume pp 20-180
- [3]. Roberto boylestad
1997 Electrónica: Teoría de circuitos. Pearson. pp 38-40
- [4]. Manual del Atmega8.
2003. Intel pp 1-5
- [5]. Granados Alfredo.
2004 Programación de microcontroladores PIC. Inictel pp 5-20
- [6]. TECNOMAK
<http://www.tecnomak.com.ar/servicios-conteo.htm>
- [7]. INGLOBALSIS
<http://inglobalsis.nuevosel.com/VEHICULARES.htm#ACCESORIOS>
- [8]. TYSSA
http://64.233.161.104/search?q=cache:ggxPLnPdql4J:www.tyssa.ws/pdf/Peaje_Dinamico.pdf+sensor+de+LAZO+INDUCTIVO&hl=es
- [9]. ECO_ COMPTEUR
detector de carros
<http://www.eco-compteur.com/?wpid=9117>
- [10]. TYSSA
lazos inductivos
http://www.tyssa.ws/pag_09.htm
- [11]. Gobierno de Uruguay
<http://www.montevideo.gub.uy/transito/gestion.htm>
- [12]. ECO_ COMPTEUR

- http://www.eco-compteur.com/IMAJeditUpload/attach/ECO_2323_1089132434449_capt_vot_R_V_esp.pdf
- [13]. TECNOMAK
Conteo De Vehículos
<http://www.tecnomak.com.ar/servicios-conteo.htm>
- [14]. HONEYWELL
Sensores Magnéticos
<http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/&prev=/search%3Fq%3Dsensors%2Bof%2Bdetection%2Bof%2Bcars%26start%3D10%26hl%3Des%26lr%3D%26sa%3DN>
- [15]. MAGNETICSENSORS
[http://www.magneticsensors.com./](http://www.magneticsensors.com/)
- [16]. INSTITUTO DE DESALLOYO URBANO
http://www.idu.gov.co/sist_trans/estacionamientos_publicos.htm
- [17]. ALARMAS CONTRA INTRUSOS
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica87.html>
- [18]. Departamento de Transportación de EE.UU.
Administración de Investigación y Programas Especiales
Centro Nacional de Sistemas de Transportación Volpe.
“Sistemas Inteligentes de Transportación y Estacionamiento de Camiones”
http://www.fmcsa.dot.gov/espa%F1ol/press/2005/0205_index.htm
- [19].
http://www.fmcsa.dot.gov/espa%F1ol/press/2005/0205_index.htm
- [20]. instalacion de lazos
www.marantec.de/manuals/8055163-20030319.pdf
- [21]. diccionamrio nuclear
<http://www.foronuclear.org/pdf/diccionariotecnologianuclear.pdf>
- [22]. DICCIONARIO
<http://translate.google.com/translate?hl=en&sl=es&u=http://www.arrakis.es/~fon/simbologia/diccionario/p.htm&prev=/search%3Fq%3Dtubo%2Bpiezoelectric%26hl%3Den%26lr%3D>
- [23]. estacionamientos y su control
http://www.graduacion.org/~planeta/dl_docs/Propuesta_en_DesUrb_GDF_BJ.pdf
- [24]. sensor pizoelectrico
http://72.14.207.104/search?q=cache:y8gpRtG2e28J:www.tyssa.ws/pdf/Sensor_Piezo_Catalogo.pdf+sensor+en+estacionamientos&hl=en
- [25]. Loop Inductance

<http://hypertextbook.com/physics/electricity/inductance/>

- [26]. Displays y diodos emisores de luz
<http://www.infoab.uclm.es/labeled/Solar/Componentes/OPTOELECTRONICA.html>
- [27]. sensor para la detección de vehículos mediante campos magnéticos
http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/fichas/tec_csancheztrujillo1.htm
- [28]. CENTRO COMERCIAL PLAZA SAN MIGUEL
 2006 Consultado [25/06/2006] www.plazasanmiguel.com.pe
- [29]. CENTRO COMERCIAL LARCO MAR.
 2006 Consultado [25/06/2006] LarcoMar.com
- [30]. CENTRO COMERCIAL JOCKEY PLAZA SHOPPING CENTER
 2006 Consultado [25/06/2006] www.jockey-plaza.com.pe/
- [31]. Shanghai Autumncom Electronic Technology Co. Ltd
 Vehicle loop detector. Consultado [15/08/2006] www.advparking.com/
- [32]. POTTER Tom
 2000 *THE EVOLUTION OF INDUCTIVE LOOP DETECTOR TECHNOLOGY*. Consultado [21/09/2006] Reno A&E.
<http://www.renoae.com/Documentation/MISC/Advances%20in%20Loop%20Detector%20Technology.pdf>
- [33]. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS INSTITUTE
 2003 *Inductive loop detector signal analysis*. Consultado [21/09/2006].
<http://www.its.umn.edu/seminars/2003/4burns.html>
- [34]. Alambres esmaltados
 2006 *características y descripción*. Consultado [21/09/2006].
<http://www.indeco.com>
- [35]. Crisis de parqueos exige acelerar la reforma del caótico transporte público.
 2008 *Diario El Comercio*. Consultado [06/07/2008].
- [36]. Data sheet Lazo inductivo.
 2006 Madbene Supplice Consultado [15/02/2006].