

**SISTEMA DE MONITOREO DE TRÁFICO Y CONTROL DE INTERSECCIONES PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTACIÓN**

Por

Juoy Salcedo Valeriano

Informe de Proyecto para cumplir los requerimientos del grado de

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

en

Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2009

Aprobado por:

Didier M. Valdés Díaz, PhD
Presidente de Comité Graduado

Fecha

Sergio González Quevedo, PhD, PE
Miembro de Comité Graduado

Fecha

Alberto M. Figueroa Medina, PhD, PE
Miembro de Comité Graduado

Fecha

Noel Artiles León, PhD
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Ismael Pagán Trinidad, MSCE
Director del Departamento

Fecha

ABSTRACT

In an urban network of vehicular traffic the intersections happen a higher frequency of congestion issues and accidents. Therefore they are appropriate points to place monitoring systems and control of vehicles and pedestrians.

An alternative for the solution of problems is the use of modern technology of communications (telematic). This technology allows the communication using video images on time real between the intersections and the control center, allowing the monitoring of what happens in each intersection, to process the information and then to implant the results in the traffic control devices of the intersection.

Another alternative for the solution of the problem is the coordination of intersections. This task is carried out establishing communications among controllers of the intersections, a Master controller and the computer at the control center. The communication can be carried out by direct connection, telephone system, radio system and wireless system.

Two prototypes were development in this project. The first one is for monitoring an intersection using wireless technology. The second prototype is to communicate the controllers of two intersections, a Master controller and the computer for its coordination study.

This equipment was installed in the transportation laboratory located inside the building of Civil Engineering and Surveying and the pedestrian bridge of the Departments of Chemical Engineering and Civil Engineering and Surveying over highway PR-108.

These prototypes are good teaching tools for the Civil Engineering students. Students will have the opportunity to operate this equipment to carry out studies of vehicle counts, vehicles speed measurements, coordination of intersections and programming of the control times of the systems of traffic signals of the intersection.

RESUMEN

En una red urbana de tráfico vehicular los lugares donde ocurre la mayor frecuencia de problemas de congestión y accidentes son las intersecciones. Por lo tanto estos son puntos adecuados para colocar sistemas de monitoreo y control de vehículos y peatones.

Una alternativa para la solución de problemas es la utilización de tecnología moderna de comunicaciones (telemática). Esta tecnología permite la comunicación utilizando imágenes de video a tiempo real entre la intersección y el centro de control, permitiendo de esta forma monitorear lo que ocurre en cada intersección, procesar la información y luego implantar los resultados en los dispositivos de control de tráfico de la intersección.

Otra alternativa para la solución del problema de transporte es la coordinación de intersecciones consecutivas. Esta tarea se realiza estableciendo una comunicación entre los controladores de las intersecciones, un controlador maestro y el computador en el centro de control. La comunicación puede realizarse mediante conexión directa, sistema de teléfono, sistema de radio y sistema inalámbrico.

En este proyecto se desarrollaron dos prototipos. El primero es para monitorear una intersección utilizando tecnología inalámbrica. El segundo prototipo es para comunicar los controladores de dos intersecciones, un controlador maestro y el computador para su estudio de coordinación. Estos equipos se instalaron en el laboratorio de transportación que está ubicado dentro del edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura y el puente peatonal de ingreso a los Departamentos de Ingeniería Química e Ingeniería Civil y Agrimensura que está ubicado sobre la carretera PR-108.

Estos prototipos sirven como herramientas de enseñanza para los estudiantes de Ingeniería Civil, donde los estudiantes tendrán la oportunidad de operar estos equipos y utilizarlos para realizar estudios de conteo de vehículos, mediciones de velocidad de vehículos, coordinación de intersecciones y programación de tiempos en el sistema de semáforos de la intersección.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la escuela graduada del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico de Mayagüez y a la Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico que ayudaron a completar este proyecto y en especial al Ingeniero Luís Rodríguez.

Agradezco al comité graduado cuyos aportes contribuyeron mejorar este proyecto.

Agradezco a mi familia que siempre ha estado pendiente de mí, a pesar de todo.

Todos buscamos siempre la felicidad en las cosas materiales, olvidándonos que la tenemos en el fondo de nuestro corazón, cada día podemos multiplicarla esta felicidad utilizando la herramientas del amor y perdón, gracias Dios por confiarnos la luz divina del amor y perdón para hacer realidad nuestros sueños.

Mi más grande agradecimiento a Dios.

El autor autoriza a los miembros del comité graduado a utilizar las figuras y todo material educativo producido durante el desarrollo de este proyecto.

“Cada hombre construye su propia felicidad con su comportamiento en la sociedad”

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 METODOLOGÍA	7
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1 ESTUDIO DE TRÁFICO EN AREAS URBANAS	9
2.2 SENSORES PARA ESTUDIO DE TRÁFICO EN INTERSECCIONES	9
2.2.1 Detector de lazo inductivo.....	11
2.2.2 Sensor magnético	11
2.2.3 Sensores ultrasónicos	12
2.2.4 Procesador de imágenes de video.....	13
2.3 CONTROLADORES DE TRÁFICO VEHICULAR.....	14
2.3.1 Introducción.....	14
2.3.2 Intersecciones semaforizadas	15
2.3.3 El semáforo.....	15
2.3.4 Controladores de tráfico	18
2.3.5 Sistema de lazo cerrado (“Closed Loop System”).....	20
2.3.6 El sistema CLMATS	22
2.4 SISTEMAS INALÁMBRICOS APLICADOS A TRANSPORTE	22
2.4.1 Tecnología inalámbrica	22
2.4.2 Transmisión de video	24
2.4.3 Normas para LAN inalámbricas	27
CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA EL MANEJO DE IMÁGENES DE VIDEO.....	29
3.1 INTRODUCCIÓN.....	29
3.2 SISTEMAS TELEMÁTICOS Y PROCESO DE LA INFORMACIÓN	29

3.2.1	El sistema telemático.....	29
3.2.2	Proceso de Información.....	30
3.3	SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES	31
3.3.1	Sistemas de transmisión	33
3.3.2	Servicios de telecomunicación	34
3.3.3	Redes de telecomunicación	34
3.3.4	Medios de transmisión.....	35
3.4	ANTENAS	41
	Parámetros básicos de radiación.....	41
3.5	MANEJO DE IMÁGENES DE VIDEO MEDIANTE “SOFTWARE”	42
3.5.1	Propiedades de una imagen digital.....	43
3.5.2	Análisis de imágenes	44
3.6	TIPOS DE CÁMARA PARA MONITORES DE TRÁFICO.....	46
3.6.1	Tipos de cámaras	46
3.6.2	Diferencias entre una cámara de red y una analógica	47
3.6.3	Video IP.....	49
3.6.4	Software de gestión de video.....	50
3.6.5	El sistema de video detección Autoscope.....	54
	CAPÍTULO 4. CONTROLADOR LOCAL DE SEMÁFORO.....	57
4.1	INTRODUCCIÓN.....	57
4.1.1	Sistemas de detección.....	58
4.1.2	Unidades de control.....	60
4.1.3	Mejoramiento de los semáforos.....	61
4.1.4	Sistema de lazo cerrado (“Closed Loop System”).....	61
4.1.5	Corrientes vehiculares	65
4.2	CONCEPTOS DE DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA LOS SEMÁFOROS.....	66
4.2.1	Términos para la selección de tiempos en el semáforo.	67
4.2.2	Conceptos relacionados de operación del controlador y la distribución de fases.....	74
4.2.3	Determinación de tiempos de las fases en semáforos actuados.....	83
4.2.4	Parámetros para la programación actuada	89
4.2.5	Características de volumen-densidad	93
4.3	CONTROLADOR LOCAL	96

4.3.1	Funciones del controlador local.....	97
4.3.2	Tipos de operación	97
4.3.3	Tipos de controladores locales	98
CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROTOTIPOS		107
5.1	INTRODUCCIÓN.....	107
5.1.1	Etapas del proceso de implementación del prototipo	107
5.1.2	Área disponible para el manejo de información de los prototipos y presupuesto estimado 109	
5.2	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	110
5.2.1	Descripción general del sistema.	110
5.2.2	Descripción de los componentes del prototipo.....	111
5.2.3	Funcionamiento del prototipo.....	132
5.2.4	Implementación del prototipo.....	134
5.2.5	Pruebas del prototipo.....	137
5.2.6	Aplicaciones prácticas	139
5.3	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE CONTROL DE SEMÁFOROS EN INTERSECCIONES	148
5.3.1	Descripción general del prototipo.	148
5.3.2	Descripción de los componentes	149
5.3.3	Funcionamiento del Prototipo	159
5.3.4	Implementación del Prototipo	161
5.3.5	Pruebas del prototipo.....	165
5.3.6	Aplicaciones prácticas	166
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		168
6.1	Conclusiones	168
6.2	Recomendaciones.....	170
REFERENCIAS.....		171
APÉNDICES.....		173
	Apéndice A: Presupuesto.....	174
	Apéndice B: Planos.....	175
	Apéndice C: Manuales.....	188
	Apéndice D: Datos exportados de Autoscope-Rackvision.....	197

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de conexión del prototipo de monitoreo de Tráfico.	2
Figura 1.2: Diagrama de conexión del prototipo de controlador de semáforos.....	3
Figura 1.3: Ubicación de la cámara y las antenas del prototipo ITS	5
Figura 1.4: Metodología de estudio	8
Figura 2.1: Componentes de un detector de lazo inductivo.....	11
Figura 2.2: Distorsión del campo magnético terrestre creado por el paso de un vehículo	12
Figura 2.3: Localización de sensores ultrasónicos	13
Figura 2.4: Procesadores de imágenes de video	14
Figura 2.5: Intersección semaforizada.....	15
Figura 2.6: Altura de una señal de semáforo	16
Figura 2.7: Nuevas tecnologías para el control de semáforo.....	18
Figura 2.8: Ondas de verde en semáforos continuos	20
Figura 2.9: Componentes físicos del sistema de lazo cerrado.....	21
Figura 2.10: Transmisión de video por fibra óptica (CCTV).....	26
Figura 2.11: Transmisión de video por protocolo de Internet (IP).....	27
Figura 3.1: Elementos de un sistema de información.....	30
Figura 3.2: Esquema de un sistema básico de comunicación.....	31
Figura 3.3: Partes de un cable coaxial	35
Figura 3.4: Cable de par trenzado.....	36
Figura 3.5: Fibra óptica.....	36
Figura 3.6: Comunicación de microondas terrestre mediante antenas	39
Figura 3.7: Comunicación de microondas por satélite	40
Figura 3.8: Campos de una onda electromagnética	41
Figura 3.9: Espacios de color RBG	44
Figura 3.10: Clasificación de la información según la entrada o salida	45
Figura 3.11: Sistema de cámaras analógicas y Sistema de cámaras en red.....	48
Figura 3.12: Componentes de una cámara.....	49
Figura 3.13: Software de gestión de video	51
Figura 3.14: Sistema Autoscope para el control de tránsito	55
Figura 4.1: Componentes principales de un sistema de control de tráfico actuado.....	58
Figura 4.2: Sistema de detección de lazo inductivo	58

Figura 4.3: Cámara de detección de paso en luz roja	60
Figura 4.4: Componentes físicos del sistema de lazo cerrado.	63
Figura 4.5: Configuración típica para detectores en una intersección.....	64
Figura 4.6: Corriente de Tráfico	66
Figura 4.7: Ejemplo de distribución de tiempos para intersecciones de dos y tres fases.	75
Figura 4.8: Distribución de intervalos en una intersección con dos fases.	78
Figura 4.9: Esquema NEMA de numeración de una intersección.....	79
Figura 4.10: Anillos simultáneos para el proceso de programación.....	79
Figura 4.11: Diagrama de distribución de tiempos para una fase actuada	81
Figura 4.12: Parámetros de tiempo de semáforos actuados.....	83
Figura 4.13: Configuración que define la duración de una fase de vehículo	84
Figura 4.14: Aplicación de un tiempo de paso	92
Figura 4.15: Uso de volumen-densidad para el cambio de tiempo de extensión.	93
Figura 4.16: Uso del agregado inicial para modificar el verde mínimo	95
Figura 4.17: Cabina del controlador local con principales componentes	96
Figura 4.18: Tipos de controladores 3000E.....	100
Figura 4.19: Conectores del Controlador local.....	101
Figura 4.20: Controlador Maestro y conectores	102
Figura 4.21: Menú principal y teclado del controlador local Peek.....	103
Figura 4.22: Menu de configuración por defecto al controlador local	105
Figura 4.23: Menú de configuración por defecto al controlador maestro	106
Figura 5.1: Área disponible para los prototipos.....	109
Figura 5.2: Prototipo de Sistema Inteligente de Transporte con tecnología inalámbrica.....	111
Figura 5.3: Red de transmisión.....	112
Figura 5.4: Partes de la cámara de video tipo domotica	113
Figura 5.5: Tarjeta de circuitos de la cámara.....	115
Figura 5.6: Configuración predeterminada de los conmutadores.....	116
Figura 5.7: Procedimiento de instalación de la cámara	116
Figura 5.8: Partes de la antena inalámbrica Smart Sight 1000	117
Figura 5.9: Instalación de la cámara con la antena de transmisión	119
Figura 5.10: Tablero de control de la red de transmisión	120
Figura 5.11: Red de recepción	122
Figura 5.12: Instalación de antena de recepción con teclado universal.....	123
Figura 5.13: Instalación del bloque de pared.....	123
Figura 5.14: Rackvision.....	124
Figura 5.15: Tablero de control de la red de recepción	126
Figura 5.16: Partes del teclado universal.....	129
Figura 5.17: Conexión del teclado universal	130
Figura 5.18: Posición de la cámara con respecto a la carretera	133
Figura 5.19: Conexión de todo el Prototipo de Sistema Inteligente de Transporte	133

Figura 5.20: Herramientas y maquinarias utilizadas.	135
Figura 5.21: Conexión de la red de transmisión	136
Figura 5.22: Conexión de la red de recepción	137
Figura 5.23: Prueba de los conectores y cableado	139
Figura 5.24: Configuración de detectores de conteo en la imagen de estudio	141
Figura 5.25: Resultados de conteo.....	142
Figura 5.26: Configuración de detectores de velocidad en la imagen de estudio.....	143
Figura 5.27: Resultados del proceso de medición de velocidad	144
Figura 5.28: Datos de velocidad para V1 y V2	145
Figura 5.29: Histograma de velocidades para V1.....	146
Figura 5.30: Histograma de velocidades para V2.....	146
Figura 5.31: Componentes principales del prototipo de control de semaforos	149
Figura 5.32: Unidad de control LMD 8000	151
Figura 5.33: Monitor de conflictos	153
Figura 5.34: Tarjeta de programación	155
Figura 5.35: Unidad de detección.....	156
Figura 5.36: Interruptor de despliegue de carga de estado sólido.	157
Figura 5.37: Relé de transferencia de encendido.....	158
Figura 5.38: Maqueta de intersecciones	158
Figura 5.39: Componentes principales de una cabina de control	159
Figura 5.40: Conexión del sistema de semáforos de la maqueta y cabina de control.	161
Figura 5.41: Conexión del sistema de detectores de la maqueta con cabina de control.....	162
Figura 5.42: Conexión de la maqueta a las cabinas de control.....	163
Figura 5.43: Conexión de controladores con el computador	164
Figura 5.44: Simulación de la maqueta en el computador.....	164

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1: Características de los medios de transmisión por cable	38
Tabla 3.2: Comparación de los distintos tipos de cables	38
Tabla 3.3: Diferencias entre una cámara de red y una analógica	47
Tabla 3.4: Protocolo de transporte de datos de video IP	52
Tabla 4.1: Intervalos de verde mínimo típicos	85
Tabla 4.2: Duración intervalo de verde máximo.	86
Tabla 4.3: Duración del intervalo de cambio de periodo.....	88
Tabla 4.4: Duración de los intervalos peatonales	89
Tabla 4.5: Ventajas y desventajas de tipos de controladores.....	98
Tabla 4.6: Mínimo requerimiento para un controlador nuevo.....	106
Tabla 4.7: Posible requerimiento adicional (comúnmente usado).....	106
Tabla 5.1: Configuración del conmutador SW3 (cantidad de baudios).....	115
Tabla 5.2: Funciones que indican los LED de la parte frontal del Rackvision	125
Tabla 5.3: Configuración de los interruptores 1, 2, 3, 4.	131
Tabla 5.4: Configuración de los interruptores 5, 6, 8	132
Tabla 5.5: Causas del funcionamiento defectuoso del detector de lazo inductivo	166

LISTA DE ACRÓNIMOS

AADT	“Annual Average Daily Traffic”
AASHTO	“American Association of State Highway and Transportation Officials”
ACT	Autoridad de Carreteras y Transportación
ASTM	“American Society for Testing and Materials”
CLMATS	“Closed Loop Multi-Arterial Traffic Control System”
CCTV	Circuito cerrado de televisión
DMS	“Dynamic Message Sign”
DOT	“Department of Transportation”
EPA	“Environmental Protection Agency”
FHWA	“Federal Highway Administration”
EPD	Error en porcentaje por dirección
FTP	“File Transfer Protocol”
GSM	“Global System for Mobile Communication”
GPRS	“General Packet Radio Service”
HCM	“Highway Capacity Manual”
HTTP	“Hyper Text Transfer Protocol”
HTTPS	“Hyper Text Transfer Protocol over Secure”
IEEE	“Institute of Electrical and Electronics Engineers”
ITE	“Institute of Transportation Engineers”
ITS	“Intelligent Transportation Systems”
ILD	“Inductive Loop Detector”
IP	“Internet Protocol”
KHz	Kilohertzio
LAN	“Local Area Network” (Redes de área local)
LCD	“Liquid Crystal Display”

Mbps	Megabits por segundo
MMU	“Malfunction Management Unit”
MUTCD	“Manual on Uniform Traffic Control Devices”
NEMA	“National Electrical Manufacturers Association”
NITSA	“National ITS Architecture”
NTCIP	“National Transportation Communications for ITS Protocol”
VIP	“Video Image Procession” (Procesador de imágenes de video)
PLC	“Control Logic Program” (Controladores lógicos programables)
PR	Puerto Rico
RTP	“Real Time Protocol”
RTSP	“Real Time Streaming Protocol”
SAE	“Society of Automotive Engineers”
SMTP	“Send Mail Transfer Protocol”
STP	“Shielded Twisted Pair”
TMC	“Traffic Management Center”
UPRM	Universidad de Puerto Rico en Mayagüez
UTP	“Unshielded Twisted Pair”
USDOT	“United States Department of Transportation”
UMTS	“Universal Mobile Telecommunication System”
WLAN	“Wireless Local Area Network” (Red de área local inalámbrica)
WPAN	“Wireless Private Area Network” (Red de área personal inalámbrica)
Wi-Fi	“Wireless Fidelity”
WWAN	“Wide Wireless Area Network” Redes de área extendida inalámbrica
WMAN	“Wireless Metropolitan Area Network” Redes de área metropolitana inalámbricas

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

El monitoreo de los volúmenes en movimiento de vehículos en las carreteras es importante para disminuir problemas de congestión y prevenir accidentes en los que se pierden vidas humanas. En una red urbana, las intersecciones son los lugares donde existe alta congestión y gran frecuencia de accidentes. Estos son lugares típicamente adecuados para colocar los sistemas inteligentes de transporte de monitoreo y detección, que constan de un sistema de cámaras, antenas, monitores y otros componentes que capturan la imagen de la intersección y la transmiten al centro de control. La información es utilizada para determinar las operaciones de tráfico, dimensionamiento geométrico, flujo peatonal y control del sistema.

El laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura de la UPRM cuenta con varios equipos para el monitoreo y la transmisión inalámbrica de imágenes para controlar redes arteriales de intersecciones semaforizadas. El trabajo a realizar en este proyecto consiste en desarrollar dos prototipos. El primero es para el sistema inteligente de transporte inalámbrico, el cual consiste en capturar las imágenes de video de la intersección en estudio a través de una cámara, luego transmitirla mediante una antena inalámbrica hasta el laboratorio de transportación para monitorear el tráfico, aplicando programas computacionales. (Ver figura 1.1). El segundo prototipo es para conectar los controladores de dos intersecciones mediante un controlador maestro para su estudio de sincronización utilizando programas de computador. (Ver figura 1.2).

Estos prototipos servirán como herramientas de enseñanza para los estudiantes de Ingeniería Civil, donde los estudiantes tendrán la oportunidad de operar estos equipos y utilizarlos para realizar estudios de transportación. Estos equipos fueron instalados en el laboratorio de transportación que está ubicado dentro del edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura y el puente peatonal de acceso a los Departamentos de Ingeniería Química e Ingeniería Civil y Agrimensura que está sobre la carretera PR-108.

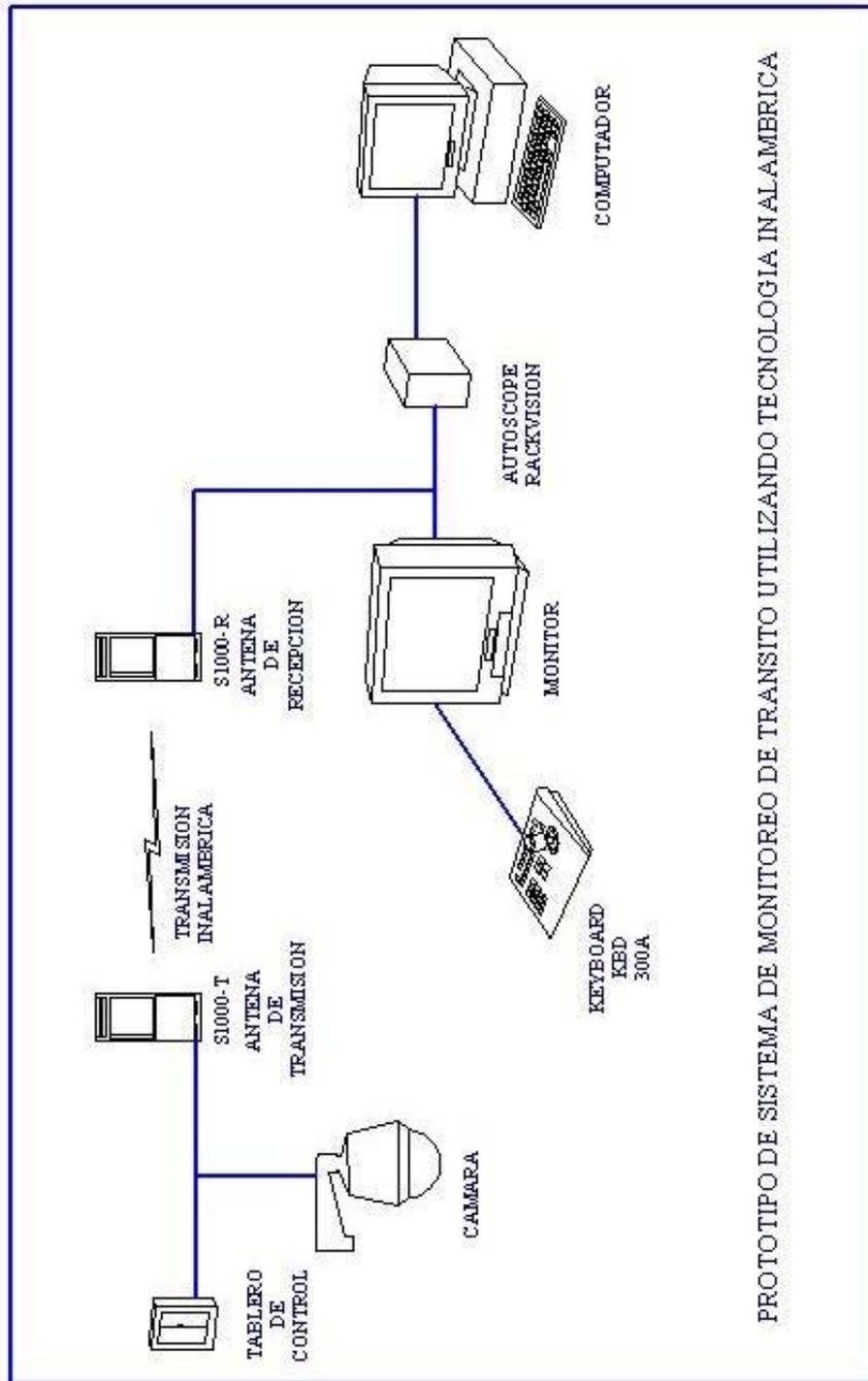


Figura 1.1: Diagrama de conexión del prototipo de monitoreo de Tráfico.

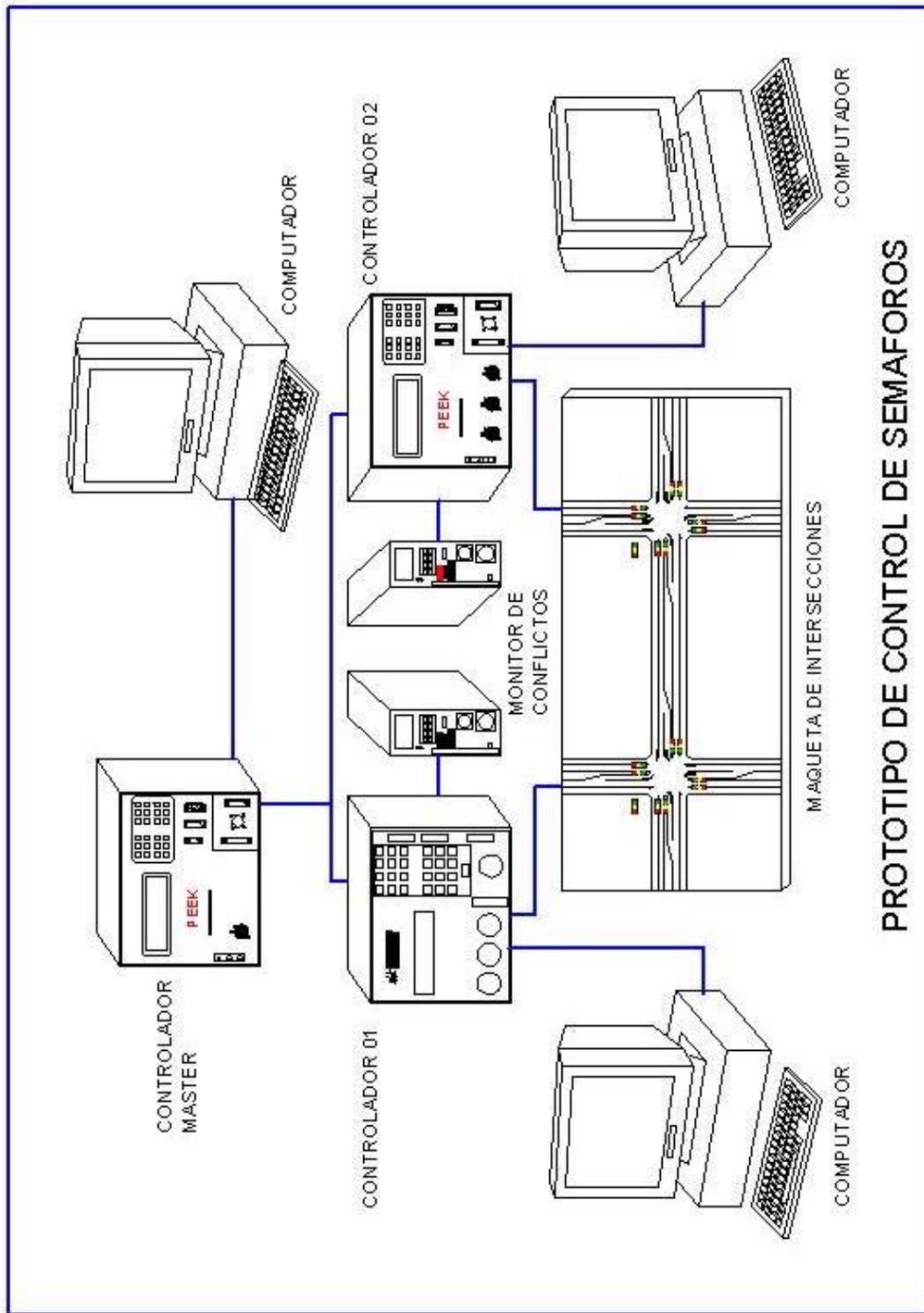


Figura 1.2: Diagrama de conexión del prototipo de controlador de semáforos.

1.2 OBJETIVOS

El propósito principal de este proyecto es la instalación, documentación y puesta en operación de dos prototipos de enseñanza, un sistema inteligente de transporte utilizando tecnología inalámbrica para el monitoreo de tráfico y un sistema de controladores de semáforos, en el laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez.

Como ejemplo para la aplicación de esta tecnología se escogió la intersección de la carretera PR-108 con la calle Simón adyacente al edificio de Ingeniería Agrícola del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPR. (Ver figura 1.3).

Los siguientes objetivos específicos se establecieron para lograr el propósito principal:

- ❖ Revisar la literatura sobre las diferentes ciencias aplicadas, tecnologías inalámbricas, monitoreo de imágenes, centro de control y controladores de semáforos.
- ❖ Enumerar las diferentes aplicaciones de la tecnología inalámbrica a la transportación.
- ❖ Realizar un presupuesto para el proyecto.
- ❖ Describir el proceso de implementación de la tecnología utilizada en el proyecto.
- ❖ Poner en operación el prototipo de sistema inteligente de transporte.
- ❖ Poner en operación el prototipo de controlador de semáforo.
- ❖ Realizar el control de operación.
- ❖ Desarrollar manuales de operación sencillos de los prototipos

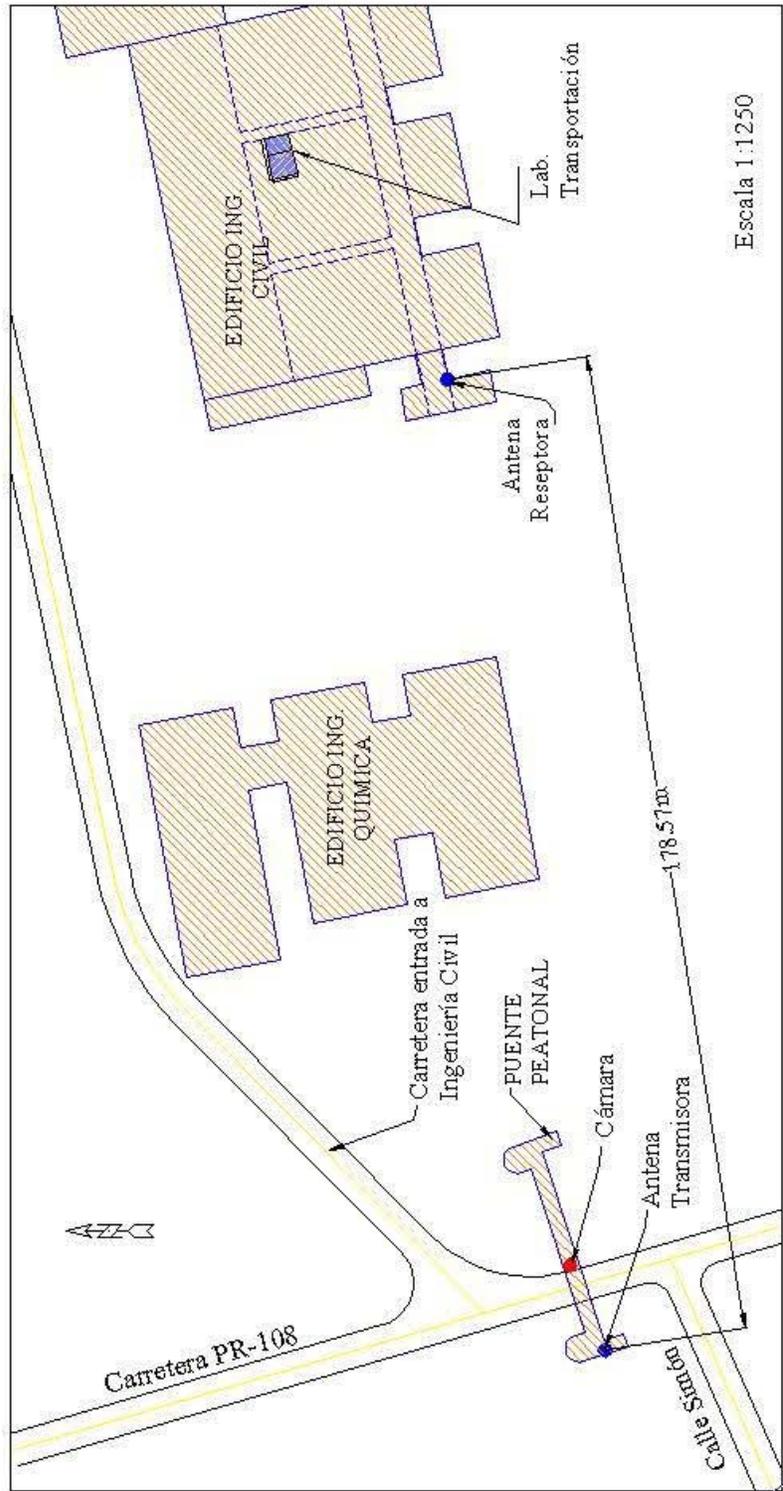


Figura 1.3: Ubicación de la cámara y las antenas del prototipo ITS

1.3 JUSTIFICACIÓN

El tráfico urbano es un problema complicado en la mayoría de las áreas metropolitanas, enfrentándose al constante incremento en la demanda y el consiguiente aumento en los niveles de congestión, provocando pérdidas económicas para la sociedad. La congestión es un problema que produce efectos indeseados en la movilidad de los conductores y peatones, el incremento del tiempo de los viajes, la contaminación del aire y niveles sonoros intolerables que llegan a afectar seriamente la salud.

Una de las respuestas más eficientes al problema de la congestión radica en el uso intensivo de sistemas informáticos y de telecomunicaciones aplicadas a la gestión del tráfico. En efecto, los denominados Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés), y los sistemas de control y monitoreo de tráfico son un eficiente apoyo para el ciudadano y para las instituciones públicas en el intento de disminuir los problemas de congestión y seguridad de transporte, haciéndola más eficiente.

Los sistemas de transporte inteligente inalámbricos manejan la información a tiempo real, dando a los administradores una importante herramienta para analizar el tráfico y tomar decisiones adecuadas en cuanto al manejo de tráfico y la información necesaria al usuario.

La implantación de una tecnología ITS implica una fuerte inversión, sin embargo dicha inversión no es excesivamente alta en comparación con los costos de operación y mantenimiento de los sistemas actuales y los beneficios que se obtienen a largo plazo como ejemplo se tiene las perspectivas de beneficios sociales y de medio ambiente

El laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez cuenta con los equipos para establecer un prototipo típico de la aplicación de sistemas inteligentes de transporte, de tal manera que pueda ser utilizado como material de enseñanza para diseminar a los estudiantes la tecnología de ITS que se utiliza en los sistemas de transporte modernos. El proyecto correspondiente a esta propuesta consiste en desarrollar dos prototipos. El primer prototipo consiste en conectar y operar un sistema inalámbrico de transmisión de video conectado a un procesador de imágenes de video y el

segundo prototipo es conectar y poner en funcionamiento un sistema de controladores locales y un controlador maestro de intersecciones semaforizadas.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará para cumplir con los objetivos propuestos se divide en los siguientes pasos:

Para el prototipo de monitoreo de tráfico inalámbrico:

- ❖ Realizar un análisis de exploración de la situación actual del laboratorio, específicamente los equipos relacionados con el proyecto.
- ❖ Efectuar una revisión de literatura. Esto se compone de revisar estudios similares y las especificaciones de la tecnología inalámbrica para estudios de tránsito.
- ❖ Evaluar la tecnología inalámbrica y revisar especificaciones de implantación.
- ❖ Seleccionar y adquirir los componentes necesarios para la reinstalación de todo el sistema.
- ❖ Instalación y puesta en operación del sistema ITS de transmisión inalámbrica. Hacer las pruebas de funcionamiento.
- ❖ Adiestrarse en la operación de la tecnología seleccionada del prototipo de monitoreo de tráfico inalámbrico.
- ❖ Desarrollar manuales de instalación, operación y mantenimiento del prototipo.

Para el prototipo del controlador:

- ❖ Realizar un estudio de la situación inicial de los equipos que se cuenta y su operatividad.
- ❖ Efectuar una revisión de literatura sobre los controles de semáforo así como software utilizados.
- ❖ Examinar el conjunto de técnicas para controlar semáforos, revisando sus especificaciones de operación.
- ❖ Escoger y adquirir los componentes necesarios para la puesta en operación del prototipo de controlador de semáforos.
- ❖ Puesta en operación del controlador de semáforos, hacer los ensayos de funcionamiento con una programación del controlador utilizando el computador.

- ❖ Perfeccionarse en la operación de la tecnología seleccionada, para utilizarlo adecuadamente.
- ❖ Desarrollar manuales de instalación, operación y mantenimiento.

Para documentar todo el proceso, se realizará un informe comprensivo que incluya el desarrollo de los prototipos.

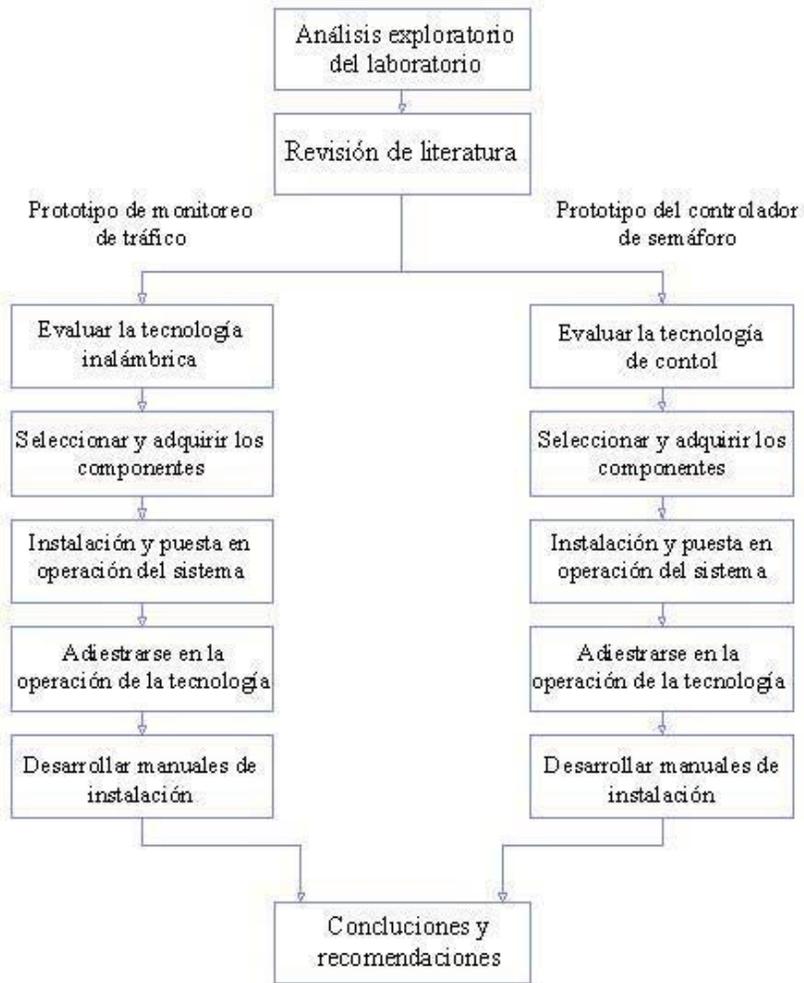


Figura 1.4: Metodología de estudio

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTUDIO DE TRÁFICO EN AREAS URBANAS

Según SEDESOL (1994), el tráfico es un problema en la mayoría de las áreas urbanas debido al incremento de la demanda, que originan mayores niveles de congestión y provocando pérdidas económicas para la sociedad. Este problema conlleva a hacer estudios de tráfico dirigidos a buscar soluciones para evitar los efectos indeseados en la movilidad de los conductores y peatones, el incremento del tiempo de los viajes, la contaminación del aire y niveles sonoros intolerables.

Los estudios de tráfico en los proyectos viales son la base para los diseños de la vía, estableciendo valores y presupuestos generales. Para la proyección del tráfico se necesita un buen criterio, se afirma que las aproximaciones a condiciones futuras puedan afectar totalmente el diseño que se haga hoy, por tanto es necesario tomar en cuenta las siguientes características:

- ❖ El incremento del tráfico por crecimiento poblacional que reflejará el número de vehículos en circulación y el mayor uso de vehículos.
- ❖ Factores socioeconómicos de la zona que puedan afectar el uso de vehículos.
- ❖ Las características de captación de generación de tráfico en zonas agrícolas o de rápido desarrollo urbano, comercial, industrial, etc.

2.2 SENSORES PARA ESTUDIO DE TRÁFICO EN INTERSECCIONES

Todo este ítem está basado en FHWA (2006).

El tráfico vehicular en zonas urbanas presenta grandes retos en la toma de decisiones para el control y construcción de obras de desarrollo. La caracterización vehicular, definida como conteo, clasificación y distribución direccional de los vehículos aporta información útil para la

toma de decisiones. Esta caracterización se puede realizar manualmente, mediante censos visuales, sin embargo este método es afectado por el error humano y obstrucción visual por vehículos de mayores dimensiones. Para aumentar la precisión de la operación es necesaria la automatización mediante el uso de sensores, quienes se encargan de detectar y almacenar la información en forma automática.

Todo semáforo actuado normalmente cuenta con sensores de detección, capaces de transmitir al controlador los cambios que se producen en el tránsito de la intersección.

La información que resulta de la operación de caracterización vehicular en una intersección tiene muchas aplicaciones en el área de transportes incluyendo el control de tránsito en intersecciones, la programación del mantenimiento, estimación de emisión de gases, estudio y diseño de la infraestructura vial, mejoramiento del flujo vehicular, entre otras.

La tecnología de sensores es aplicada a la carretera de dos formas: sensores dentro de la calzada (“in-roadway”) y sensores sobre la calzada (“over-roadway”).

Los sensores dentro de la calzada son aquellos que pueden ser instalados:

- ❖ dentro del pavimento de la carretera,
- ❖ por debajo del pavimento de la carretera (subrasante) y
- ❖ sobre la superficie de la carretera.

Como ejemplo de estos sensores están los sensores de lazos inductivos (“Inductive Loop Detectors”), magnetómetros (“Magnetometer”) y los cables piezoeléctricos (“Piezoelectric Cables”).

Los sensores sobre la calzada son aquellos que pueden ser instalados:

- ❖ Sobre la carretera individualmente.
- ❖ A lo largo de la carretera paralelo al carril de tráfico.

Como ejemplo de sensores sobre la carretera están los procesadores de imágenes de video (“Machine Vision Based Sensors”), microondas, sensores ultrasónicos, infrarrojo pasivo y láser.

Otros tipos de sensores o detectores para el control y tránsito de vehículos, en función al modo de detección, son los detectores de presión, los detectores magnéticos y los detectores de radar.

2.2.1 Detector de lazo inductivo

Los detectores de lazo inductivo (ILD, “Inductive Loop Detector”) consisten en un bucle de alambre eléctrico enterrado a pocos centímetros de la superficie del pavimento. Este bucle al ser alimentado con energía eléctrica de alta frecuencia produce un campo inductivo alrededor del alambre el cual es sensible a la presencia de un objeto metálico. Cuando un vehículo pasa sobre el bucle causa un cambio del campo inductivo, que genera una señal que indica la presencia o el paso del vehículo. En la figura 5 se presentan los componentes del detector de lazo inductivo (FHWA, 2006).

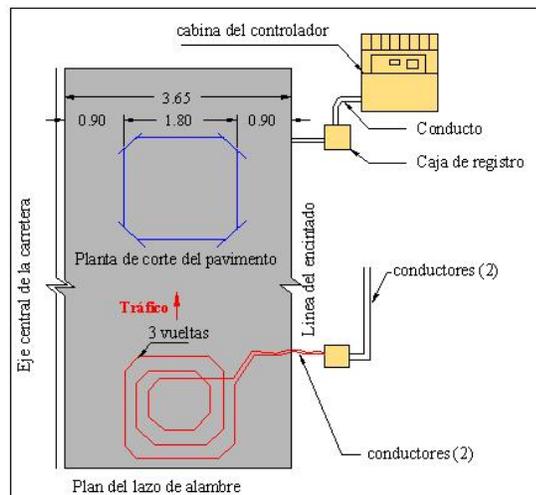


Figura 2.1: Componentes de un detector de lazo inductivo

Los datos que generan los detectores de lazo inductivo son: el paso, la presencia, el volumen y la ocupancia de la vía. A través de un detector no puede medirse directamente la velocidad, la velocidad se mide utilizando dos sensores de lazo o un sensor con un algoritmo para medir la velocidad.

2.2.2 Sensor magnético

Consiste en un dispositivo cilíndrico instalado verticalmente en un agujero perforado en el pavimento usualmente a una profundidad de 0.30 m.

La Tierra tiene un sistema de campo magnético. Este campo magnético tiene una dirección de líneas magnéticas dirigidas al centro de la Tierra. Los sensores magnéticos captan este campo magnético de la Tierra y detectan cualquier distorsión de las líneas de campo. Esta pequeña deformación la puede causar cualquier objeto metálico. En la figura 2.2, se presenta la distorsión de las líneas del campo magnético ocasionada por un vehículo que entra a la zona de detección del magnetómetro.

En el mercado se tienen dos tipos de sensores magnéticos usados para medir los parámetros de flujo de tráfico. El primero son magnetómetros que miden el flujo magnético en dos o tres direcciones, detectan cambios del campo magnético en los componentes horizontal y vertical, identificando la parada y movimiento de los vehículos. El segundo tipo son magnetómetros que detectan solo cambios del componente vertical y con ese identifica el paso del vehículo.

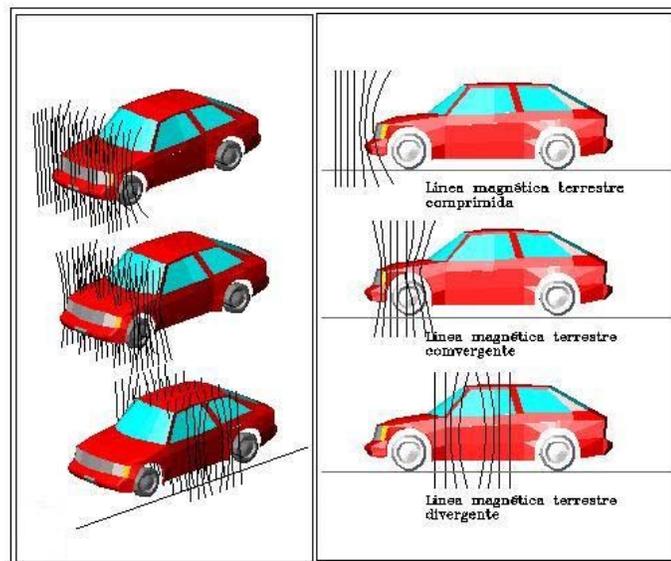


Figura 2.2: Distorsión del campo magnético terrestre creado por el paso de un vehículo

2.2.3 Sensores ultrasónicos

Estos sensores transmiten pulsos de energía ultrasónica a través de la vía. La presencia de un vehículo hace que estas ondas se reflejen resultando en una detección en el sensor.

Los sensores ultrasónicos transmiten pulsos de energía de sonido a una frecuencia entre 25 y 50 KHz, los cuales están dentro de un rango que puede ser oído por el hombre. Estos sensores operan con pulsos de onda de sonido para detectar la presencia, conteo y ocupancia de los vehículos. Los pulsos de onda miden la distancia desde el sensor a la superficie de la carretera y del sensor a la superficie del vehículo. Por diferencia se determina la porción de energía de sonido que determina la presencia de vehículos; si se quiere medir la velocidad se graba el tiempo que tarda el vehículo en cruzar el espacio cerrado creado por el sensor de sonido.

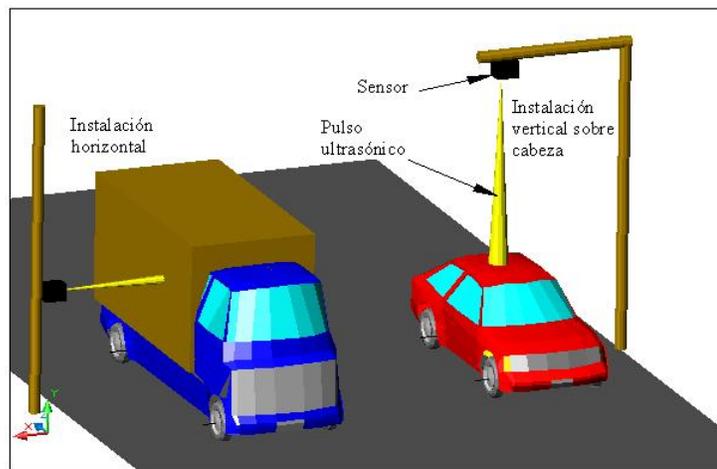


Figura 2.3: Localización de sensores ultrasónicos

Es preferible instalar los sensores con una configuración de un rango de medida de los pulsos entre (0.02 y 2.5 ms) y el periodo de repetición típicamente de 33 a 170 ms. El transductor es el que mide el tiempo que le toma al pulso llegar al vehículo y regresar al transductor.

2.2.4 Procesador de imágenes de video

Las cámaras de video se utilizaron por primera vez en el campo del transporte para manejar la vigilancia de las carreteras. Cuando se utiliza más de una cámara, estas se conectan a través de circuitos cerrados de televisión con la finalidad de ayudar al operador a interpretar la operación. Se da mayor uso a las cámaras en transporte cuando a partir de las imágenes de video se obtiene información típica de estudios de tráfico; esto se realiza utilizando un procesador de imágenes de video (VIP). El sistema de procesador de imágenes está constituido por una o más cámaras, un computador para digitalizar, así como procesar las imágenes y un software para interpretar las imágenes y convertirlas en datos de flujo de tráfico.

El procesador de imágenes detecta al vehículo mediante un análisis de los cambios sucesivos de la imagen. Los datos del flujo de tráfico se obtienen por análisis sucesivos de los cuadros de imagen. Los cuadros de la imagen están compuestos por niveles de color (grupo de píxeles). En ocasiones es necesario remover las variaciones de fondo de la imagen causadas por las condiciones climáticas del lugar. Esto se realiza utilizando algoritmos especializadas como parte del software.



Figura 2.4: Procesadores de imágenes de video

2.3 CONTROLADORES DE TRÁFICO VEHICULAR

2.3.1 Introducción

Las primeras señales de tránsito fueron instaladas en Cleveland - Norte América en 1914. Los primeros semáforos con coordinación electrónica aparecen en Salt Lake City en 1917. Para fines de los años 1950 las intersecciones aisladas o interconectadas eran controladas por controladores electromecánicos de tiempo fijo. En años siguientes el avance de la electrónica crea nuevos componentes y equipos para el control de tránsito, siendo sustituidos los controladores electromecánicos por componentes en estado sólido compuestos por microprocesadores, circuitos integrados y controladores lógicos programables (PLC) (Mueller 1970).

2.3.2 Intersecciones semaforizadas

Una intersección es el encuentro de dos o más vías con movimientos de vehículos diferentes. Los movimientos de vehículos en la intersección no pueden realizarse simultáneamente, por lo que es necesario establecer alguna norma que controle el paso de los vehículos a través de la intersección. Para aumentar así la condición de fluidez y reducir los riesgos de accidentes.

Se consideran intersecciones semaforizadas a las que están reguladas permanentemente mediante sistemas de señales del semáforo que establecen las prioridades de paso por la intersección (Cal and Cardenas 2003).

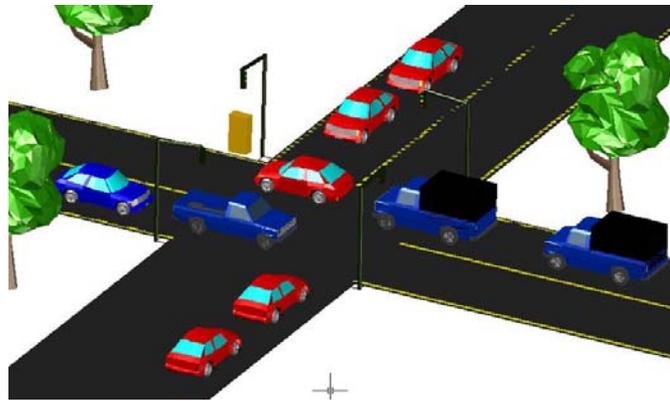


Figura 2.5: Intersección semaforizada

2.3.3 El semáforo

Según Cal y Cardenas (2003) el semáforo es un dispositivo de control de tráfico, que a través de indicaciones luminosas transmite a los conductores, ciclistas y peatones, la dirección de paso en una intersección. De acuerdo al control del tiempo para cada señal pueden ser semáforos de tiempo fijo o semáforos accionados por el tránsito. Según el MUTCD la altura de la señal de semáforo con respecto a la vía es como se puede ver en la figura 2.6.

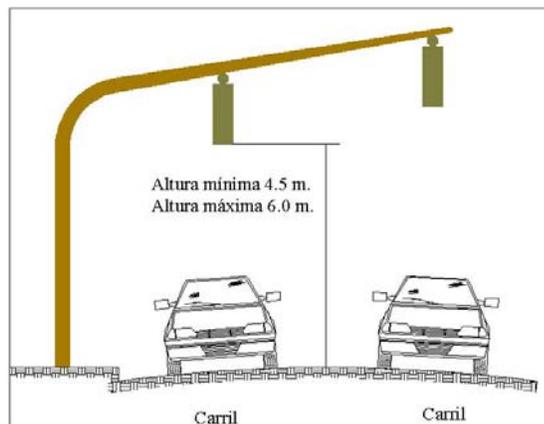


Figura 2.6: Altura de una señal de semáforo

2.3.3.1 Ventajas y desventajas de los semáforos

La correcta instalación y operación del sistema de semáforos genera ventajas, pero la deficiente instalación y/o operación entorpece el tránsito de vehículos y peatones.

Ventajas:

- ❖ Ordena la circulación de tránsito.
- ❖ Reduce la frecuencia de accidentes.
- ❖ Se pueden sincronizar semáforos para mantener una circulación continua en una arterial.
- ❖ Permiten interrumpir periódicamente el tránsito de una arteria, para ceder el paso a vehículos y peatones de vías transversales

Desventajas:

- ❖ Causan demoras injustificadas a usuarios, cuando se tienen volúmenes de tránsito pequeño.
- ❖ Incrementan cierto tipo de accidentes por cambios sorpresivos de las luces y reacciones inadecuadas del conductor.

La mayor cantidad de intersecciones controladas por semáforos la encontramos en zonas urbanas. Estudios recientes determinaron que los vehículos detenidos en las intersecciones esperando el cambio de luz del semáforo causan pérdidas socioeconómicas (consumo de combustible y retrasos del tiempo de viaje). Por ejemplo una adecuada operación del semáforo en intersecciones reduce 10% del retraso en fases con cambio de dirección (FHWA 2004). Un

sistema coordinado de semáforos reduce 10% de los tiempos de viaje comparados con sistemas de semáforos no coordinados. Por tanto es importante la regulación adecuada de los semáforos.

2.3.3.2 Tipos de regulación de semáforos.

De acuerdo a la forma de regulación se tienen los siguientes sistemas de semaforización:

- ❖ Sistemas de ciclo y fases de tiempo fijo - En este tipo de regulación, los tiempos de ciclo y fases se mantienen constantes independiente de las variaciones de tráfico en sus vías de acceso.
- ❖ Sistemas coordinados en ondas verdes - Conjunto de intersecciones con fases prefijadas, pero sincronizadas entre sí, para permitir el movimiento continuo de vehículos en las vías sincronizadas.
- ❖ Sistemas adaptables automáticamente a la demanda - En estos sistemas las fases del ciclo varían en función de los datos de la longitud de colas existentes en cada vía de acceso, que son recibidos y procesados por un ordenador.
- ❖ Sistemas que conceden prioridad de paso al transporte público - Estos sistemas operan mediante detectores en los semáforos y los transmisores en los vehículos que activan la fase verde del semáforo en el instante en que los vehículos de transporte público se aproximan a la intersección.
- ❖ Metros en rampas o semáforos dosificadores (“ramp metering”) – Generalmente se trata de semáforos cuyas fases verdes sólo permiten el paso de un vehículo. El número de fases verdes por ciclo puede dosificar la intensidad de tráfico que pasa por ellos y suele regularse automáticamente en función de la mayor o menor congestión aguas arriba de los mismos. Típicamente se instalan en rampas de acceso a autopistas o autovías.
- ❖ Semáforos accionados manualmente por peatones o ciclistas - En estos semáforos la fase verde se activa al presionar un mecanismo manualmente. Existen también detectores activos que detectan ciclistas o peatones de igual forma que los vehículos.

2.3.3.3 Nueva Tecnología

Típicamente los sistemas de control de semáforos, ya sea de tiempo fijo o accionados por el tránsito, presentan cambios de volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día. Estos cambios se pueden manejar con ajustes continuos en la programación. Una forma de controlar este tipo de operación es instalando cámaras con imágenes de video para obtener información a tiempo real en la intersección y conectarlos a un sistema de control computarizado.

La computadora registra las variaciones de tránsito en forma automática, esta información es analizada por un equipo central para luego tomar la decisión de aplicar el programa adecuado según la condición del tráfico.

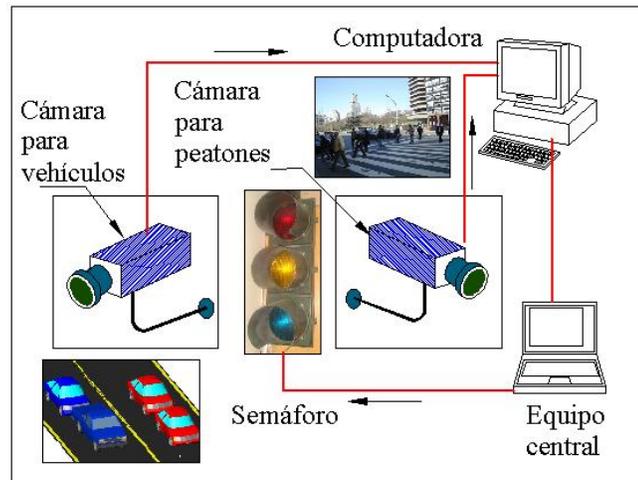


Figura 2.7: Nuevas tecnologías para el control de semáforo.

2.3.4 Controladores de tráfico

Según los escritos de Pline (2001), los controladores de tráfico son equipos de control del sistema de semáforos en una intersección. La principal tarea de los controladores es definir la secuencia ordenada de tiempos de despliegue de luces de cada semáforo, para otorgar el derecho de vía a los vehículos que circulan por cada dirección de la intersección. Estos equipos al principio se diseñaron con una operación electromecánica, el avance de la tecnología y mejoramiento de los servicios ha hecho que estos equipos mejoren su diseño. Los actuales

controladores de tráfico tienen un microprocesador que se programa para reconocer las diferentes señales del sistema de detección y tomar la acción apropiada.

2.3.4.1 Tipos del Control

La selección del tipo de control de una intersección se realiza en función a la ubicación y los volúmenes de vehículos, es así para controladores que regulan el tránsito de vehículos o peatones se tiene:

❖ Controladores de tiempo fijo

Generalmente son del tipo electromecánico, este controlador opera mediante tres elementos, el primero un dispositivo de luces, formado por una serie de contactos de cobre accionados por un árbol de levas, aquí es donde se programa la secuencia de encendido de las luces del semáforo; el segundo es un dispositivo que relaciona el árbol de levas con el reloj divisor de tiempo; el tercer elemento es un dispositivo de sincronización el cual está unido al controlador maestro del sistema para recibir la señal de sincronización.

❖ Controladores actuados

Generalmente son de tipo electrónico, sus dispositivos electrónicos se agrupan formado tres módulos o circuitos. El primer módulo es de carga el cual se encarga de alimentar todos los circuitos electrónicos. El segundo módulo es el de operación este reparte los tiempos de las fases de los semáforos. El tercer módulo es el de control cuya tarea principal es recibir y transmitir las señales del sistema.

2.3.4.2 Coordinación de controladores de semáforo

La coordinación de las intersecciones consiste en programar el encendido de las luces de los semáforos de tal forma que los vehículos puedan atravesar la vía a una velocidad uniforme, para ello es necesario determinar el desfase (“offset”) entre el instante de encendido de las luces verde de los diferentes cruces de las intersecciones.

Un plan de coordinación tiene tres parámetros principales: la longitud de ciclo, la división de fases y el desfase. La longitud de ciclo y la división de fases son específicas para cada

intersección mientras que el desfase es la base para relacionar cada intersección en el sistema. Consecuentemente es esencial que los relojes de todas las intersecciones estén sincronizados al segundo. Esta sincronización será satisfactoria cuando se utilicen tiempos de cierre bastante precisos o interconexiones físicas correctas.

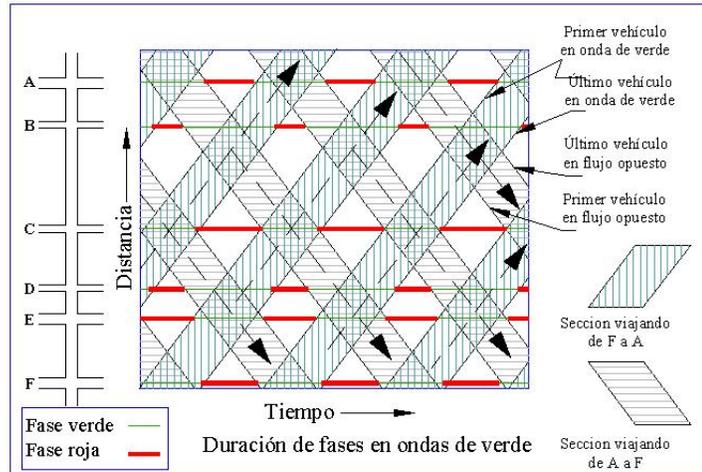


Figura 2.8: Ondas de verde en semáforos continuos

2.3.5 Sistema de lazo cerrado (“Closed Loop System”)

Según la FHWA (2006), el sistema de lazo cerrado es un sistema de control de tráfico distribuido compuesto por una interconexión física de los siguientes componentes: detectores, controladores locales, controladores maestros y computador central tal como se presenta en la figura 2.9. Estos sistemas se utilizan para la programación y sincronización de tiempos del sistema de semáforos en redes y arterias; su operación es mediante tres modos de control los cuales son: control por franja horaria, control manual y control reactivo al tráfico.

El sistema de lazo cerrado tiene seis componentes:

- ❖ Detectores del sistema - Se emplean para detectar el paso de los vehículos.
- ❖ Equipos de control local - Soporte físico en el que se instala la unidad de control, este recibe la señal de los detectores y usa esta indicación para distribuir correctamente los tiempos del semáforo.
- ❖ Comunicaciones entre controlador local y controlador maestro - El controlador maestro accede al controlador local para transmitir los datos de órdenes, para cambiar el plan de señales.

- ❖ Controlador maestro - Es un equipo similar a la unidad de control local cuya función principal es coordinación de un grupo de intersecciones, seleccionar los planes de señales a implementar, procesar y almacenar la información de los detectores.
- ❖ Comunicaciones entre el controlador maestro y el computador central - Suelen utilizarse redes de telefonía para realizar esta comunicación. El contenido de la información de esta comunicación pertenece a uno de los tres tipos siguientes: sincronización de tiempos, ordenes del sistema o transmisión de datos.
- ❖ Computador central - Se utiliza para:
 - ❖ Asignación de hora y fecha.
 - ❖ Observación y seguimiento del estado de cada una de las intersecciones.
 - ❖ Modificación de los datos del controlador maestro.
 - ❖ Modificación de los datos del controlador y de coordinación.
 - ❖ Modificación de los parámetros del sistema.
 - ❖ Monitorización del sistema.
 - ❖ Realización de informes.

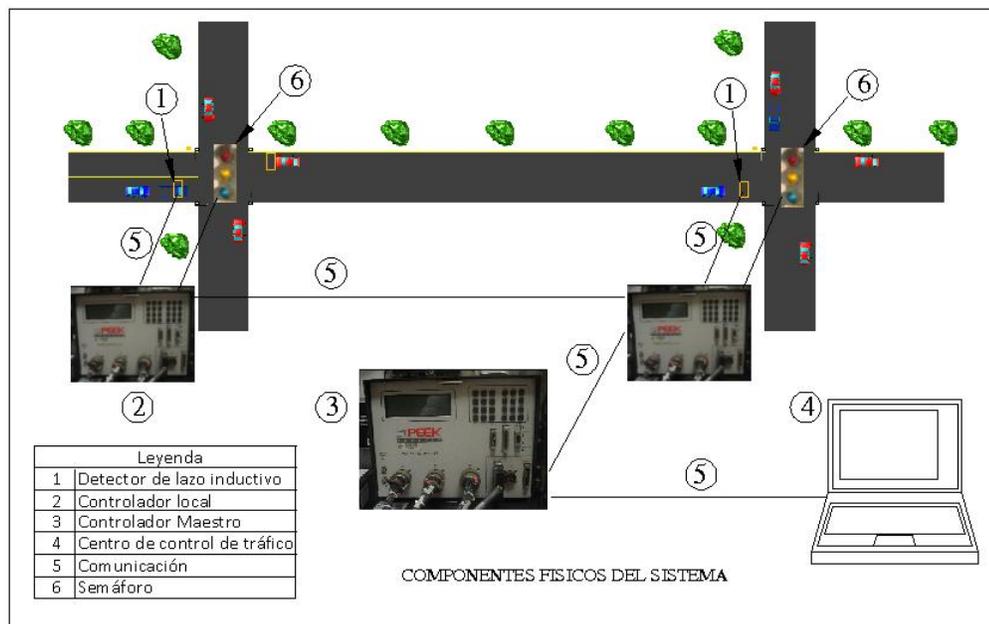


Figura 2.9: Componentes físicos del sistema de lazo cerrado.

2.3.6 El sistema CLMATS

El sistema CLMATS (“Closed Loop Multi-Arterial Traffic Control System”) es un sistema para control de tráfico de múltiples arterias equipadas con sistemas de detección de lazo cerrado, CLMATS es un sistema (software aplicativo), comercializado por la empresa Peek Traffic, que permite al usuario controlar las intersecciones de una región urbana. Diseñado para cubrir el espacio existente entre los sistemas de lazo cerrado y los potentes sistemas de control centralizados. El sistema proporciona tres niveles de operación: central, lazo cerrado local y coordinación local basada en el tiempo. El modo de operación central proporciona al sistema una amplia coordinación que no está limitada a las conexiones físicas a los controladores maestros. El sistema funciona como un sistema de lazo cerrado cuando así se instale o cuando la red de comunicaciones entre el computador central este inactiva. Cuando ocurre pérdida de comunicaciones entre el controlador local y el controlador maestro, los controladores locales actuaran en coordinación basada en el tiempo (Peek 2003).

2.4 SISTEMAS INALÁMBRICOS APLICADOS A TRANSPORTE

El siguiente ítem esta basado en las siguientes fuentes: Axis (2005), Espinosa, Lopez y Garcia (2002), Engst and Fleishman (2003) y SIEMON (2007).

2.4.1 Tecnología inalámbrica

El término inalámbrico hace referencia a la tecnología de conexión sin cables, esta tecnología se basan en el enlace de dos o más terminales mediante ondas electromagnéticas, las ondas electromagnéticas se transmiten utilizando como medio de transmisión el aire. Los tipos de tecnología inalámbrica se diferencian por la frecuencia de transmisión, el alcance y la velocidad; la transmisión de las ondas electromagnéticas están propensas a interferencias, por esta razón se necesita regulaciones que definan el rango de frecuencias y potencias de transmisión.

2.4.1.1 Redes Inalámbricas

Una red inalámbrica es un conjunto ordenadores conectados mediante ondas de radio o luz infrarroja, las redes inalámbricas facilitan la operación donde el ordenador no permanece en un

solo lugar, las velocidades de transmisión alcanzan alrededor de 2 Mbps mientras que las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps.

De acuerdo al área geográfica de conexión del usuario se clasifica en:

- ❖ Red de área personal inalámbrica (WPAN) - Estas redes son de corto alcance, generalmente usado para conectar dispositivos periféricos. La tecnología principal de WPAN es:
 - ❖ Bluetooth - Es una tecnología basada en el estándar IEEE 802.15.1, el cual tiene una característica de transmisión diferente, baja velocidad y corto alcance. Por ejemplo la tecnología Wi-Fi transmite datos a 11 Mbits/s con un alcance de 100 m, uno basado en Bluetooth lo hace a 1 Mbits/s con alcance de 10 m.
 - ❖ La tecnología Home RF - ofrece una velocidad máxima de 10 Mbps con un alcance de 50 a 100m, este fue remplazado por la tecnología Wi-Fi.
- ❖ Red de área local inalámbrica (WLAN) - Es una red que cubre un área local de una empresa con alcance de 100 m. dentro de estos existen varios tipos de tecnologías:
 - ❖ Wi-Fi (IEEE 802.11) - Es una tecnología basada en el estándar IEEE 802.11, el cual conecta dos o mas ordenadores mediante una señal de radio frecuencia, esta tecnología tiene una banda de frecuencia libre (licencia para su transferencia) entorno a 2.4 GHz la velocidad máxima de transmisión es 54 Mbps. Si la potencia del emisor no supera de 100 mW. y se tiene una visibilidad directa de las antenas, el alcance de la señal puede llegar por encima de 30 Km.
 - ❖ Híper LAN 2 - Tiene un estándar europeo que permite alcanzar una velocidad máxima de 54 Mbps en un área aproximado de cien metros
- ❖ Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN) - Se basa en el estándar IEEE 802.16 ofrece una velocidad total efectiva de 10 Mbps con un alcance máximo de 10 Km, útil para compañías de telecomunicaciones. La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMax que alcanza una velocidad de 70 Mbps con un alcance de varios kilómetros.
- ❖ Redes de área extendida inalámbrica (WWAN) - Tiene el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas por lo que se utiliza en redes de teléfonos móviles, las principales tecnologías son: GSM “Global System for Mobile Communication”, GPRS “General Packet Radio Service”, UMTS “Universal Mobile Telecommunication System”.

2.4.1.2 Métodos de acceso al Medio

Hay dos configuraciones básicas para conectar equipos a una red inalámbrica:

- ❖ Modo ad-hoc “Peer to peer” - Es una configuración sencilla, conformada por terminales móviles equipados con adaptadores de comunicación inalámbrica, la comunicación entre estos terminales móviles se realiza con un correcto manejo de frecuencias, estas frecuencias deben estar dentro del rango de cobertura de la señal
- ❖ Modo Infraestructura “Access Point” - Este modo utiliza celdas que son áreas reducidas en donde la señal es efectiva para combinarlas con varias fuentes de emisión y así cubrir áreas mas extensas; los puntos enlace entre celdas se llaman (puntos de acceso), estos son repetidores capaces de doblar el alcance de la red.

Las aplicaciones de las redes inalámbricas en el campo del transporte solucionan muchos problemas, como ejemplo se menciona el problema que ocasiona el control de mercancías y posición de cada unidad de transporte, así como la seguridad y adquisición de datos remotos. Para este último se necesita la ayuda de cámaras y dispositivos de medida conectados a una tarjeta de red inalámbrica.

2.4.2 Transmisión de video

Esta parte de transmisión de video esta basado en las siguientes fuentes: Hsiao (2005), Espinosa, Lopez y García (2002).

La tecnología mas empleada para el manejo de señales de video es el circuito cerrado de televisión (CCTV). El amplio uso de esta tecnología ha creado la necesidad de desarrollar amplios anchos de banda en redes de comunicación. La señal de video se trasmite en dos tipos de formatos: analógico y digital. La transmisión en formato analógico viaja sobre un cable coaxial o fibra óptica mientras que la transmisión de video en formato digital se realiza sobre un cable de pares trenzados o fibra óptica, el video puede ser transmitido en una disposición de banda ancha con alta calidad y movimiento, o como una señal comprimida que ofrece baja calidad de imagen y movimiento. Con la aparición de microprocesadores que manejan mayores anchos de banda y

algoritmos de comprensión de video eficientes, ha sido posible el cambio del sistema analógico al digital, esto crea un nuevo sistema de transmisión de video sobre IP (protocolo de internet) el que permite manejo de señales de video a bajo costo por una red de comunicación.

La aplicación de los sistemas inalámbricos en la comunicación de video reduce el costo por infraestructura. Simplemente se necesita ubicar estratégicamente la posición de las antenas de transmisión. Las cámaras capturan la señal de video y la envían a las antenas de transmisión inalámbricas; la señal transmitida llega al centro de control. Esta transmisión a tiempo real proporciona una importante herramienta de análisis y control.

Los sistemas más utilizados para transmitir la señal de video son: El tradicional Sistema CCTV (circuito cerrado de televisión), el Sistema de Video sobre IP y los sistemas inalámbricos.

2.4.2.1 Transmisión de video sobre fibra óptica para sistemas CCTV

El circuito cerrado de televisión CCTV “Closed Circuit Television” - Es una tecnología de video vigilancia visual diseñado para supervisar una diversidad de actividades. Se denomina circuito cerrado por que todos sus componentes están enlazados, los principales componentes son: cámaras, procesadores, monitores y medios de transmisión, el medio para la transmisión de señales de video análoga es el cable coaxial. Sin embargo cuando se transmite a largas distancias se producen perdidas (atenuación) de la señal de video. Para contrarrestar este efecto de atenuación se utiliza la fibra óptica ampliando de esta forma la distancia de transmisión. Si la transmisión de video se realiza utilizando fibra óptica se necesitan receptores y transmisores de video para el manejo de la señal. En la figura 2.10 se muestra un sistema de CCTV.

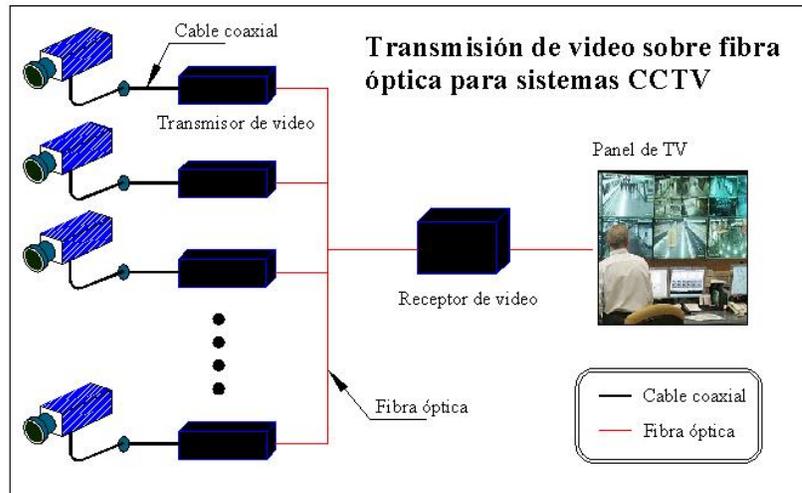


Figura 2.10: Transmisión de video por fibra óptica (CCTV).

2.4.2.2 Transmisión de video sobre IP

La abreviatura IP (“Internet Protocol”) es un protocolo muy utilizado en comunicaciones sobre redes de informática. Se utiliza para la transmisión de señales de video generadas por cámaras sobre la red, esta señal para su transmisión tiene que estar en formato digital. Sin embargo debido al hecho de que los datos del video digital necesitan mayores anchos de banda para su transmisión es necesario comprimir la información antes de ser transmitido.

Actualmente la transmisión de video sobre el protocolo de internet se realiza utilizando cámaras IP con video server el cual es una mejor solución para transformar la señal analógica a una señal digital. Video server incluye dos clases de productos, Video Encoder y Video Decoder. El primero transforma la imagen de video analógica en un formato de video digital comprimido y el segundo, el Video Decoder, transforma los datos de video digital comprimido en una imagen de video analógico; en la figura 2.11 se muestra, una red de transmisión IP con cámaras analógicas y cámaras IP, donde solo las cámara analógicas requieren al inicio un codificador de video para transformar el video a formato digital y comprimirlo para enviarlo por la red ethernet.

Los sistemas de transporte utilizan las transmisiones de imágenes de video IP y tienen la tendencia de integrar el sistema de transporte en un gran sistema de administración con un centro de control de tráfico para centralizar el control y monitoreo.

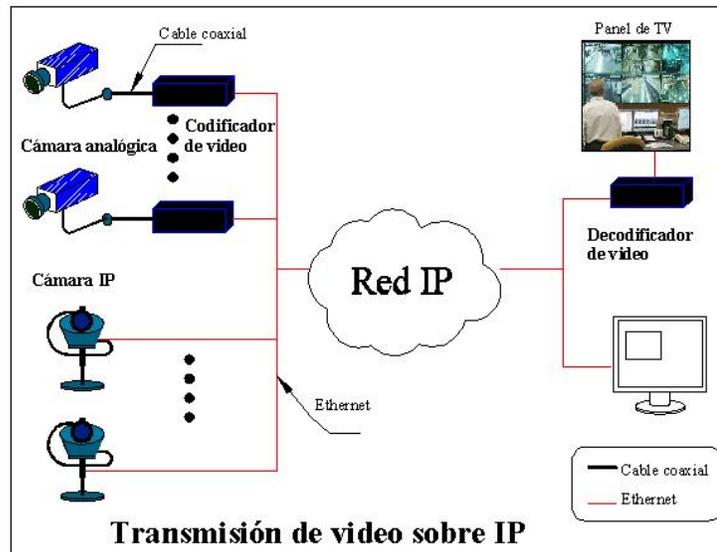


Figura 2.11: Transmisión de video por protocolo de Internet (IP)

Arquitectura del sistema de video sobre IP

La arquitectura típica de un sistema de video sobre protocolo de internet (IP) está compuesta por los transmisores (fuentes de video), los receptores de video y la infraestructura de la red IP; la infraestructura la componen los equipos que permiten la interconexión de los transmisores y receptores, estos equipos en la red local (LAN) son los conmutadores y en la red pública (WAN) son los routers.

Los transmisores o codificadores se encargan de codificar la señal analógica en un formato digital para luego encapsularla en paquetes IP y transmitirla por la red. El papel de los receptores o decodificadores es lo contrario, des encapsula los paquetes IP para decodificar el video digital convertirlo en analógico y luego mostrarlo en un monitor.

2.4.3 Normas para LAN inalámbricas

- ❖ 802.11a - Norma que usa una banda de 5 GHz y proporciona un rendimiento real de 24 Mbps a 30 m/100 pies en entornos exteriores. El ancho de banda teórico es 54 Mbps.

- ❖ 802.11b - La norma proporciona un rendimiento de 5 Mbps a 100 m/300 pies en entornos exteriores. Usa la banda de 2.4 GHz. El ancho de banda teórico es 11 Mbps.
- ❖ 802.11g - La norma que se utiliza habitualmente y ofrece un rendimiento mejorado en comparación con la norma 802.11b. rendimiento real de 24 Mbps a 100 m/300 pies en entornos exteriores. Usa una banda de 2.4 GHz, el ancho de banda teórico es 54 Mbps.
- ❖ 802.11n - La nueva generación de la norma LAN 802.11 inalámbrica. El rendimiento real será superior a 100 Mbps.
- ❖ 802.16 - Wi-Max - (acceso inalámbrico de banda ancha), es una especificación para las redes inalámbricas fijas de banda ancha de acceso metropolitano, que utilizan una arquitectura punto a multipunto. El estándar define 10 GHz, 66 GHz. El 802.16 admite tasas de bits muy elevadas al cargar y descargar desde una estación base a una distancia de 50 Km./ 30 millas.

CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA EL MANEJO DE IMÁGENES DE VIDEO

3.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las áreas metropolitanas aumenta la necesidad de mejorar la infraestructura de transporte y un control permanente del tránsito. El problema de control de tránsito está relacionado al manejo de información la cual requiere de dispositivos modernos que permita su transmisión rápida y económica. Una alternativa de solución es la aplicación de tecnología moderna de comunicaciones (telemática). El desarrollo de transporte unido a la telemática crean los, sistemas inteligentes de transportes, que viene a ser una tecnología capaz de contribuir a la solución del problema del sistema de transporte.

Este capítulo esta basado en las siguientes fuentes: Espinosa, Lopez y García (2002), Sheldon (2004), Axis (2005), FHWA (2006), Suárez (2002) y Steve W. (2003).

3.2 SISTEMAS TELEMÁTICOS Y PROCESO DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 El sistema telemático

La comunicación inteligente concentra la inteligencia capaz de procesar la información y generar resultados finales en forma de servicios para los usuarios; el sistema telemático es el núcleo funcional básico de este conjunto. Para su estudio se descompone en varios elementos que son: las comunicaciones, los equipos de comunicación y los usuarios.

Las comunicaciones, representan el soporte tanto físico como funcional, sobre el que se asientan las posibilidades de transmisión de información de forma eficaz, rápida y segura. La comunicación tiene unas exigencias como la velocidad, la capacidad, seguridad y sencillez.

Los equipos y tecnología telemática, son los componentes físicos que constituyen el armazón coherente del sistema (utilidad tangible).

Los usuarios, son la razón de ser del sistema y son ellos quienes definen los requerimientos exigibles, en diseño y calidad de todos los componentes.

3.2.2 Proceso de Información

Son todos los sistemas de información relacionados con el transporte y sus elementos son: la captación de los datos, el tratamiento de la información y la difusión del mensaje. A continuación se describe cada uno de los elementos:

Captación de los datos puede utilizar medios manuales como son los agentes de policía, personal especializado, o también pueden utilizar medios automáticos como son los detectores, procesadores de imágenes o equipos varios sobre la vía o a bordo del vehículo.

El tratamiento de la información reconoce primero un pre procesamiento de datos que exactamente es la transmisión al centro de control, con un proceso de filtración y compactación de la misma. Luego viene el proceso de la información. Esta comprende la obtención de parámetros, evaluación de datos obteniendo los mensajes y la gestión del mensaje que consiste en monitorización, priorización y actualización del mensaje.

La difusión del mensaje se lleva a cabo mediante métodos convencionales, video, teléfono o puede realizarse mediante medios estáticos o dinámicos (Suárez 2002).

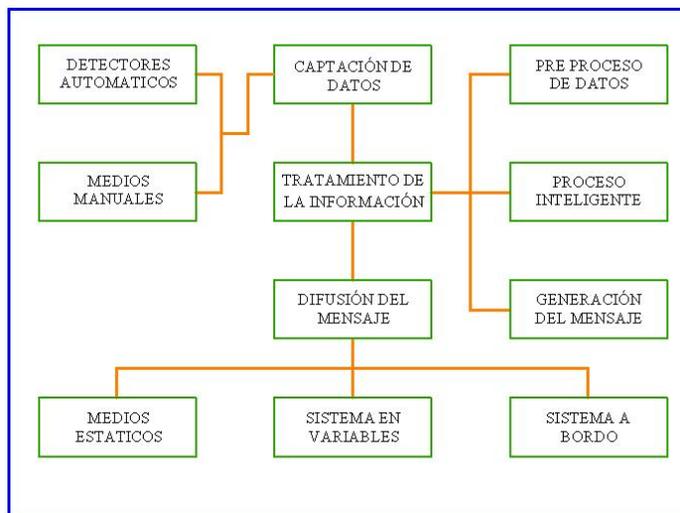


Figura 3.1: Elementos de un sistema de información

3.3 SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Etimológicamente, telecomunicación significa comunicación a distancia. Por comunicación entendemos todo intercambio de información entre seres humanos y/o entre maquinas. El proceso de envío de la información se denomina emisión, el proceso de recogida de la información se denomina recepción y al proceso global se le llama transmisión. Esta se realiza mediante un flujo de energía electromagnética por medios físicos a enormes velocidades haciendo posible la comunicación entre dos puntos de forma casi instantánea.

Los sistemas de transmisión son el conjunto de medios técnicos y protocolos que hacen posible la transferencia a distancia de todo tipo de información. El esquema más simple se refleja en la figura 3.2.

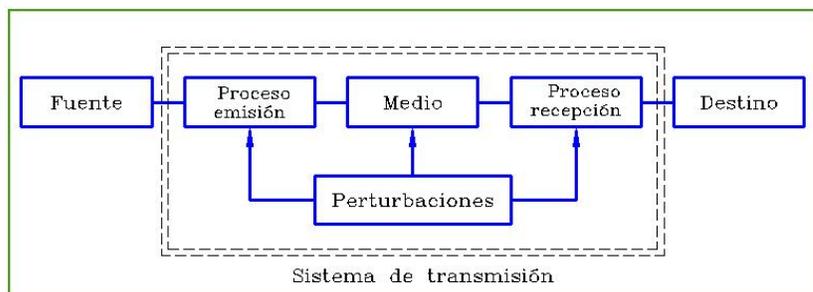


Figura 3.2: Esquema de un sistema básico de comunicación

La información en el origen se transforma a variaciones de tensión e intensidades eléctricas; estas señales se adaptan para su envío al medio físico (medio de transmisión) por un procesador de emisión, el cual ecualiza, limita, modula y codifica la señal eléctrica. Cuando la señal llega a su destino, es sometida por el procesador receptor a una serie de operaciones para convertirla en una señal idéntica a la de entrada al procesador de emisión. Luego esta señal se transforma a signos o sonidos que puedan ser interpretados por el receptor del mensaje.

Los medios de transmisión pueden clasificarse de varias maneras:

Según la naturaleza física:

- ❖ Materiales - sólidos (cable), líquidos (agua) y gaseosos (atmósfera).
- ❖ No materiales – (el vacío del espacio).

En función a la morfología del sistema:

- ❖ Conexiones punto a punto.
- ❖ Redes de comunicación.

Existe un conjunto de influencias no deseadas sobre la señal enviada que son las perturbaciones. Los efectos perturbadores más importantes son:

- ❖ Atenuación - Es la pérdida de amplitud de la señal recibida con respecto a la emitida inicialmente. Para corregir este efecto, se utilizan los repetidores para las señales digitales, mientras que para señales analógicas se emplean los amplificadores.
- ❖ Retardo - Todas las señales se propagan a una velocidad determinada, según la naturaleza de la señal y del medio de transmisión. Pero cuando atraviesan distintos elementos constitutivos del medio de transmisión sufren variaciones en el tiempo de recorrido.
- ❖ Diafonía - Es la resultante de la interferencia de un canal con otro próximo, se produce una señal que es la suma de la señal transmitida con la señal externa atenuada.
- ❖ Ruido impulsivo - Son pulsos irregulares de corta duración y gran amplitud. Provocados por pulsos electromagnéticos producidos por elementos externos (ejemplo: encendido de determinados aparatos electrodomésticos).
- ❖ Ruido térmico - Se debe a agitaciones de electrones en un conductor. Esta agitación es proporcional a la temperatura y se distribuye uniformemente en todo el espectro de frecuencias.

Por lo tanto decimos que un sistema de telecomunicaciones está compuesto por procesadores de emisión y recepción, el medio de transmisión, las perturbaciones y los protocolos. Estos últimos son una serie de reglas normalizadas para realizar la transmisión en forma entendida y teniendo un orden de funcionamiento entre todos los componentes del sistema (Espinosa, Lopez and García 2002).

3.3.1 Sistemas de transmisión

Si en un sistema de telecomunicaciones exceptuamos el origen y destino de las señales, así como el protocolo, resulta el modelo de sistema de transmisión, formado por los procesadores de emisión, recepción y el medio de comunicación.

En función a la direccionalidad de transmisión el sistema de transmisión se clasifica en:

- ❖ Sistema dúplex - La transmisión es posible en dos sentidos simultáneamente. Este sistema es utilizado en telefonía.
- ❖ Sistema semi dúplex - Permite la transmisión en ambos sentidos pero no de manera simultánea; si no es en un sentido, es en el otro. Se utiliza en la comunicación radial (ej: usando radios portátiles).
- ❖ Sistema simples - La transmisión solo es posible en un sentido, siendo este siempre el mismo. Utilizado en la radiodifusión.

Otra clasificación de los sistemas de transmisión obedece a la función de la transmisión de las señales a través del medio:

- ❖ Transmisión analógica - La señal analógica es una onda electromagnética que varía de forma continua. Estas señales se transmiten por una amplia variedad de medios, por ejemplo cables y propagación atmosférica. Su aplicación es en la radiodifusión comercial, el proceso de transmisión se describe a continuación: la tensión entre los conductores de la línea varía en función de la información recogida en el emisor, estas variaciones (tensión, amplitud, frecuencia o fase), son detectadas por el receptor y transformadas de nuevo en la información original, por este motivo la transmisión analógica es denominada transmisión de modulación de la onda portadora.
- ❖ Transmisión digital - Las señal digital es una secuencia de pulsos de voltaje, un nivel de voltaje positivo constante representa el uno binario y un nivel de voltaje negativo representa el cero binario. A continuación se describe el proceso de transmisión: Las variaciones de tensión son transformadas en señales digitales mediante un conversor analógico-digital para su transmisión; en la recepción, estas señales son de nuevo transformadas por un conversor digital-analógico. La transmisión digital envía la información a través de un medio físico, pero esta información digital no puede enviarse

en forma de código binario, esta debe ser codificada a través de un codificador y decodificador.

3.3.2 Servicios de telecomunicación

Un servicio de telecomunicación es la capacidad del proveedor de facilitar un conjunto de medios de telecomunicación a una serie de usuarios que lo soliciten. Sus elementos son:

- ❖ El proveedor es el encargado de gestionar los recursos ofrecidos al usuario, estos recursos no necesariamente tienen que ser propiedad del proveedor.
- ❖ Los clientes son las personas o entidades que contraten al proveedor los servicios de telecomunicación.
- ❖ Los medios de telecomunicación, se clasifican en medios físicos (terminales de usuarios, medios de transmisión, elementos de conmutación, redes) y los medios lógicos (protocolos de acceso al servicio, señalización de red, etc.).

3.3.3 Redes de telecomunicación

Se utiliza cuando se realiza la comunicación entre dos o más terminales mediante una serie de canales de transmisión, dispositivos de comunicación y adecuados sistemas de señalización.

La capacidad del medio para transmitir la información es cuantificado por el ancho de banda, que es la diferencia entre la frecuencia más alta y la más baja de una determinada onda. Cuanto mayor es el ancho de banda más rápida es la transferencia de datos.

En función a la capacidad del medio, se habla de transmisión de banda base o transmisión de banda ancha. Las redes en banda base generalmente trabajan con mayor velocidad de transmisión que las redes de banda ancha, aunque ambas tienen capacidad de transmisión semejantes. Normalmente las capacidades de transmisión se miden en bits/segundo (bps), mientras que el tamaño de una trama, de un paquete o de un fichero se expresa en Bytes.

Tipos de redes

De acuerdo con la tecnología de transmisión, las redes se clasifican en:

- ❖ Redes broadcast (radio difusión).
- ❖ Redes punto a punto.

Según el ámbito de influencia se clasifican en:

- ❖ Redes de área local LAN, (“Local Área Network”).
- ❖ Redes de áreas extensas WAN, (“Wide Area Network”).

3.3.4 Medios de transmisión

3.3.4.1 Transmisión por cable

Los cables son canales de comunicación a través del cual transita la información del emisor al receptor, Existen varios tipos diferentes de cables y su elección depende del ancho de banda, de las distancias de transmisión y el presupuesto disponible.

En definitiva se tienen tres tipos de cables para telecomunicaciones, el coaxial, el de par trenzado y de fibra óptica.

El cable coaxial es un conductor sólido de cobre con una capa dieléctrica de material aislante, esta se encuentra a su vez recubierta de una malla metálica que aísla al conductor central de las interferencias, el conjunto está cubierto por un aislante protector exterior.

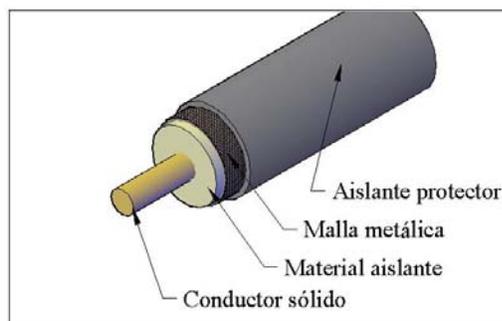


Figura 3.3: Partes de un cable coaxial

El cable de par trenzado está formado por hilos de cobre aislados y cada dos hilos entrelazados entre sí, el conjunto está cubierto con una capa externa aislante de protección, el motivo de trenzar el par de hilos aislados es reducir las interferencias eléctricas con respecto a los pares cercanos. La principal característica que diferencia los distintos tipos de cables de pares es la protección contra las interferencias externas mediante recubrimientos denominados pantallas, así se tiene cable de par trenzado no apantallado UTP, “Unshielded Twisted Pair”, y el cable de par trenzado apantallado STP, “Shielded Twisted Pair”.

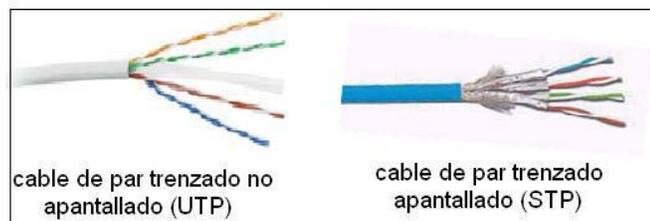


Figura 3.4: Cable de par trenzado

La fibra óptica se define como un filamento flexible de vidrio de alta pureza, con una enorme capacidad de transmisión de rayos ópticos (señales de luz). Un conductor óptico es de forma cilíndrica consta de un núcleo “core”, un recubrimiento “cladding” y la cubierta exterior “jacket” que protege al conductor del medio ambiente.

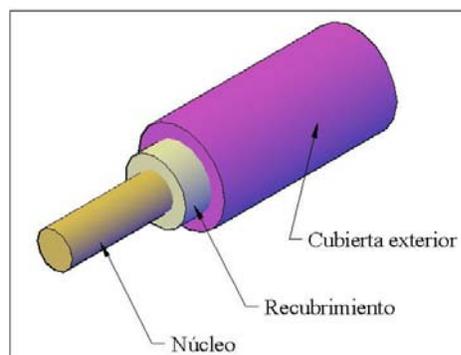


Figura 3.5: Fibra óptica

Un sistema de fibra óptica es similar a un sistema de cableado de cobre, la diferencia es que la fibra utiliza pulsos de luz para transmitir la información en lugar de pulsos eléctricos. En el extremo inicial del sistema se encuentra el transmisor, este acepta la información codificada en

forma de pulsos eléctricos provenientes de la red de cobre, la procesa y convierte en información codificada equivalente de pulsos de luz, los pulsos de luz son canalizados dentro del medio de la fibra óptica a través del cual son transmitidos. Una vez que los pulsos de luz llegan al destino, son recogidos por el receptor óptico quien detecta la luz que incide sobre él y la convierte en una señal eléctrica (Sheldon 2004).

Características del medio de transmisión por cable

Las características de los medios de transmisión son: velocidad de transmisión, costos, atenuación de la señal, diafonía, ancho de banda y impedancia de transferencia a continuación se describe cada uno de ellos: (Espinosa, Lopez and García 2002)

- ❖ **Velocidades de transmisión** - Se mide en bits por segundo, indica la cantidad de datos que pueden transmitirse por un medio de transmisión. Para transmisiones por una red de área local, la velocidad de transmisión es de 100 Mbps. En comparación, el cable de fibra óptica transmite a más de 1 Gbps.
- ❖ **Costo** - El costo está en relación directa con la seguridad de transporte de datos a largas distancias. En función al costo se tiene cables de costo alto, medio y bajo.
- ❖ **Atenuación de la señal** - Mide la pérdida de señal transmitida con la distancia. Esta pérdida aumenta cuando la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia mayor atenuación, se mide en decibelios (dB). La atenuación aumenta cuando existe torsión del cable el nivel permitido de atenuación es de 0.5 dB.
- ❖ **Diafonía** - Se produce cuando la señal de un par se acopla o filtra a otro par, su valor refleja la atenuación de la señal indeseada por lo que cuanto mayor sea el valor de diafonía tanto mejor. Para pares del mismo cable no debe ser inferior a 58 dB.
- ❖ **Ancho de banda** - Describe la capacidad de frecuencia de un sistema de transmisión y es función del tipo de cable, de la distancia y de las características propias del transmisor (ej. un cable de par trenzado de 3 pares tiene una frecuencia de 16MHz. a 100 m).
- ❖ **Impedancia de transferencia** - Es una medida de la efectividad de las pantallas de los cables. Valores bajos de la impedancia de transferencia están relacionados con una mejor

efectividad de la pantalla. (ej. la impedancia nominal para los cable de pares trenzados es 100 ohmios $\pm 10\%$).

Tabla 3.1: Características de los medios de transmisión por cable

Medio de transmisión	Ancho de banda	Capacidad máxima	Capacidad usada	observaciones
Cable de pares trenzado	250 KHz	10 Mbps	9600 bps	Apenas usado hoy en día. Interferencias, ruidos.
Cable coaxial	400 MHz	800 Mbps	10 Mbps	Resistente a ruidos e interferencias Atenuación
Fibra óptica	2 GHz	2 Gbps	100 Mbps	Pequeño tamaño y peso, inmune a ruidos e interferencias, atenuaciones pequeñas. Caras, manipulación complicada.
Microondas por satélite	100 MHz	275 Gbps	20 Mbps	Se necesitan emisores/receptores.
Microondas terrestre	50 GHz	500 Mbps	-----	Corta distancia y atenuación fuerte Difícil su instalación.
Laser	100 MHz	-----	-----	Poca atenuación. Requiere visibilidad directa emisor/receptor.

Tabla 3.2: Comparación de los distintos tipos de cables

	Coaxial	UTP	STP	Fibra
Ancho de banda	Alto	Medio	Medio	Muy bajo
Hasta 10 MHz.	Sí	Sí	Sí	Sí
Hasta 100 MHz	Sí	Cat. 5	Sí	Sí
Canales de video	Sí	No	No	Sí
Distancias Maximias	500 m	100 m	100 m	2 Km (multimodo) 100 Km (monomodo)
Inmunidad interferencias	Media	Media	Media	Alta
Seguridad	Media	Baja	Baja	Alta
Costo	Medio	Bajo	Medio	Alto

3.3.4.2 Transmisión aérea

❖ Sistemas de microondas

En un sistema de microondas se utiliza el espacio aéreo como medio físico de transmisión, la información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy poca longitud, las microondas están definidas como un tipo de onda electromagnética de corta longitud, teniendo un ancho de banda que varía de 300 a 3,000 MHz. Para la comunicación de microondas terrestres se debe usar antenas parabólicas las cuales deben estar alineadas teniendo visión directa entre ellas tal como se aprecia en la figura 3.6.

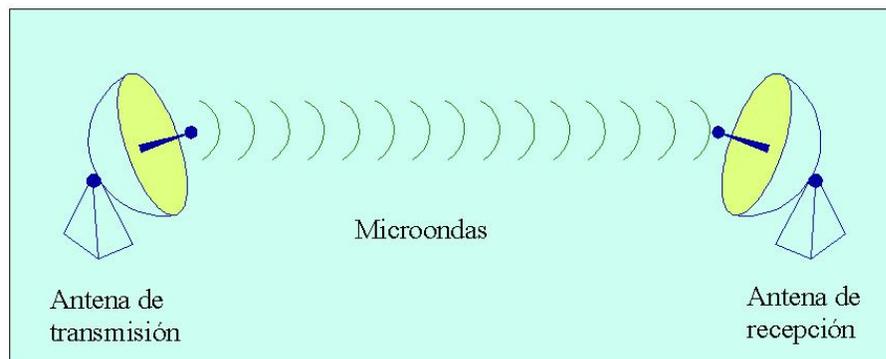


Figura 3.6: Comunicación de microondas terrestre mediante antenas

Microondas terrestres - Se utilizan en sustitución de los cables coaxiales o las fibras ópticas, para la transmisión necesitan antenas alineadas. Se usan para la transmisión de televisión y voz.

Microondas por satélite - La antena de transmisión (emisor) envía la señal al satélite y esta la amplifica o retransmite en la dirección adecuada (receptor). Para mantener la alineación del satélite con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe de ser geostacionario. Este sistema se utiliza para difusión de televisión, transmisión telefónica a larga distancia y redes privadas. En la figura 3.7 se muestra una comunicación de microondas por satélite; donde la señal viaja del transmisor al satélite y de este al receptor.

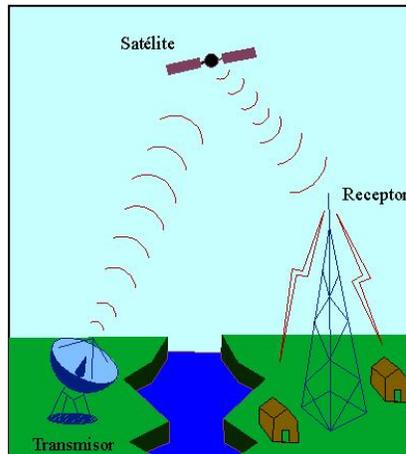


Figura 3.7: Comunicación de microondas por satélite

❖ Sistemas inalámbricos

En el sistema inalámbrico se utiliza como medio de transmisión el aire. La información se transmite en forma de señales de radio frecuencia, la frecuencia de funcionamiento se sitúa en una banda libre en torno a 2,4 GHz, muy cerca de la banda de microondas. Esta banda es libre para una transferencia de datos, siempre que la potencia del emisor no supere los 100 mW de potencia, con este valor se puede alcanzar distancias de 30 kilómetros, tomando en cuenta la visibilidad directa de las antenas.

Existe otra forma de conexión que es el “Bluetooth”, que es un estándar de red de corto alcance que utiliza la banda de 2.4 GHz. similar al estándar 802.11b. Diseñado para una velocidad de 1 Mbps. Bluetooth omite toda la carga de tipo Ethernet del 802.11b para permitir conexiones rápidas entre ordenadores y otros aparatos durante periodos cortos. Un dispositivo inalámbrico puede transmitir datos a 11 Mbits/s a 100 metros, uno basado en “Bluetooth” lo hace a 1 Mbits/s a 10 metros; el mayor alcance de “bluetooth” es de 100 metros. Esta tecnología tiene muchas aplicaciones la mas utilizada es para hacer conexiones de aparatos o hardware de diferente fabricación sin la necesidad de mucha configuración (Engst & Fleishman, 2003).

3.4 ANTENAS

Se define como un dispositivo de material conductor liviano, funcionan como un transductor que transforma las señales eléctricas en ondas electromagnéticas, las antenas irradian las ondas en varias direcciones del espacio (antenas de transmisión) o también interceptan las ondas electromagnéticas convirtiéndolas en energía eléctrica (antenas de recepción). Las antenas tienen características semejantes para ambas tareas de transmisión y recepción.

El transmisor entrega a la antena una señal de corriente alterna. Esta corriente alrededor de la antena produce una radiación simultánea de dos campos perpendiculares entre sí, que toma el nombre de radiación electromagnética, los campos son el campo magnético y el campo eléctrico tal como se puede ver representado en la figura 3.8. (Espinosa, Lopez & García 2002)

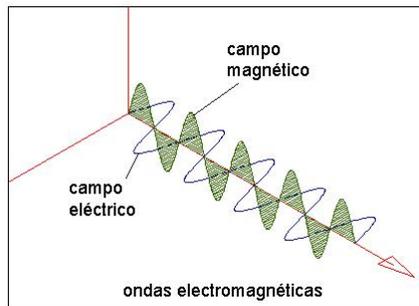


Figura 3.8: Campos de una onda electromagnética

Parámetros básicos de radiación

Las antenas tienen dos tipos de parámetros unas relacionadas con la parte eléctrica y otras relacionadas con la parte encargada de radiar la señal, parámetros electromagnéticos. Los parámetros más importantes son: impedancia, directividad, ganancia, polarización y ancho de banda. A continuación se presenta una descripción de estos parámetros (Espinosa, Lopez, & Garcia, 2002).

Impedancia - Es la resistencia al paso de la corriente eléctrica que la antena tiene en su punto de conexión; Esta impedancia es igual a la impedancia de la línea de transmisión para que haya una máxima transferencia de energía. La impedancia se mide en ohmios y su valor adoptado universalmente para antenas de equipos de radio es de 50 ohmios.

Directividad - Las antenas son capaces de dotar a la onda radiada un componente de direccionalidad, es decir deber emitir o recibir señales de la forma más dirigida posible, sin dispersar la señal. Según este parámetro existen dos grupos de antenas: las antenas omnidireccionales que irradian las ondas en forma casi uniforme en todas las direcciones y las antenas direccionales que concentran la energía en una sola dirección.

Ganancia - Es la concentración de la radiación hacia una sola dirección, la ganancia de las antenas se mide en decibelios. A mayor cantidad de decibelios mejor calidad de la antena. Para medir la ganancia se establece la intensidad en un punto emitido por una antena omnidireccional sin ganancia y la intensidad de una antena direccional, la relación entre estas dos señales se utiliza para obtener la ganancia.

Polarización - Las antenas deben dotar a la onda irradiada de una forma de figura geométrica. Las antenas verticales emiten un campo eléctrico vertical por lo cual se dice que estas antenas están polarizada verticalmente; las antenas horizontales tienen una polarización horizontal. Para todas las antenas, la figura descrita es normalmente una elipse, pero se tienen dos casos particulares cuando la figura descrita es un segmento lineal y cuando es un círculo llamándoseles linealmente polarizada y circularmente polarizada respectivamente. Para que haya una buena comunicación entre dos estaciones, éstas deben tener el mismo tipo de polarización.

Ancho de banda - Cuando es necesaria mayor comunicación y los servicios se hacen más complejos, requerimos entonces un mayor ancho de banda. De esa forma se aumenta la potencia de transmisión. Todas las antenas terrestres tienen anchos de banda menores de 4 GHz.

3.5 MANEJO DE IMÁGENES DE VIDEO MEDIANTE “SOFTWARE”

Los sistemas de visión artificial operan extrayendo solamente información de imágenes estáticas. La operación es relativamente lenta cuando se tiene una gran cantidad de información. Hoy día es posible efectuar procesamiento de imágenes a gran velocidad, procesándose mayor cantidad de información, utilizando algoritmos y software adecuados para este trabajo.

El seguimiento y caracterización dinámica de objetos en movimiento permite la utilización de la visión artificial en aplicaciones como el control de tráfico de automóviles. Puede utilizarse también para aplicaciones de seguridad, donde un operario humano puede distraerse con facilidad.

Se conoce como digitalización a la transformación de una imagen analógica a otra discreta, este es el primer paso para el procesamiento de imágenes digitales. Este proceso consta de dos partes: muestreo y cuantificación.

Un muestreo consiste en una subdivisión de la imagen analógica en porciones conformadas por polígonos regulares como triángulos, cuadrados y hexágonos.

La cuantificación es el proceso de discretización del color, resultando una imagen con un único valor de escala de grises o bien un vector con tres valores por polígono (RGB) que corresponden a la intensidad del color rojo(R), verde (G) y azul (B).

Así la imagen digital está compuesta por una matriz bi-dimensional de valores que representan la intensidad de luz. Matemáticamente la representamos mediante la función $f(x,y)$, donde f representa el brillo del punto (x,y) , x e y representan las coordenadas espaciales de un píxel, (Steve W. 2003).

3.5.1 Propiedades de una imagen digital

Las principales propiedades de una imagen digital son: resolución, definición, número de planos, los espacios de color. A continuación se describe cada uno.

Resolución - Son los números de filas y número de columnas en el que divide la imagen donde el elemento unitario es el píxel.

Definición - Es el grado de nitidez que se puede observar en una imagen y está relacionado con el bit de profundidad n , por tanto un píxel puede tomar 2^n valores diferentes.

Número de planos - Son los números de matrices de píxeles que componen una imagen. A escala de grises una imagen está compuesta de un solo plano, mientras que una imagen a color está compuesta por tres planos.

Los espacios de color - Permiten representar un determinado color en sub espacios con un sistema de coordenadas 3D donde cada color es representado por un punto. Los espacios de color más utilizados son el RGB “Red, Green, Blue”, HSI “Hue, Saturation, Intensity”, CIE “International Illumination Center”, CMY “Cian, Margenta, Yellow”, YIQ “luminance Y, In-phase, Quadrature”. El espacio RGB se representa como un cubo donde los colores rojo, verde y azul se encuentran en la esquina de cada eje tal como se tiene en la figura 3.9, (Steve W. 2003).

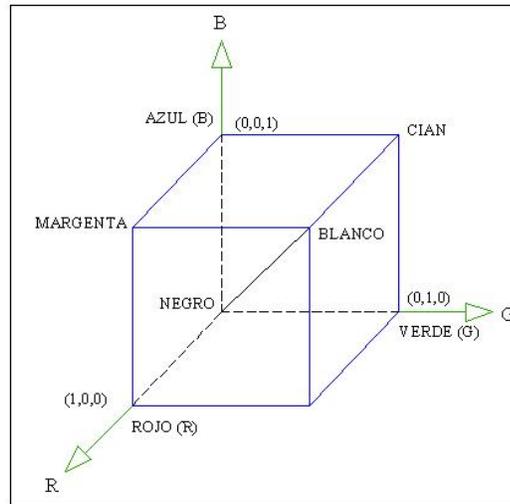


Figura 3.9: Espacios de color RGB

3.5.2 Análisis de imágenes

El estudio de imágenes combina técnicas de proceso estadístico y medidas basadas en las intensidades de la imagen, buscando comprender el contenido de la imagen para seleccionar el tipo de herramienta usado en la inspección, según la aplicación a utilizar.

Procesamiento de imágenes

Son las operaciones desarrolladas sobre un conjunto de datos de imagen para mejorarlas o extraer algún tipo de información útil. Las operaciones principales en el procesamiento de imágenes son: la codificación, la extracción de características, reconocimiento de patrones, y otras. Estas operaciones se expresan en forma de algoritmos y es implementado mediante un software.

Según el tipo de información de entrada y salida se puede clasificar en:

- ❖ Transformaciones de imagen a imagen.
- ❖ Transformaciones de imagen a datos.
- ❖ Transformaciones de datos a imagen.
- ❖ Transformaciones de datos a datos.

Las operaciones que se realizan sobre imágenes que tienen como resultado otra imagen se clasifican en tres: Operaciones puntuales, operaciones locales y operaciones globales.



Figura 3.10: Clasificación de la información según la entrada o salida

Descripción general del sistema de procesamiento de imágenes

Se realiza las filmaciones en campo, utilizando una cámara.

Capturado la imagen de video, esta señal de video se conduce a un computador, manteniendo la buena calidad de la imagen.

Utilizando un programa de edición y conversión de video, se realiza la segmentación del video en imágenes para de esta forma realizar un procesamiento de imágenes.

El programa procesa las imágenes sacando de esta la información útil, en el caso de estudio de tráfico: velocidad, número de vehículos.

Diseño e implementación de un sistema de tráfico vehicular utilizando los datos obtenidos en el procesamiento de imagen, (Steve W. 2003).

3.6 TIPOS DE CÁMARA PARA MONITORES DE TRÁFICO

La cámara es un equipo que genera la imagen de video, este dispositivo captura las imágenes de video y las convierte a señales eléctricas, en otras palabras la cámara es un transductor óptico. Hay muchos tipos de cámaras, cada tipo esta en función de las características y posibles aplicaciones. Por ejemplo en función del tipo de señal a transmitir se tienen cámaras analógicas y cámaras digitales.

3.6.1 Tipos de cámaras

Cámara IP - La cámara IP esta compuesta por una combinación de cámara y ordenador en una única unidad. Esta unidad capta y transmite imágenes directamente a través de una red IP y permite a usuarios autorizados almacenar, visualizar y gestionar video de forma remota y local.

Cámara de red - Es un dispositivo que contiene una cámara, un chip de compresión y un ordenador. Este ordenador es pequeño y esta especializado para aplicaciones de red (servidor web, servidor o cliente de correo electrónico, gestión de alarmas, capacidad de programación).

Una cámara IP no necesita estar conectada a un computador (PC), funciona independientemente y puede colocarse en cualquier lugar donde haya una conexión de red IP, Mientras que una cámara de red necesita estar conectada a un PC para que funcione a través de un puerto de conexión USB.

Cámara analógica - Las cámaras analógicas tienen una portadora de señal unidireccional que finaliza a nivel del usuario y el grabador de video, esto quiere decir que realiza una sola aplicación a la vez.

Una cámara IP es bidireccional, se comunica con diversas aplicaciones en paralelo para realizar varias tareas, tales como la detección de movimiento o el envío de diferentes secuencias de video.

3.6.2 Diferencias entre una cámara de red y una analógica

La tecnología de la cámara IP ha alcanzado la tecnología de la cámara analógica y en la actualidad reúne los mismos requisitos y cumple con las mismas especificaciones. Las cámaras IP incluso superan el rendimiento de las cámaras analógicas, ofreciendo un número de funciones avanzadas como reconocimiento facial, estabilización de imagen, y conexiones inalámbricas, que no se obtienen con una cámara analógica.

Tabla 3.3: Diferencias entre una cámara de red y una analógica

	Sistemas de cámaras en red	Sistema de cámaras analógicas
Acceso	Acceso abierto o cerrado, según sea necesario. El acceso y administración remota de una cámara de red son posibles desde cualquier lugar mediante un navegador Web.	Acceso en circuito cerrado. No existe posibilidad de acceso remoto.
Fácil de utilizar	Puede administrar y ver las imágenes de forma remota mediante un navegador Web estándar en cualquier PC. Las imágenes se pueden guardar en un disco duro, eliminando el desgaste de las imágenes.	No es posible tener administración ni supervisión remota. Las imágenes se almacenan en cintas de video. La grabadora de cintas de video está ubicada cerca de la cámara. Permitiendo el acceso de personas no autorizadas.
Calidad	Las imágenes digitales no pierden calidad en la transmisión ni en el almacenamiento. Una vez creada la imagen no sufre degradaciones.	Se pierde calidad de imagen al usar cables largos y la resolución de una cinta magnética es baja. Además, la calidad de video grabado se deteriora con el paso del tiempo.
Requisitos del sistema	Las cámaras de red incluyen todo lo necesario para transmitir video en directo a través de redes. Puede ver, grabar y administrar las imágenes desde cualquier PC en la red.	Conexión mediante cable coaxial, a un multiplexor, a una grabadora de video y a un monitor CRT (tubo de rayos catódicos) local.
Instalación	Solo tiene que conectar la cámara de red a la conexión de red más cercana y asignarle una dirección IP.	Debe adjuntar un cable coaxial a cada una de las cámaras y conectarlas al multiplexor.
Cableado	Utiliza cable de red UTP (par trenzado sin protección) puede enviar imágenes desde cientos de cámaras de red simultáneamente.	Utiliza cable coaxial. Puede transportar imágenes de video de varias cámaras pero sin simultaneidad.
Escalabilidad	Resulta fácil agregar más cámaras de red al sistema.	Cada una de las cámaras analógicas requiere su propio cable, por lo que es dificultoso agregar más cámaras a la red.
Costo	Normalmente, un cable de red de alta calidad tiene un coste inferior a un cable coaxial estándar. A menudo, ya existe una infraestructura de red, lo que significa que el costo se reduce únicamente al precio de las cámaras de red.	Los cables coaxiales son caros, un cable coaxial tiene un costo entre el 30% a 40 % mayor que de un cable de red. Cada cámara analógica requiere su propio cableado, por tanto es necesario mayor mantenimiento.

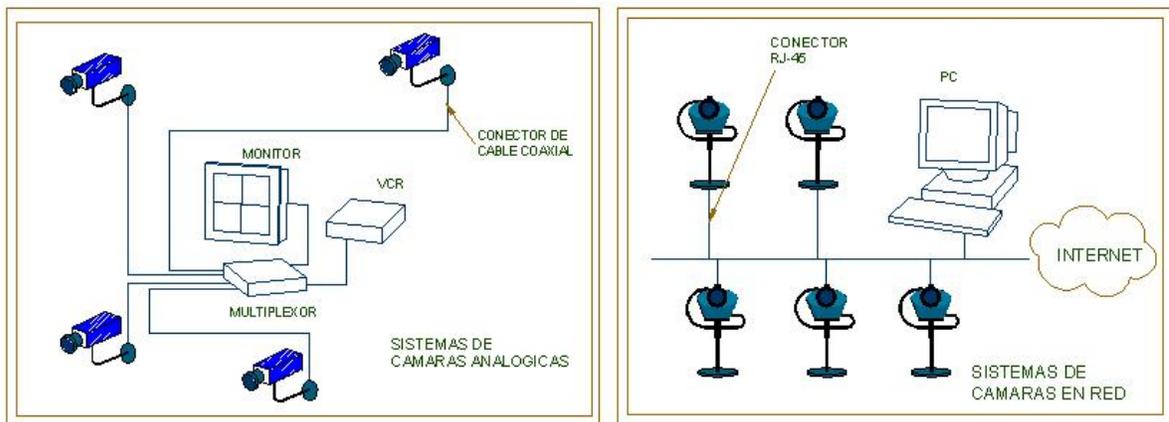


Figura 3.11: Sistema de cámaras analógicas y Sistema de cámaras en red

Operación de una cámara de red

El componente de la cámara de red, captura la imagen (que se puede describir como una luz de distintas longitudes de onda) y la transforma en señales eléctricas. Estas señales se convierten de formato analógico a digital y se transfieren a la función informática, donde la imagen se comprime y se envía a través de la red.

La unidad incorpora todo lo necesario para ver imágenes a través de la red. Las cámaras de red disponen de software integrado para un servidor Web, cliente de correo electrónico. También incluyen otras características, como funciones de entrada de alarmas y salida de retransmisión.

Componentes

El objetivo de la cámara enfoca la imagen en el sensor de imagen. Antes de llegar al sensor, las imágenes pasan por el filtro óptico, que quita la luz infrarroja (IR) para mostrar los colores (verdaderos). El sensor de imagen convierte la imagen, en señales eléctricas. Estas señales digitales eléctricas tienen un formato que puede comprimirse y transmitirse a través de redes. En la figura 3.12 se puede ver los componentes principales de la cámara de red donde la imagen para a través del lente para llegar al procesador para luego ser comprimida para su envío a la red o almacenado en la memoria temporal de la cámara.

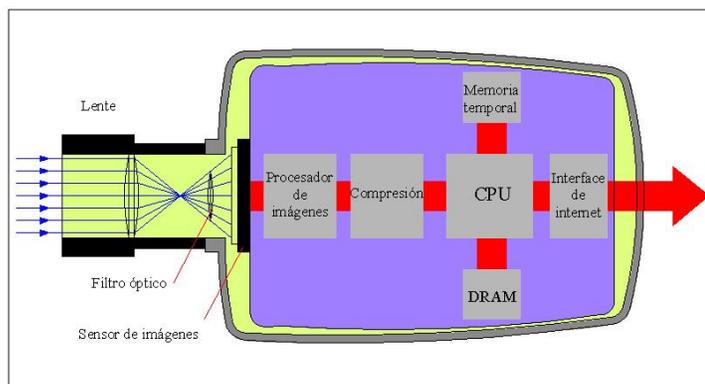


Figura 3.12: Componentes de una cámara

La CPU, la memoria Flash y la memoria DRAM representan el (cerebro) o las funciones informáticas de la cámara y están diseñadas específicamente para aplicaciones de red. Gestionan la comunicación con la red y el servidor Web.

A través del puerto Ethernet, una cámara de red de alta definición puede enviar imágenes directamente a diez o más ordenadores de forma simultánea. Si las imágenes se envían primero a un servidor Web externo, un número ilimitado de usuarios puede ver el video en tiempo real.

3.6.3 Video IP

El video por IP, es un sistema que ofrece la posibilidad de controlar y grabar en video a través de una red IP “LAN/WAN/Internet”. Una aplicación es el video en red IP, que transmite una secuencia de imágenes de video previamente digitalizado a cualquier punto del mundo mediante cables o inalámbrica, permitiendo la monitorización y grabación del video.

Ventajas

Accesibilidad remota - Acceso al video en tiempo real en cualquier momento desde cualquier ordenador. El video puede almacenarse en las ubicaciones remotas, y la información puede transmitirse a través de la red.

Flexibilidad - Las cámaras pueden colocarse en cualquier lugar de la red. No están enlazadas a entradas físicas ni a digitalizadores de video, y pueden conectarse a una conexión LAN, módem o inalámbrica o a un teléfono móvil.

Escalabilidad - La red puede crecer según sus necesidades, añadiéndose cámaras a la red.

Rentabilidad - Se ahorra dinero en la inversión inicial, instalándose una sola red para todas las cámaras, por tanto el mantenimiento de la red es menos dificultoso.

Integración y funcionalidad actualizable - La tecnología digital está cada día más extendida, y sustituye a las soluciones analógicas.

Servidor de video

Un servidor de video permite avanzar hacia un sistema de video IP sin necesidad de descartar el equipo analógico existente. Aporta nueva funcionalidad al equipo analógico y elimina la necesidad de equipos exclusivos como, por ejemplo, el cableado coaxial, los monitores y los DVR. Estos dos últimos no son necesarios ya que la grabación en video puede realizarse utilizando un servidor de PC estándar.

Un servidor de video normalmente dispone de uno a cuatro puertos analógicos para conectar las cámaras analógicas, así como un puerto Ethernet para la conexión a la red. Al igual que las cámaras IP, dispone de un servidor Web integrado, un chip de compresión y un sistema operativo para que las entradas analógicas puedan convertirse en video digital, transmitirse y grabarse a través de la red informática para facilitar su visualización y accesibilidad.

3.6.4 Software de gestión de video

El software de gestión de video que funciona sobre un servidor Unix/Linux o Windows, establece la base para la grabación, análisis y monitorización de video.

Un navegador web estándar proporciona la visualización adecuada para muchas aplicaciones de video IP, utilizando la interfaz web integrada en la cámara IP o el servidor de video, especialmente en aquellos casos en que una o más cámaras se visualizan simultáneamente. Para visualizar diversas cámaras al mismo tiempo tal como se tiene en la figura 3.12, es necesario un software de gestión de video exclusivo. En su forma más simple, ofrece visualización en directo, almacenamiento y recuperación de secuencias de imágenes de video.

Un software más avanzado incluye las siguientes características:

- ❖ Visualización simultánea y grabación de video en directo desde múltiples cámaras
- ❖ Diversos modos de grabación: continua, programada, por alarma y por detección de movimiento
- ❖ Capacidad para manejar altas velocidades de imagen y gran cantidad de datos
- ❖ Múltiples funciones de búsqueda para eventos grabados
- ❖ Acceso remoto a través de un navegador web.
- ❖ Funciones de gestión de alarmas (notificación de alarma, ventanas desplegadas o correo electrónico)
- ❖ Soporte de sistema de audio en tiempo real, full dúplex



Figura 3.13: Software de gestión de video

3.6.4.1 Transporte de datos mediante direcciones IP

Una dirección IP (Protocolo de Internet) - Es un número exclusivo utilizado por los dispositivos para poder identificarse y comunicarse entre sí a través de una red utilizando el estándar de Protocolos de Internet.

IPv6 o la versión 6 del Protocolo de Internet - Ha sido diseñado como una actualización evolutiva del Protocolo de Internet. IPv6 ha sido diseñado para permitir que Internet crezca a un ritmo constante, tanto en términos del número de hosts (dirección de internet única) conectados como de la cantidad total de tráfico de datos transmitidos.

La mejora más evidente de IPv6 respecto a IPv4 - Es que las direcciones IP se amplían de 32 bits a 128 bits. Esta ampliación anticipa el crecimiento futuro de Internet, proporcionando un

número ilimitado de redes y sistemas. Por ejemplo, IPv6 tiene previsto facilitar a cada teléfono móvil y dispositivo electrónico móvil su propia dirección.

3.6.4.2 Protocolos de transporte de datos para video IP

El protocolo más habitual para transmitir datos en redes informáticas en la actualidad es el conjunto de protocolos TCP/IP “Transmission Control Protocol/Internet Protocol”, que actúa de (portador) para muchos otros protocolos. Los protocolos para la transferencia de video IP son:

Tabla 3.4: Protocolo de transporte de datos de video IP

Protocolo	Protocolo de transporte	Puertos	Uso común	Uso de video en red
FTP File Transfer Protocol	TCP	21	Transferencia de ficheros a través de Internet/Intranets	Transferencia de video desde una cámara de red o servidor a un servidor FTP o a una aplicación
SMTP Send Mail Transfer Protocol	TCP	25	Protocolo para envío de e-mails.	Una cámara de red o servidor puede enviar imágenes o notificaciones de alarma utilizando sus clientes integrado de e-mails.
HTTP HyperText Transfer Protocol	TCP	80	Utilizado para navegar en la web, para recibir páginas web de servidores web	El modo más común de transferencia de video desde una cámara de red o servicio de video, proporcionando video al usuario o servidor de aplicación
HTTPS HyperText Transfer Protocol over Secure	TCP	443	Utilizado para acceder a páginas web de forma segura utilizando encriptación.	La transmisión de video desde una cámara de red puede ser utilizada para autenticar los envíos de la cámara utilizando certificados digitales X509
RTP Real Time Protocol.	UDP/TCP	No definido	Formato de paquetes estandarizado RTP para el envío de video y audio a través de Internet. Video conferencias.	Un modo común de transmitir video en red MPEG. La transmisión puede ser unicast (uno a uno) o multicast (uno a varios)
RTSP Real Time Streaming Protocol	TCP	554	Utilizado para configurar y controlar sesiones multimedia a través de RTP	

IP utiliza dos protocolos de transporte: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP). TCP ofrece un canal de transmisión fiable, y gestiona el proceso de convertir grandes bloques de datos en paquetes más pequeños, adecuados para la red física y garantiza que los datos enviados se reciban. Por otro lado UDP, es un protocolo que no garantiza la entrega de los datos enviados, dejando así todo el mecanismo de control y comprobación de errores a cargo de la propia aplicación.

En general, TCP se utiliza cuando se prefiere una comunicación fiable. La fiabilidad de TCP a través de la retransmisión produce retrasos significativos. Por otro lado, UDP no ofrece retransmisiones de datos perdidos y, en consecuencia, no produce mayores retrasos.

3.6.4.3 Métodos de transmisión para video IP

Existen distintos métodos para transmitir datos en una red informática:

- ❖ Unidifusión “Unicasting” - El remitente y el receptor se comunican a un nivel de punto a punto. Los paquetes de datos son dirigidos únicamente a un receptor y ningún otro ordenador en la red necesitará procesar esta información.
- ❖ Multidifusión “Multicasting” - Comunicación entre un único remitente y múltiples receptores en una red. Las tecnologías multidifusión se utilizan para reducir el tráfico de la red cuando numerosos receptores desean visualizar la misma fuente de forma simultánea. La mayor diferencia en comparación con la unidifusión es que la transmisión de video debe enviarse una sola vez. La multidifusión se utiliza habitualmente junto con las transmisiones RTP.
- ❖ Retransmisión “Broadcasting” - Una transmisión de uno a todos. En una LAN, las retransmisiones normalmente se restringen a un segmento de red determinado y no se utilizan para transmisiones de video en red.

3.6.5 El sistema de video detección Autoscope

Es una marca de una tecnología moderna que nos permite mejorar el problema de control de tránsito sin necesidad de detectores físicos en el pavimento. Esta tecnología de detección de vehículos por video cámaras recolecta datos de tráfico a gran escala. La tecnología de tratamiento de las imágenes de video desarrolla oportunidades complejas como la detección de vehículos y extracción de parámetros de tráfico a tiempo real utilizando las imágenes de tráfico generadas por la cámara de video. Autoscope tiene desarrollado un sistema de detección que maneja múltiples imágenes de video, intentando asemejarse a la visión artificial. Un sistema de visión artificial para la detección de vehículos consiste en una cámara electrónica con una vista a una sección de carretera a fin de capturar imágenes de video. A partir de las imágenes captadas se determina a tiempo real la presencia o paso de vehículos y otros parámetros derivados como la composición de tráfico, la longitud de cola, la velocidad, etc.

Autoscope ha resuelto varios problemas relacionados con el monitoreo del sistema de transportes tales como: (Autoscope 2003)

- ❖ Su adaptación automática a una variedad de carreteras, hacen del sistema más fiable y autónomo. Permite un ajuste automático a cualquier tipo de calzada sin la intervención de ningún tipo de operador.
- ❖ Las operaciones en ambientes con problemas de iluminación (sombras y reflexión). Haciendo una diferencia del vehículo con cualquier artefacto.
- ❖ Operaciones con congestionamiento y vehículos detenidos. En el enfoque Autoscope solo se actualiza cuando los vehículos no están presentes.
- ❖ La capacidad para manejar cualquier número, tamaño y forma de detectores dentro del campo de visión de la cámara.
- ❖ La programabilidad, costo efectivo y el funcionamiento a tiempo real

Funciones y operación de Autoscope

Este sistema puede detectar el tráfico en muchos puntos dentro del campo de visión de la cámara (monitor que muestra la escena del tráfico). Los sitios de estudio son especificados por el usuario mediante líneas de detección a lo largo o perpendicular a los carriles de la carretera, las líneas de detección no están físicamente colocadas en el pavimento, solo están en el monitor.

Cada vez que un vehículo cruza estas líneas de detección (presencia o paso) se generan una señal por el dispositivo, esta señal es similar a la producida por los detectores de lazo inductivo.

Las principales ventajas de este tipo de detección son:

- ❖ Una sola cámara puede sustituir a muchos detectores de lazos inductivos.
- ❖ Los detectores virtuales, no utilizan áreas de detección física.
- ❖ En la detección por video imágenes los detectores virtuales se instalan sin interrumpir las operaciones de tráfico.
- ❖ La configuración de los detectores se modifica utilizando el software que trabaja junto al procesador de imágenes.

Esta parte del proyecto fue traducido y resumido de la siguiente fuente (Autoscope 2003).

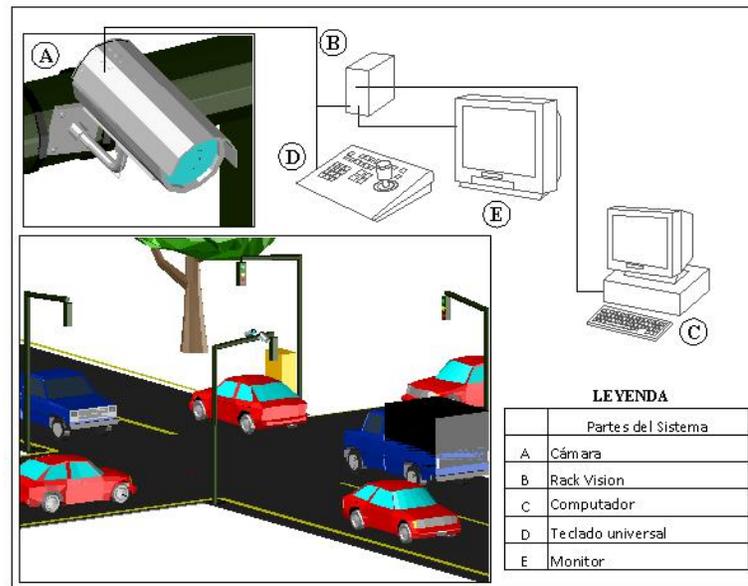


Figura 3.14: Sistema Autoscope para el control de tránsito

Comparación de tecnología de video con tecnología física

La tecnología de detección de vehículos mediante imágenes de video tiene ventajas respecto a la tecnología física, pero a la vez tiene también desventajas las cuales a manera de comparación general se enuncian a continuación:

Desventajas y Ventajas Comparativas:

- ❖ Los detectores de video son seriamente afectados por condiciones ambientales tales como viento, lluvia, nieve y reflexión de luz solar. Estas condiciones afectan el trabajo del procesador de imágenes ocasionando errores de detección; mientras que un detector físico tiende a ser más eficiente en condiciones ambientales adversas.
- ❖ Cada detector virtual en las imágenes de video necesita un tiempo de reacción (actualización de su estado), el cual también es un problema con procesadores de imagen con reacción lenta (antiguos procesadores), ya que los vehículos que corren muy próximos no son detectados; el tiempo de reacción en sensores físicos es más corto.
- ❖ Cuando se tienen movimientos continuos de vehículos a baja velocidad sin detenerse los procesadores de imagen tienden a realizar conteos de más, detectando al vehículo repetidas veces. Esto se debe a que el vehículo que realiza movimientos muy lentos se confunde con movimientos discontinuos de corta duración.
- ❖ La posición de la cámara con respecto a la vía de rodaje de la carretera afecta la correcta configuración de los carriles, generalmente se debe colocar la cámara en lugares con amplio campo de visión de los carriles en estudio; mientras que los detectores físicos tienen regiones de detección fija.
- ❖ El costo de instalación y mantenimiento a largo plazo es mayor para la tecnología física respecto al sistema de video detección.
- ❖ La tecnología de detección física solo detecta el flujo en un punto de la carretera, mientras que la tecnología de video detección tiene un área amplia, donde se pueden ubicar varios detectores según el campo de visión de la cámara.
- ❖ La tecnología de video detección tiene una información visual a tiempo real de lo que sucede en el lugar de estudio, mientras que la tecnología física esta limitada a solo datos.

CAPÍTULO 4. CONTROLADOR LOCAL DE SEMÁFORO

4.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo está basado en las siguientes fuentes bibliográficas: S.T.M. (2008), Mn/DOT (2005), FHWA (2004) y Peek (2008).

Uno de los objetivos principales del diseño de sistemas de semáforos es la seguridad de conductores y peatones en una intersección. Esto se consigue controlando los tiempos de despliegue de las luces del sistema de semáforos, de tal manera que durante un intervalo de tiempo se asigna el derecho de vía (luz verde) a un grupo de maniobras y en intervalos consecutivos se autorizan las maniobras conflictivas. Los principales tipos de control de la operación de sistemas de intersecciones semaforizadas son tres: tiempo fijo, semi-actuado y totalmente actuado.

Los sistemas de tiempo fijo son los más simples. Típicamente se recomiendan para controlar intersecciones donde las variaciones de intensidad de circulación de vehículos se adaptan a un programa previsto, reduciendo demoras o congestionamientos excesivos. En sistemas semi actuados el derecho de paso usualmente está asignado a la arteria principal y se transfiere a la calle transversal de acuerdo a la demanda detectada. En sistemas totalmente actuados se instalan sistemas de detección en todo los accesos, de tal manera que el derecho de paso se otorga en función a la demanda registrada por los detectores.

Los tres componentes principales de un sistema de semáforos actuado son: un sistema de detección, una unidad de control y un sistema de semáforos. El sistema de detección determina si hay tráfico presente y envía una señal a la unidad de control para indicar la presencia o el paso de vehículos en cada acceso. La unidad de control usa esta indicación para distribuir los tiempos del semáforo. Los semáforos se controlan directamente por la unidad de control que envía las señales apropiadas a las caras de los semáforos. La figura 4.1 presenta la interacción de los componentes principales de un sistema de control de tráfico actuado.

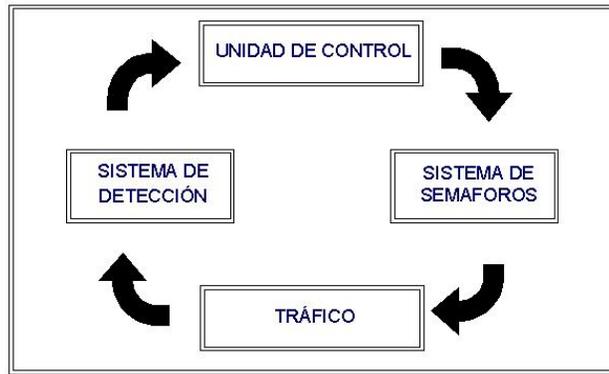


Figura 4.1: Componentes principales de un sistema de control de tráfico actuado

4.1.1 Sistemas de detección

Existen diferentes sistemas de detección, el más común durante mucho tiempo fue el lazo inductivo, que consiste de dos a tres vueltas de alambre conductor colocadas por debajo del pavimento de la calle (Pline 2001). Estos lazos usualmente se conectan al controlador por un alambre conductor. Cuando un vehículo se mueve sobre los lazos, causa un cambio significativo en la inductancia, este cambio del campo electromagnético genera una señal que indica la presencia o el paso del vehículo por el detector. La figura 4.2 muestra el sistema de detección de lazo inductivo.

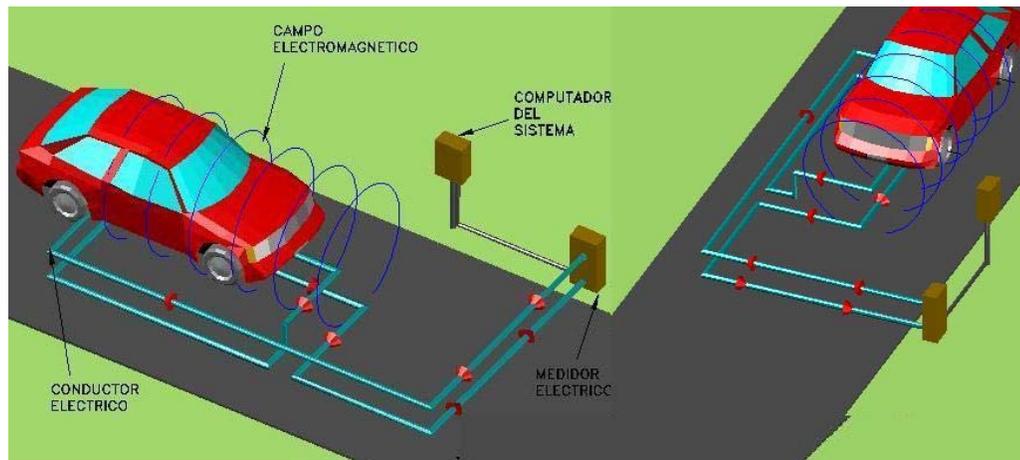


Figura 4.2: Sistema de detección de lazo inductivo

Otro tipo de sistema de detección es la tecnología de radar. Un radar de transmisión y recepción se instala sobre una estructura ligera, dirigido hacia la localización deseada. Cuando un vehículo se mueve bajo este radar, se reflejan las ondas de transmisión electromagnéticas del vehículo que son detectadas por el receptor. El receptor manda una señal de entrada al controlador para indicar la presencia o el paso del vehículo. Este sistema es económico pero tiene poca exactitud para la detección de vehículos en varios carriles.

Los últimos avances de sistemas de detección usan tecnología de video para determinar el tráfico presente. Las cámaras de video están permanentemente enfocadas a las regiones de la carretera donde se quiere realizar el estudio. La detección del movimiento del vehículo en esas regiones se realiza mediante el procesamiento de las imágenes de video capturadas por la cámara, los cambios sucesivos de la imagen son almacenados utilizando detectores virtuales que son ubicados en una posición fija de la imagen de estudio, la configuración de estos detectores es realizado por el software del procesador.

Usos de la imagen de video

Recientemente para incrementar la seguridad de los conductores y reducir la incidencia de accidentes causados por conductores que cruzan las intersecciones cuando el semáforo está en rojo, se creó el sistema de cámaras de paso en luz roja “Red Light running”. Este sistema ofrece la posibilidad de capturar imágenes del conductor así como la tablilla del vehículo que desobedece la señal de derecho de paso. Estos sistemas ofrecen ingresos potenciales e incrementan la seguridad a los conductores y peatones, la desventaja es que son muy costosos y las condiciones ambientales (exceso de lluvias, insolación y nieve) causan problemas a la detección de video. En la figura 4.3 se muestra una cámara de detección de paso en luz roja.

Adicionalmente algunos sistemas nuevos también cuentan con un receptor de radio frecuencia que detecta señales de vehículos de emergencia dándoles prioridad al otorgar el derecho de paso.

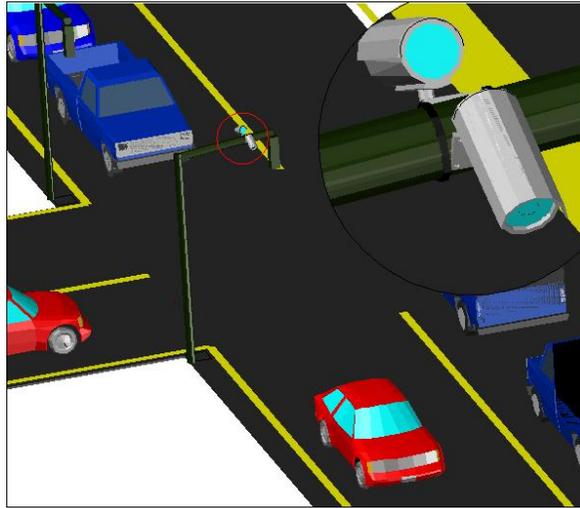


Figura 4.3: Cámara de detección de paso en luz roja

4.1.2 Unidades de control

Las unidades de control al principio fueron diseñadas para operar en forma electromecánica. Este tipo de unidades tiene un motor que da movimiento a un árbol de levas para determinar el despliegue de luces del semáforo.

Las unidades de control del sistema de tráfico actual típicamente tienen un microprocesador el cual se programa para reconocer las diferentes señales del sistema de detección y tomar la acción apropiada. La unidad de control es estándar y se puede programar a nivel local para cada calle de la intersección, cuando se recibe una señal de petición del derecho de paso, el controlador sitúa la petición en una cola. El microprocesador constantemente trabaja a través de las colas asignándole una mínima cantidad de tiempo a cada petición de derecho de paso.

Otro componente importante de los controladores es el monitor de conflictos. Esta unidad adicional monitorea constantemente la salida de las señales del controlador asegurando que no haya conflictos entre ellas. Si ocurre un error dentro de la unidad del controlador y se detecta un conflicto en la autorización de movimientos, el monitor de conflictos se hace cargo del control y fuerza a operar el semáforo de acuerdo a una condición pre-programada de despliegue de luces del semáforo. Esta operación protege a los conductores de fallas del controlador. La unidad del monitor de conflictos puede también responder cuando falla el suministro de energía eléctrica.

4.1.3 Mejoramiento de los semáforos

Los semáforos son dispositivos electromecánicos utilizados para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones en una intersección. Los semáforos utilizan señales visuales de luces de colores estandarizados como son el verde, el amarillo y el rojo, que respectivamente indican paso, precaución y parada. Actualmente para mejorar la eficiencia de los semáforos, las bombillas incandescentes son remplazadas por un arreglo de diodos LED “Light Emitting Diode”. Los diodos LED tienen un tiempo de vida más largo, reducen el consumo de energía, y son más amigables al medio ambiente, esta variación en grandes ciudades origina un ahorro económico substancial. (Cal & Cardenas 2003)

4.1.4 Sistema de lazo cerrado (“Closed Loop System”)

La interconexión física denominada sistema de lazo cerrado “Closed loop System”, es un sistema de control de tráfico distribuido compuesto por: detectores, controladores locales, controladores maestros y computador central.

Estos sistemas son preferibles para la programación y sincronización de tiempos del sistema de semáforos en redes y arterias, poseen un mecanismo que permite cargar y descargar fácilmente los planes de programación correspondientes a cada intersección de la red. Una característica básica de estos sistemas es que disponen de un mecanismo de comunicación bidireccional.

El sistema de lazo cerrado opera mediante tres modos de control que son: control por franja horaria, control manual y control reactivo al tráfico. En el control por franja horaria, la unidad de control selecciona e implementa automáticamente un plan de señales previamente establecido y ejecuta su secuencia según sea la franja horaria. En el control manual el operador del sistema especifica el plan de señales a aplicar así como su secuencia de ejecución desde el computador central. En el control reactivo al tráfico, el computador selecciona automáticamente el plan de señales a ejecutar que mejor se adapta a las condiciones del tráfico. Esta selección se realiza por medio de técnicas de contraste de los datos tomados en tiempo real respecto a unos patrones de comportamiento de flujo de tráfico.

El sistema de lazo cerrado tiene seis componentes:

- ❖ Detectores del sistema
- ❖ Equipos de control local
- ❖ Comunicaciones entre controlador local y controlador maestro.
- ❖ Controlador maestro.
- ❖ Comunicaciones entre el controlador maestro y el computador central.
- ❖ Computador central.

La figura 4.4 presenta un esquema con los componentes principales de un sistema de lazo cerrado.

Para una operación efectiva del sistema de lazo cerrado se deben implementar y definir cuidadosamente los siguientes parámetros: tiempo de despeje de vehículos, tiempo de despeje de peatones, ubicación – operación de los detectores, control de tiempos de coordinación y planes de coordinación.

Los semáforos se coordinan para manejar el aumento del tráfico a través del sistema. Un plan de coordinación de semáforos tiene tres parámetros principales: la longitud de ciclo, la división de fases y el offset. De los tres parámetros el más importante es la diferencia de tiempo entre los comienzos de verde de dos intersecciones continuas “offset”. Para cada intersección, la longitud de ciclo y las divisiones de fase son específicas. Mientras que el offset es importante para relacionar las intersecciones del sistema. El offset se programa en forma efectiva cuando está referenciado a un mismo instante de tiempo y la longitud de ciclo para todos los controladores del sistema sea la misma. Consecuentemente, es esencial que todos los relojes de las intersecciones estén sincronizados con una precisión al segundo. Esta sincronización se puede realizar por una evaluación directa del tiempo de cierre o una interconexión física.

Una vez que los controladores locales estén interconectados a cada intersección del sistema, un controlador maestro puede ser instalado para manejar la señal sincronizada. El controlador maestro también se utiliza para llamar los planes de coordinación, de tal manera que todas las intersecciones corran con el mismo plan. Muchos vendedores de controladores de semáforo tienen desarrollado un software para sus controladores. Este software se puede utilizar para acceder a cada controlador individualmente a través de una conexión modem o conexión directa.

La interconexión de controladores locales con el controlador maestro y el computador se conoce como el sistema de lazo cerrado “closed loop system” (FHWA 2004).

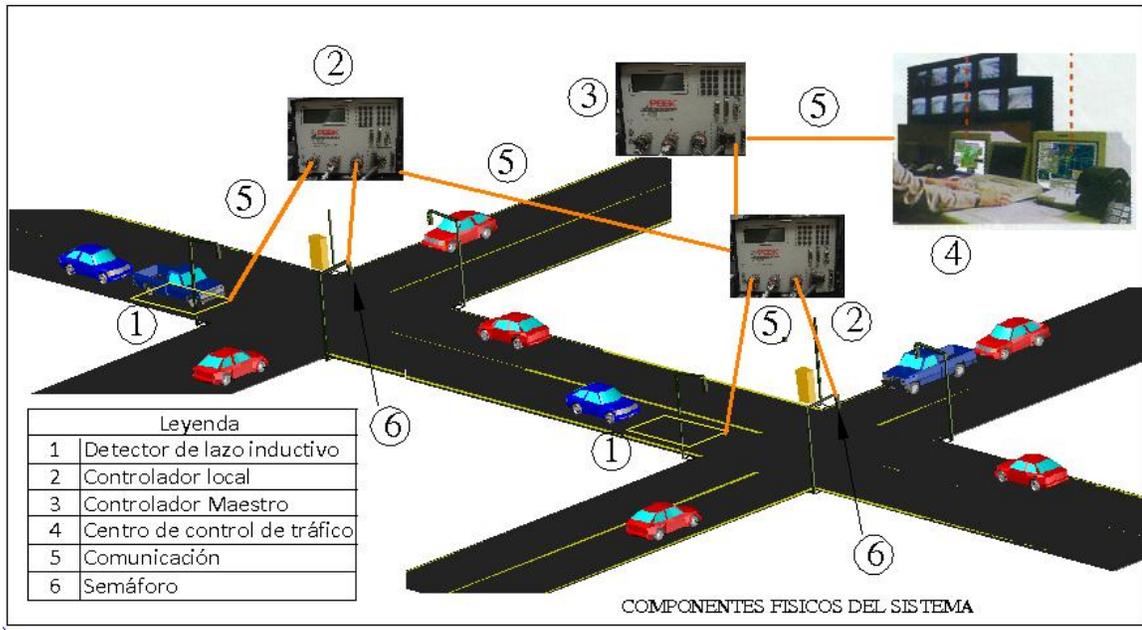


Figura 4.4: Componentes físicos del sistema de lazo cerrado.

Ubicación de los detectores dentro del sistema

La correcta ubicación de los detectores ayuda a la determinación del tipo de medida que quiere obtenerse, entre las principales medidas que puede hacer un detector de lazo inductivo se tiene: Presencia de vehículos, clasificación de vehículos (mediante técnicas de reconocimiento de patrones), velocidad de vehículos, presencia de vehículos o ocupación de los detectores, Intervalos de tiempo entre vehículos.

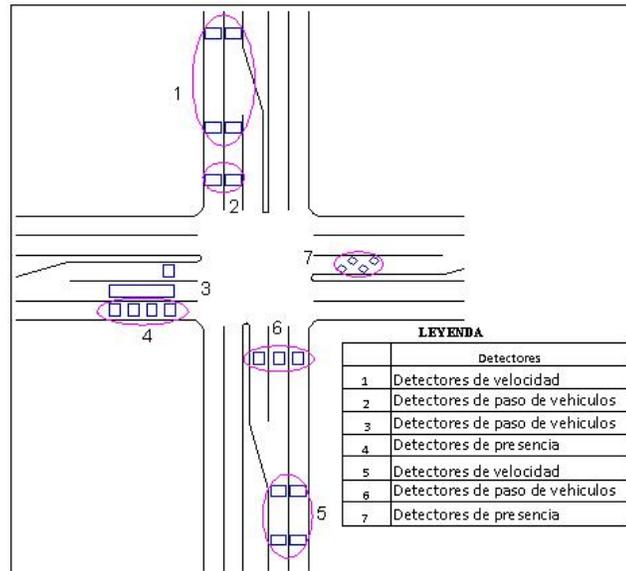


Figura 4.5: Configuración típica para detectores en una intersección

Utilizando la geometría de una intersección se ubican los detectores de lazo inductivo de acuerdo a la información que se quiere medir. En la figura 4.5 **Error! Reference source not found.** se tiene algunas aplicaciones principales de los detectores de lazo; para medir la velocidad (1), los detectores (2) miden el número de vehículos, los detectores (3) y detectores (4) se utilizan para medir la presencia de vehículos, para mediciones de velocidades máximas de paso se ubican los detectores como en (5), para medir el paso de vehículos (6), se tiene también posiciones de detectores en forma de diamante (7) para señalar la presencia de vehículos (Amable 2000).

Los datos obtenidos por los detectores de lazo inductivo pueden presentar inexactitudes en los datos de salida debido una serie de factores no relacionados a su mal funcionamiento, alguna de estas inconsistencias son:

- ❖ **Cuentas**, los detectores son sensibles a todo el tránsito en la vía obteniéndose por tanto: conteos de más cuando los vehículos accionan detectores del carril vecino; o pueden no ser contados cuando los vehículos intentan cambiar de carriles o no circulan por el centro del carril.

- ❖ **Velocidad**, la rapidez con la que el detector recupera su situación inicial después del paso de un vehículo determina la exactitud de la medida de velocidad del vehículo.
- ❖ **Presencia**, es necesario ajustar correctamente los umbrales de funcionamiento del detector, cualquier desajuste de este afecta la tarea de detección de presencia.

4.1.5 Corrientes vehiculares

Se llama corrientes vehiculares al conjunto de vehículos que circulan por una calzada en una dirección y en el mismo sentido tal como se aprecia en la figura 4.5, cuando hay mas de un carril destinado para estas corrientes vehiculares, estas se descomponen en filas y cada fila esta compuesta por vehículos, los vehículos realizan movimiento que dependen de las características funcionales, las restricciones que impone la vía, la regulación del tránsito, decisiones del conductor y el medio ambiente. Esto hace ver la gran variabilidad de circulación de las corrientes vehiculares y la dificultad de conocer sus propiedades. Sin embargo existen ciertos parámetros que reflejan esas propiedades, (Radelat 2003).

Parámetros de las corrientes vehiculares

Según Radelat (2003) se clasifican en dos categorías generales:

- ❖ **Parámetros microscópicos** - Que caracterizan la interacción de vehículos individuales dentro de la corriente; Se tiene dos tipos de parámetros, los temporales y los espaciales. Entre los parámetros temporales se tiene:
 - ❖ Intervalo: tiempo que transcurre desde que el extremo posterior del vehículo pasa por un punto de la vía, hasta que el extremo posterior del vehículo siguiente pase por ese punto.
 - ❖ Brecha: tiempo que transcurre desde que el extremo posterior del vehículo pasa por un punto de la vía, hasta que el extremo delantero del vehículo siguiente pase por ese punto.
 - ❖ Paso: tiempo que tarda un vehículo en recorrer su propia longitud.

Entre los parámetros espaciales se tiene:

- ❖ Espaciamiento: distancia entre dos vehículos sucesivos que se mide del extremo posterior de un vehículo al mismo extremo del siguiente.

- ❖ Separación o claro: distancia entre el extremo posterior de un vehículo y el delantero del siguiente.
- ❖ Longitud: distancia entre los extremos delantero y trasero de un vehículo.
- ❖ **Parámetros macroscópicos** - Que caracterizan las corrientes vehiculares en conjunto. Los parámetros macroscópicos fundamentales son:
 - ❖ El volumen: numero de vehículos que pasa por un punto de la vía en un intervalo de tiempo.

$$Q = \frac{3600}{\bar{t}} \quad (1)$$

donde: Q = volumen (veh/h)

\bar{t} = intervalo medio (s)

- ❖ La velocidad: relación entre el espacio y el tiempo recorrido.

$$v = \frac{\bar{e}}{\bar{t}} \quad (2)$$

donde: v = velocidad en (m/s)

- ❖ Densidad: número de vehículos por unidad de longitud de la vía.

$$K = \frac{1000}{\bar{e}} \quad (3)$$

donde: K = densidad (veh/Km)

\bar{e} = espaciamiento medio (m)

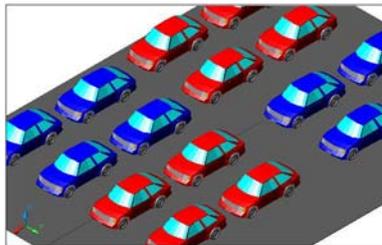


Figura 4.6: Corriente de Tráfico

4.2 CONCEPTOS DE DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA LOS SEMÁFOROS

Los siguientes términos se tradujeron y resumieron de la siguiente fuente (S.T.M. 2008), (Mn/DOT 2005), (Nichols and Bullock 2001) y (Akcelik 1989).

La programación de semáforos es un diseño lógico de las fases y los parámetros del semáforo que permite la asignación del derecho de vía en una intersección semaforizada. Para maximizar la utilidad y transferencia de la información provista se usa terminología definida en estándares de control de semáforos de tráfico y configuraciones adoptadas por la Asociación Nacional de Manufactureros Eléctricos (NEMA, por sus siglas en inglés).

4.2.1 Términos para la selección de tiempos en el semáforo.

A una intersección llegan vehículos que desean realizar diferentes maniobras. Estas maniobras no se efectúan simultáneamente puesto que se generarían accidentes entre vehículos. Por lo tanto se necesita establecer alguna norma de control a fin de mantener condiciones seguras de movilidad de los vehículos y los peatones. Una de las formas de control más utilizadas es el semáforo que a su vez opera mediante señales transmitidas desde un controlador local. El semáforo autoriza las maniobras conflictivas separándolas en el tiempo.

La programación del semáforo establece los tiempos de despliegue de las luces del sistema de semáforos, de tal manera que durante un intervalo de tiempo se asigna el derecho de vía (luz verde) a un grupo de maniobras y las maniobras conflictivas se autorizan en intervalos consecutivos. La intención de la distribución de tiempos en los semáforos es optimizar la operación de vehículos o peatones (minimizando demoras o longitudes de cola entre otras posibilidades) y reducir la probabilidad de accidentes.

Para la distribución de tiempos en semáforos es necesario precisar algunos términos básicos o parámetros de tiempo:

- ❖ **Llamada** - Es una indicación de un vehículo o peatón que está esperando servicio de una fase particular.
- ❖ **Intervalo** - Es la duración del tiempo durante el cual la indicación no cambia su estado, la duración del intervalo de verde es controlado por un número de parámetros que incluyen tiempo mínimo, tiempo máximo y tiempo de brecha.
- ❖ **Movimiento** - Maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.

- ❖ **Fase** - Parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso. Una fase puede otorgar derecho de vía a un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales. La fase termina cuando cambia la autorización de cualquiera de los movimientos autorizados en ella.
- ❖ **Intervalo de despeje amarillo** - Tiempo de la exposición de la luz amarilla del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.

$$y = t + \frac{1.47*v}{2*(a+32.2*g)} \quad (4)$$

donde:

y = intervalos de despeje de amarillo en (seg),

t = tiempo de percepción-reacción para el principio de la indicación amarilla (seg),

v = velocidad de aproximación mph,

g = pendiente (ascendente positivo y descendente negativo) (porciento/100), (pie/pie) y

a = desaceleración (pie/seg²),

- ❖ **Intervalo de todo rojo** - Es el despliegue de luz roja en forma simultánea para movimientos conflictivos de modo que aquellos vehículos que pierden el derecho de vía y se encuentran cruzando la intersección, la despejen antes que el otro grupo de vehículos que ganan el derecho de vía reciba la indicación de verde. Este periodo se establece con el fin de dar un tiempo adicional a los vehículos que pierden el derecho de paso, para permitirles el despeje total de la intersección.

$$AR = \frac{W+L_v}{1.47*v} \quad (5)$$

donde:

AR = intervalos de todo rojo en (seg),

v = velocidad de aproximación (mph),

W = ancho de la intersección en (pies) y

L_v= longitud del vehículo (pies).

- ❖ **Intervalo de cambio de fase** - Es la suma del tiempo del intervalo de despeje amarillo mas el intervalo de todo rojo (si existe).
- ❖ **Verde mínimo** - En semáforos actuados, el tiempo de verde mínimo es la primera porción del intervalo de verde. Se establece como la cantidad mínima de tiempo requerido para despejar los vehículos potencialmente almacenados entre la línea de pare y el detector. Los vehículos que no estén en esta área desencadenan una extensión de verde por cada vehículo. En el caso de semáforos no actuados el tiempo de verde mínimo se determina como el tiempo necesario para el paso de al menos dos vehículos en la fase.
- ❖ **Tiempo de pasada (“Passage Time”)** - También se denomina intervalo de vehículo, brecha, brecha de pasada, unidad de extensión. Este parámetro especifica la duración máxima permitida de tiempo entre las llamadas de vehículos durante una fase. Este parámetro también se utiliza para extender el intervalo de verde cada vez que se recibe la señal de actuación (llamada) de un vehículo el tiempo de verde de la fase se extiende hasta alcanzar el verde máximo. Este tiempo típicamente se fija como el tiempo que le toma viajar al vehículo desde el detector a la línea de pare, a la velocidad de viaje de la carretera.

El controlador utiliza este parámetro como el máximo tiempo que puede transcurrir entre las llamadas de vehículos consecutivos de tal manera que si el paso entre los vehículos es superior a este tiempo de pasada, se termina la fase.

- ❖ **Terminación por verde máximo (“Max Out”)** - Es un tipo de operación actuada donde la fase termina debido a que llega al tiempo de verde máximo de la fase.
- ❖ **Terminación por brecha (“Gap Out”)** - Es un tipo de operación actuada donde la fase termina debido a la falta de llamadas de vehículo dentro del periodo de tiempo de pasada “passage time”.
- ❖ **Verde máximo** - En semáforos actuados, el verde máximo es la longitud máxima de tiempo de verde asignado al semáforo después de recibir una llamada de una fase conflictiva. Este se

configura de manera que si hay llamadas en otras fases, esta se atiende sin esperar que todos los vehículos de la primera fase terminen su paso por la intersección.

- ❖ **Cola (“Queue”)** - Es una línea de vehículos, bicicletas o personas que serán servidas por una fase en el cual la razón de flujo del frente de la cola determina la velocidad media.
- ❖ **Volumen-Densidad (“Volume-density”)** - Es la técnica de programación de las fases en semáforos actuados, que utiliza una serie de parámetros (variable inicial, brecha mínima, tiempo antes de la reducción, tiempo a reducir) para optimizar la operación relacionando la densidad de la cola y la circulación de vehículos. Esta técnica considera que al inicio de la fase los vehículos comienzan a correr lentamente pero luego de un cierto tiempo (tiempo antes de la reducción) las brechas disminuyen pues los vehículos van circulando a la velocidad de cruce.

4.2.1.1 Longitud de ciclo

La longitud de ciclo es el tiempo total para completar una secuencia completa de las luces del semáforo. En un controlador actuado un ciclo completo depende de la presencia de vehículos en todas las fases. En un controlador de tiempo fijo, el ciclo es la secuencia completa de indicaciones de las luces del semáforo.

Para determinar un valor aproximado de la longitud de ciclo que mejore la operación de la intersección, minimizando las demoras de la intersección aislada que opera a tiempo fijo, típicamente se utiliza la ecuación de Webster, pero también se puede utilizar una ecuación más general desarrollada por Akcelik que utiliza la variable k para optimizar diferentes medidas de operación. La ecuación de Akcelik es el siguiente:

$$C_0 = \frac{(1.4+k)L+6}{1-Y} \quad (6)$$

donde:

C_0 = tiempo de ciclo óptimo aproximado en segundos,

L = tiempo total perdido por ciclo para los movimientos críticos en segundos,

Y = razón de flujos de la intersección y

$k = K/100$ es el parámetro de ponderación de las detenciones.

Los valores de parámetros de ponderación usados para calcular el tiempo de ciclo son:

$k = 0.4$ para minimizar el consumo de combustible,

$k = 0.2$ para minimizar el costo (incluye los tiempos de demora) y

$k = 0.0$ para mínima demora.

El ciclo óptimo minimiza la medida de operación definida por la variable k para los movimientos críticos representativos en cada fase.

Un valor de k alto incrementara la longitud del ciclo; esto tiene la ventaja de reducir el numero de paradas los movimientos críticos, pero no toma en cuenta parámetros de otros movimientos de la intersección (paradas, demoras y carriles cortos presentes en la intersección); pues si se tomara en cuenta se tendría una longitud de ciclo mas corta; frente a este contraste se busco el tiempo de ciclo práctico C_p , el cual asegura que el grado de saturación de todos los movimientos estén por debajo del máximo grado de saturación aceptable:

$$C_p = \frac{L}{1-U} \quad (7)$$

donde:

L = Tiempo perdido de la intersección, y

U = Razón del tiempo de verde para la intersección.

El tiempo perdido de la intersección se calcula con la siguiente ecuación.

$$L = \sum_j l_i \quad \forall i \in \text{movimientos criticos.} \quad (8)$$

donde:

j = número de movimientos críticos, y

l_i = el tiempo medio perdido del movimiento i .

El tiempo perdido total debe incluir también la duración de las fases que requieran solamente tiempo mínimo de verde.

La razón de flujo de la intersección se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y = \sum_{i=1}^j y_i \quad \forall i \in \text{conjunto de movimientos críticos} \quad (9)$$

donde:

y_i = relación entre la razón de flujo vehicular y el flujo de saturación para el acceso o movimiento del carril crítico de la fase i , y

$$y_i = \frac{q_i}{S_i} \quad (10)$$

Es la razón de flujo vehicular (vehículos por hora) q_i dividido por el flujo de saturación correspondiente S_i . Para cada fase se elige el Y máximo como razón de flujos representativo y que sumados hacen el indicador de la razón de flujo total para el semáforo.

La ecuación de Webster es:

$$C_o = \frac{1.5*L+5}{1+Y} \quad (11)$$

donde:

C_o = longitud de ciclo óptimo en segundos,

Y = razón de flujo de la intersección y

L = tiempo total perdido por ciclo en segundos, para los movimientos críticos.

Existen cierta flexibilidad en la selección del ciclo ya que las demoras totales no cambian mucho dentro del rango $0.75 C_o$ a $1.5C_o$. Típicamente se utilizan ciclos que varían entre un mínimo de 40 segundos y un máximo de 120 segundos de duración. (Akcelik 1989)

4.2.1.2 Intervalo de tiempo de señales y divisiones

A continuación se presenta las definiciones de intervalo de tiempo de señales y divisiones de fase desde el punto de vista de la operación del semáforo. Estos intervalos de tiempo son los que se pasan al controlador local para repartir el tiempo de ciclo en el semáforo (Mn/DOT 2005)

Un intervalo es la porción de ciclo en la que la señal del semáforo no cambia. Seguidamente enunciamos algunos intervalos comunes: verde mínimo, despeje de peatones, despeje de amarillo y todo rojo. La suma de los intervalos verde, amarillo y todo rojo típicamente define una división de fase, una división es el segmento de una longitud de ciclo que distribuye cada fase.

Las consideraciones que deberían darse a las divisiones de tiempos son las siguientes:

- ❖ La duración de las fases no debe ser menor que algún absoluto tiempo mínimo, tales como 5 a 7 segundos de verde más el intervalo de despeje. Si los peatones cruzan con esta fase, su tiempo de cruce deberá también ser considerado e incluido en la longitud mínima de fase.
- ❖ La duración de una fase debe ser tal que se evite la sobresaturación de algún acceso asociado a esta.
- ❖ La duración de una fase no debe ser tan extensa como para que no haya vehículos transitando durante el tiempo de verde y los vehículos en los accesos conflictivos sean demorados innecesariamente.

La distribución del tiempo de verde para señales de semáforos de tiempo fijo deberá ser proporcional al volumen del carril crítico en cada fase. Como ejemplo, a continuación se presenta la ecuación utilizada para determinar el tiempo de verde neto en un semáforo de dos fases:

$$G_t = C - Y_1 - Y_2 - n * l \quad (12)$$

donde:

- G_t = tiempo de verde neto,
- C = Longitud de ciclo óptimo,
- Y_1 = Tiempo de amarillo para la fase 1,
- Y_2 = Tiempo de amarillo para la fase 2,
- n = número de fases y
- l = Tiempo perdido por ciclo.

Todos los tiempos se miden en segundos.

4.2.2 Conceptos relacionados de operación del controlador y la distribución de fases

La distribución de fases es un mecanismo de control básico. Un buen diseño de fases contribuye a la eficiencia de las operaciones en una intersección semaforizada. Las fases están relacionadas a los tiempos de las luces del semáforo. Por tanto, el cálculo correcto de estos tiempos y su implantación mediante el controlador local son importantes para tener condiciones satisfactorias de operación (Akcelik 1989).

4.2.2.1 Operaciones del controlador

Un semáforo controla el tránsito asignándole derecho de paso alternadamente a los movimientos de tránsito que llegan a la intersección. El dispositivo que programa esos intervalos y enciende las lámparas se llama controlador (unidad de control).

Como se ha indicado a principios del capítulo, el control de tránsito de intersecciones aisladas básicamente cae dentro de dos categorías: de tiempo fijo y actuado por el tránsito. A continuación se presentan los conceptos relacionados con la operación del controlador local para estas dos categorías.

❖ Control de señales mediante tiempo fijo

Bajo estas condiciones, los semáforos asignan el derecho de paso de acuerdo a un programa establecido de secuencias de derecho de paso (fases), en este tipo de control la longitud de intervalos de tiempo para cada señal del ciclo es fija, se adopta de acuerdo a historiales de patrones de tránsito. No se toma en cuenta la demanda actual del tránsito en los accesos a la intersección. Los principales elementos de un control de tiempo fijo son: longitud de ciclo fijo, longitud de fase fija y secuencia de fases fija.

Las ventajas de un control de tiempo fijo incluyen:

- ❖ Los equipos son sencillos, proveyendo un servicio y mantenimiento relativamente fácil.
- ❖ Puede ser coordinado para proveer un flujo de tránsito continuo a lo largo de una ruta, así proporciona un control positivo de la velocidad a lo largo de la ruta.
- ❖ La programación es fácil y se puede ajustar en el campo.
- ❖ Se pueden programar manualmente.

Desventajas de un control de tiempo fijo:

- ❖ No reconoce las fluctuaciones de corto plazo en el tránsito.
- ❖ Puede causar demoras excesivas a vehículos y peatones durante periodos fuera de pico.

En la figura 4.7 se presenta un ejemplo de la selección de tiempos para las operaciones de dos fases y de tres fases con un controlador de tiempo fijo, para la intersección que se muestra en la esquina superior derecha de la figura:

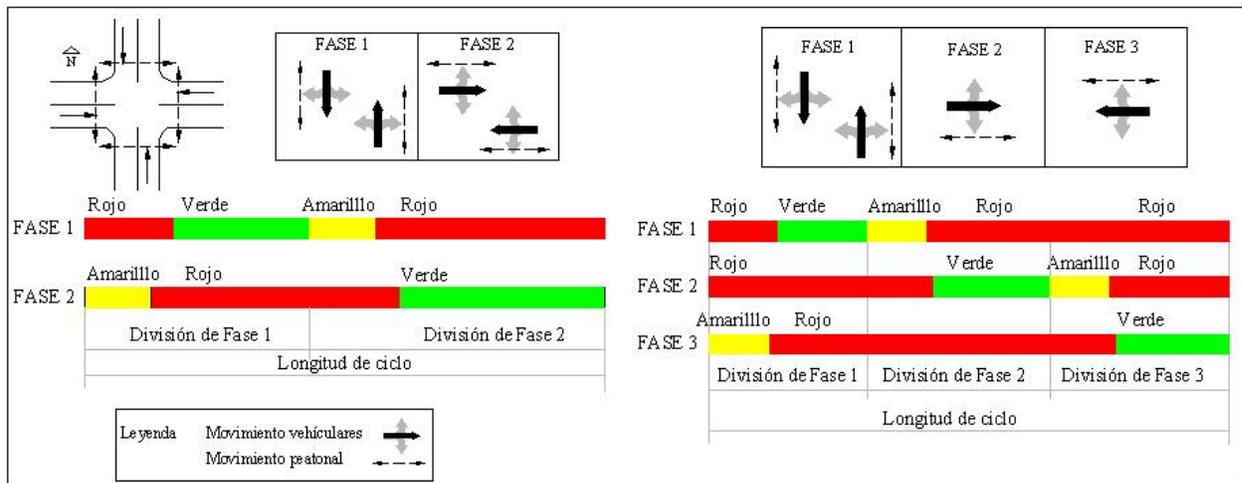


Figura 4.7: Ejemplo de distribución de tiempos para intersecciones de dos y tres fases.

❖ Control de señales actuadas

El control de tránsito actuado intenta ajustar el tiempo de verde continuamente y en algunos casos, la secuencia de fases. Estos ajustes se hacen de acuerdo a medidas de la demanda de tránsito a tiempo real, en los accesos a la intersección. El nivel del control actuado depende del tipo de equipo empleado y los requerimientos operacionales.

Ventajas de señales actuadas incluye:

- ❖ Usualmente reduce las demoras.
- ❖ Adaptable a fluctuaciones del flujo de tránsito.

- ❖ Usualmente incrementa la capacidad, porque establece la proporción del tiempo de verde, según la necesidad de cada acceso.
- ❖ Proporciona operación continua bajo condiciones de bajo volumen, agregando características de seguridad, cuando la operación de los semáforos de tiempo fijo causan excesiva demora.
- ❖ Especialmente efectiva en intersecciones de fases múltiples.

Las desventajas de un control actuado incluyen:

- ❖ El costo de una instalación actuada es más alto que el costo de una instalación de tiempo fijo.
- ❖ Controladores actuados y detectores son más complicados que controladores de semáforos de tiempo fijo, aumentando las tareas de mantenimiento con personal calificado.
- ❖ La instalación de los detectores es costosa y requiere de una inspección cuidadosa y mantenimiento adecuado para asegurar una buena operación.

❖ Controladores semi-actuados

En el control semi-actuado los movimientos de la vía principal tienen preferencia de luz verde a menos que haya una llamada de una fase conflictiva correspondiente a movimientos de la vía secundaria. Las fases secundarias pueden incluir alguna fase de giro a la izquierda protegido o carriles laterales. Es necesario colocar detectores en cada movimiento secundario. En la vía principal se utilizan detectores si se desea proteger la zona de dilema.

❖ Control totalmente actuado

En el control totalmente actuado, todas las fases son actuadas y todos los movimientos requieren detección. Este tipo de control generalmente se utiliza en intersecciones aisladas; sin embargo, puede también ser usado en intersecciones con mucha demanda y en intersecciones con sistemas coordinados.

❖ Operaciones de volumen densidad

Se le considera como una forma superior de control totalmente actuado. Este tiene la habilidad para determinar la duración de verde mínimo basado en la demanda real (detecciones

durante el intervalo de rojo). Con este tipo de control se consigue una mejor reducción de las demoras y la máxima eficiencia de movimiento vehicular. La operación de volumen-densidad toma en cuenta los volúmenes instantáneos de tránsito, la densidad y el tiempo de espera consumido en cada fase. El control de volumen densidad es útil para interconectar una intersección con un sistema progresivo de tiempo fijo o semi-actuado, cuando hay dificultades por distancias o por altos volúmenes.

4.2.2.2 Distribución de fases del semáforo

La distribución de fases representa el método por el cual el semáforo acomoda de manera eficiente y segura a varios usuarios en una intersección. Una fase esta definida como una unidad de tiempo del controlador asociado con el control de una o varias maniobras. Otra definición de la fase, es la parte del ciclo que da derecho de paso a un movimiento individual o una combinación de movimientos sin conflicto durante uno o más intervalos. Un intervalo es una porción del ciclo durante el cual la señal desplegada no cambia.

El orden predeterminado de fases es la secuencia de operación, esta secuencia no varia en controladores de tiempo fijo y bajo ciertas circunstancias es variable en controladores actuados.

En la figura 4.8, se presenta un ejemplo de una distribución de dos fases con cruces peatonales. En esta se observan ocho intervalos, en donde el 4 y 8 son periodos de todo rojo, los intervalos de 1 a 4 corresponden a la fase 1 y los intervalos 5 a 8 corresponden a la fase 2. La longitud de ciclo es la suma de las divisiones 1 y 2.

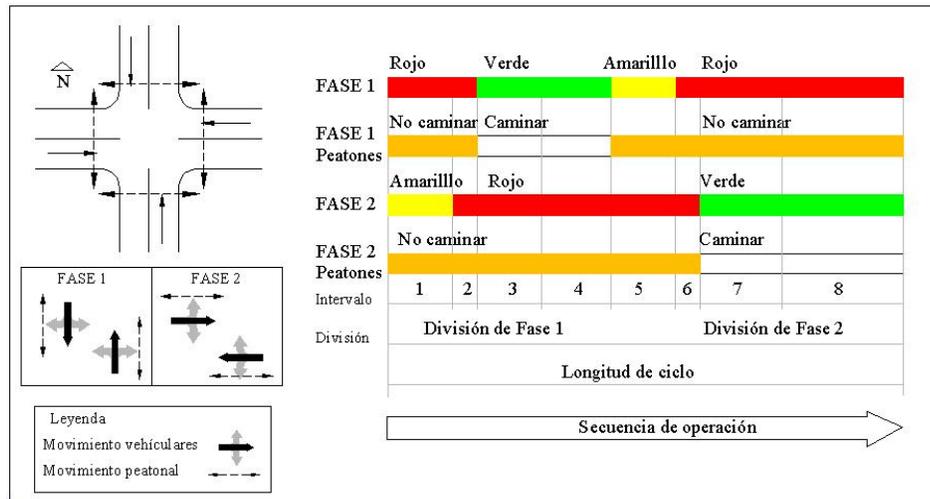


Figura 4.8: Distribución de intervalos en una intersección con dos fases.

❖ Estructura de anillo y barrera

Anillo - Es el término que se usa para describir una serie de fases con conflicto que ocurren en un orden establecido. El anillo puede ser sencillo, doble o múltiple. Para entender la operación de un controlador multifase se debe entender la estructura de un anillo.

Barrera - Es un punto de referencia en la secuencia preferida de un controlador de multianillo en el cual todos los anillos se interconectan. La barrera asegura que no haya selección de fases en conflicto autorizadas simultáneamente para el movimiento de tráfico entre los diferentes anillos. Todos los anillos cruzan la barrera simultáneamente para seleccionar y programar las fases.

Número de fases - Es el número de fase son las etiquetas asignadas a los movimientos individuales en la intersección. Según la nomenclatura desarrollada por NEMA, para un controlador de 8 fases con dos anillos, es común asignarle los movimientos 2 y 6 a la calle principal, también es común usar números impares para asignar los virajes a la izquierda y números pares para las señales directas.

En la figura 4.9 se presenta un esquema de numeración típico para una arteria este/oeste y una arteria norte/sur utilizando la nomenclatura de NEMA (“National Electronics Manufacturer Association”).

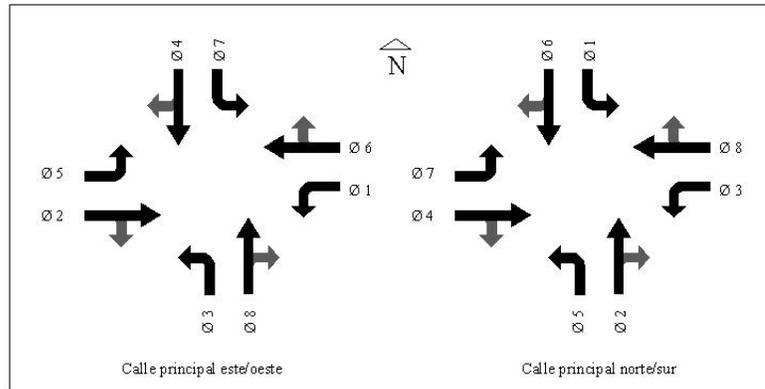


Figura 4.9: Esquema NEMA de numeración de una intersección

❖ Control de anillo doble

A diferencia del controlador de tiempo fijo, el controlador actuado usualmente emplea dos anillos simultáneos para el proceso de programación, la nomenclatura NEMA para la estructura de doble anillo se ilustra en la figura 4.10.

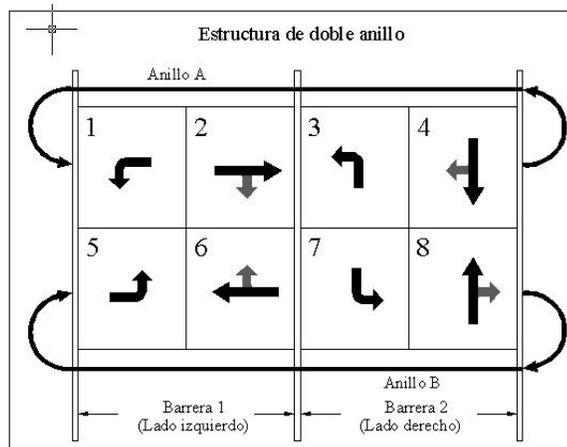


Figura 4.10: Anillos simultáneos para el proceso de programación

El controlador de doble anillo usa un máximo de ocho fases, cada uno de las cuales controla una cara del semáforo con el despliegue de rojo, amarillo y verde. Las ocho fases se requieren para acomodar los ocho movimientos de la intersección. La fase uno a la cuatro están en el anillo A y las fases cinco a la ocho están en el anillo B. Los dos anillos operan independientemente,

pero se debe tomar en cuenta que para controlar los movimientos conflictivos se debe cruzar la barrera al mismo tiempo.

Si se asigna apropiadamente el control por las ocho fases, el controlador opera sin dar el derecho de paso simultáneo a movimientos con conflicto, todo los movimientos de una calle, usualmente la principal, son asignados al lado izquierdo de la barrera, similarmente, todos los movimientos de la otra calle deberán ser asignados al lado derecho.

En ambos lados de la barrera hay cuatro movimientos (dos directos y dos de giro a izquierda), cada uno de los cuatro puede proceder sin conflicto con dos de los otros tres. Así si el viraje a la izquierda en alguna dirección dada es ubicado en el anillo 1 junto con su movimiento directo opuesto y los restantes dos movimientos están ubicados en el anillo 2, será posible para cualquier movimiento en el anillo 1 ser desplegado simultáneamente sin conflicto con cualquier movimiento en el anillo 2.

Los controladores modernos ofrecen más flexibilidad en la asignación de fases para permitir un control tan complejo como sea necesario.

4.2.2.3 Parámetros de la puesta en fase

Algunos principios básicos de distribución del tiempo para el intervalo verde en controladores de tráfico actuado son las siguientes (Mn/DOT 2005):

- ❖ Debe haber un tiempo de verde mínimo para que un vehículo detenido que recibe la señal de verde tenga el tiempo suficiente para arrancar y cruzar la intersección antes de que la señal amarilla aparezca. Este periodo es denominado porción inicial del intervalo de verde.
- ❖ Cada vehículo siguiente requiere el tiempo de verde, este es llamado tiempo de pasada, extensión de vehículo, o brecha. La brecha se refiere al tiempo que transcurre entre el paso de vehículos consecutivos.
- ❖ Debe haber un tiempo máximo que controle la extensión del tiempo de verde, teniendo vehículos del sentido contrario en espera. Este tiempo máximo es llamado límite de extensión o maximum.
- ❖ El numero “presets” es el número de ajustes de tiempo (o extensiones) durante la porción extendible del intervalo de verde. Cada actuación del detector reinicializa la unidad de

extensión del vehículo. Si al final del número de presets establecido, aun no hay llamadas de fase conflictiva, el controlador permanece en la misma fase. Las unidades de extensión se continúan midiendo pero no tienen ningún efecto en el intervalo de verde.

- ❖ Cuando se recibe una actuación de una fase opuesta, la unidad de extensión se usa para definir cuando se le da servicio a siguiente fase. Si el tiempo entre las actuaciones es mayor que la unidad de extensión prefijada o brecha, la porción extendible termina. Esta situación se denomina terminación por brecha “gap-out”.
- ❖ Una actuación recibida de otra fase en alguna porción del intervalo de verde también comienza otro circuito de regulación. Este es llamado límite de extensión o verde máximo. Incluso cuando las actuaciones son tan seguidas que evitan la terminación por brecha, el límite máximo terminará el intervalo de verde cuando transcurra el tiempo de verde máximo preestablecido. Esta situación se denomina terminación por verde máximo o max-out.

En la figura 4.11 se representa un diagrama de distribución de tiempos para una fase actuada.

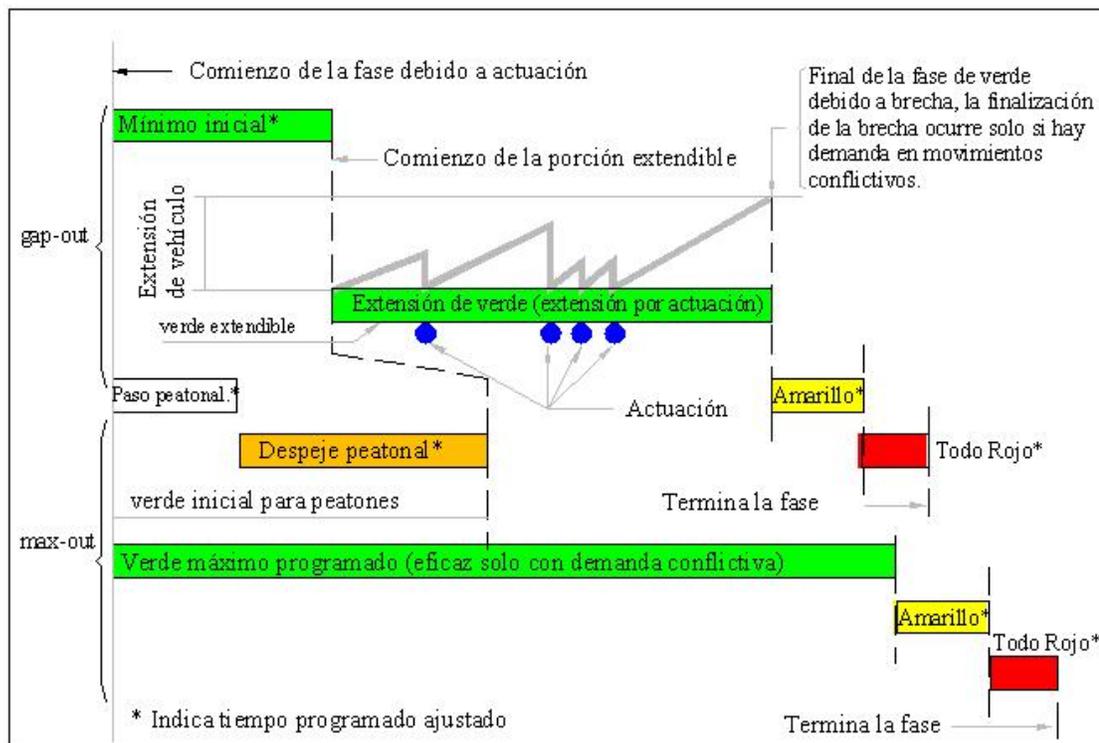


Figura 4.11: Diagrama de distribución de tiempos para una fase actuada

❖ Reducción de brecha

Como su nombre indica reduce el valor aceptable de la brecha entre vehículos o unidad de extensión de verde, del valor original “maxgap” al valor menor “mingap”. Esta reducción tiene lugar después de transcurrido un tiempo denominado (tiempo antes de la reducción) “time before reduction” sobre su especificada medida de tiempo. La reducción de la brecha se realiza durante un intervalo de transición prefijada.

La reducción de brecha se usa esporádicamente en el campo; sin embargo es una herramienta de valor. Por ejemplo, asumimos que hay un acceso a una intersección totalmente actuada que experimenta un arranque lento de vehículos, y crea una excesiva separación entre los vehículos hasta que se muevan a velocidad normal. Si la brecha se fija para las velocidades normales, la fase estaría constantemente terminando por brecha, sin embargo si la brecha estuviera fijada para acomodar el arranque lento de los vehículos la fase terminaría constantemente en verde máximo.

❖ Distribución de fase retrasada

La distribución de fase retrasada designa cual de la fase correspondiente a un par de fases, despliega la luz verde primero. Un par de fases se define como fases adyacentes en el mismo anillo al mismo lado de la barrera en un diagrama estándar NEMA. Por lo tanto son pares de fases las fases 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6, 7 y 8. Son pares de fases no compatibles las fases: 1 y 5, 2 y 6.

En un esquema de configuración NEMA de 8 fases que opera con distribución de fases adelantadas en las dos calles, las fases 2, 4, 6 y 8 corresponden a las fases retrasadas mientras que las fases 1, 3, 5 y 7 son las fases adelantadas. Si se realiza la secuencia adelantada/retrasada “lead/lag” la fase 2 puede ser la fase adelantada y la fase 1 puede ser la fase atrasada. Esto genera la secuencia de fases 2 y 5, luego las fases 2 y 6 y finalmente las fases 1 y 6. También es posible tener los dos giros a la izquierda en la fase atrasada si se especifica la secuencia de fases 2 y 6 como adelantada y la 1 y 5 como atrasada. Este tipo de fases de giro a la izquierda retrasado se utiliza típicamente en sistemas coordinados.

❖ Fases traslapadas

Una fase traslapada corresponde a un movimiento vehicular (generalmente un giro a derecha) al cual se le otorga derecho de vía en forma simultánea con dos fases estándar.

4.2.3 Determinación de tiempos de las fases en semáforos actuados

Los equipos de los semáforos actuados son más complejos que el de tiempo fijo. Sin embargo el ajuste de tiempos es simple. Para determinar la duración de los intervalos se deben controlar varios parámetros según sea el tipo de intervalo. Por ejemplo, un intervalo de pase peatonal “pedestrian walk interval” es controlado generalmente por el tiempo de caminata de un peatón, el intervalo de verde vehicular es controlado por múltiples parámetros como son verde mínimo, verde máximo y tiempo de pasada. La configuración de los parámetros que determinan la duración de cada intervalo que se asocia a la indicación de la fase son: Intervalo de verde vehicular, intervalo de cambio y despeje vehicular, intervalo de peatones.

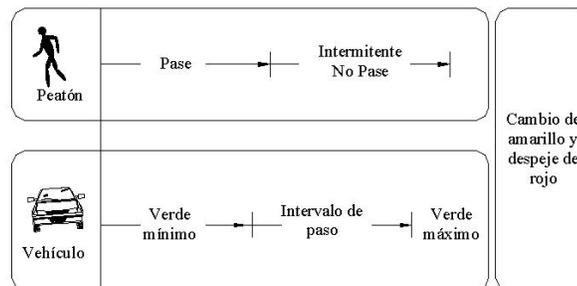


Figura 4.12: Parámetros de tiempo de semáforos actuados

❖ Intervalo de verde vehicular

Es el tiempo de despliegue de luz verde para el servicio de tráfico vehicular. Este intervalo se define por los parámetros de verde mínimo y verde máximo en el caso de intersecciones aisladas. En controladores actuados, otros parámetros como el tiempo de pasada determinan la longitud de este intervalo.

❖ Verde mínimo

Representa el menor tiempo de una señal de verde que será desplegado para un movimiento de vehículos. Su valor se establece tomando en cuenta la reacción del conductor al inicio del

intervalo de verde, la duración del verde mínimo esta también basado en la longitud de cola (necesidad de despeje de la cola) o en el tiempo requerido para el paso peatonal. El intervalo de verde mínimo se presenta en la figura 4.13 relacionado con otros parámetros de control.

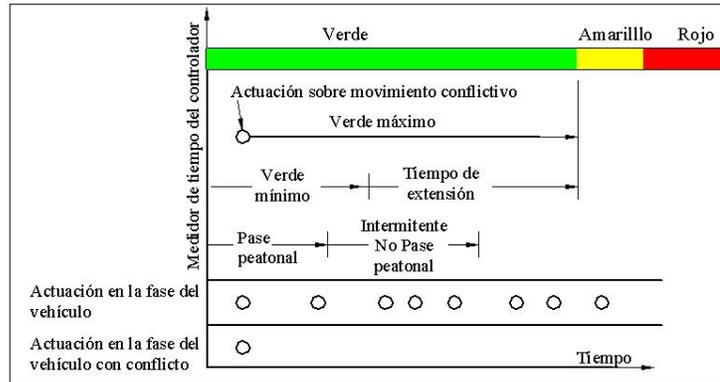


Figura 4.13: Configuración que define la duración de una fase de vehículo

El propósito del intervalo de verde mínimo es asegurar una longitud de tiempo para:

- ❖ Satisfacer la expectativa del conductor.
- ❖ Permitir que la cola de vehículos entre la línea de pare y el detector despejen la intersección.
- ❖ En caso de no existir semáforos exclusivos para los peatones, el verde mínimo debe ser suficiente para acomodar a los peatones que desean cruzar en dirección paralela al movimiento de vehículos.

La tabla 4.1 muestra los valores de verde mínimo que se utilizan típicamente (S.T.M. 2008).

El verde mínimo necesario para despejar la cola (G_q), se calcula con la siguiente relación:

$$G_q = 3 + 2 * n \quad (13)$$

donde:

n = número de vehículos entre la línea de pare y el detector,

$$n = \frac{D_d}{25} \quad (14)$$

donde:

D_d = distancia entre la línea de pare y el detector (25 representa el espaciamiento medio de un vehículo), en pies.

Tabla 4.1: Intervalos de verde mínimo típicos

Intervalo de verde mínimo típico necesario para satisfacer las expectativas del conductor		
Fase	Tipo de facilidad	Verde mínimo necesario para satisfacer la expectativas del conductor
Directo	Arteria mayor (veloc. limite > 40 mph)	10 a 15
	Arteria mayor (veloc. limite ≤ 40 mph)	7 a 15
	Arteria menor	4 a 10
	Colector, Local	2 a 10
Volteo izquierda	Ninguno	2 a 5

Intervalo de verde mínimo típico necesario para satisfacer el despeje de la cola vehicular	
Distancia entre la línea de pare y el detector (ft)	verde mínimo necesario para satisfacer el despeje de la cola
0 a 25	5
26 a 50	7
51 a 75	9
76 a 100	11
101 a 125	13
126 a 150	15

❖ Verde máximo

El parámetro de verde máximo representa la medida máxima de tiempo que despliega una señal verde en presencia de demanda en los movimientos conflictivos. Se usa para limitar la demora para otros movimientos de la intersección y mantener la longitud de ciclo máxima, también protege contra tiempos de verde largos debido a continuas demandas o detectores deteriorados. Los controladores modernos proveen dos o más parámetros de verde máximo que se invocan por planes de horas del día o entrada externa. Como se presenta en la figura 4.12 la extensión de verde máximo comienza a medirse desde la presencia de una llamada conflictiva

El valor de verde máximo (G_{max}) debe exceder la duración de verde necesario para servir la cola media, la fase frecuentemente termina por brecha durante volúmenes bajos o moderados y ocasionalmente termina por máximo durante periodos pico. Si se conoce la longitud de ciclo el tiempo de verde máximo se puede obtener mediante la ecuación (Eq. 15) según lo establece el manual de programación de semáforos de FHWA. La tabla 4.2 presenta los valores de verde máximo que se obtiene utilizando dicha ecuación (S.T.M. 2008).

Tabla 4.2: Duración intervalo de verde máximo.

Volumen de la fase por carril Veh/hr/ln	Longitud de ciclo, s							
	50	60	70	80	90	100	110	120
	Verde máximo (G_{max}), s							
100	15	15	15	15	15	15	15	15
200	15	15	15	15	16	18	19	21
300	15	16	19	21	24	26	29	31
400	18	21	24	28	31	34	38	41
500	22	26	30	34	39	43	47	51
600	26	31	36	41	46	51	56	61
700	30	36	42	48	54	59	65	71
800	34	41	48	54	61	68	74	81

$$G_{max} = \frac{V \cdot C}{1200 \cdot n} + 1 \quad (15)$$

donde:

V= volumen horario de diseño por fase por carril (veh/hr/ln),

n = número de carriles servidos por fase, y

C = longitud de ciclo, seg.

Un segundo método para establecer el valor del verde máximo se basa en la distribución de tiempos de forma óptima para tiempo fijo, en donde la demora se minimiza. El intervalo de verde para la mínima demora se multiplica por un factor que varía en el rango de 1.25 a 1.5 para obtener un estimado del verde máximo (S.T.M. 2008).

❖ Intervalo de cambio y despeje vehicular

Este intervalo se utiliza para proveer una transición segura entre dos fases conflictivas. Está constituido por un intervalo de cambio de amarillo y opcionalmente un intervalo de despeje de rojo (también denominado todo rojo). El intervalo de cambio de amarillo previene al conductor indicándole que se le va a dar derecho de vía a un movimiento conflictivo. El intervalo de despeje de rojo se usa cuando se precisa tiempo adicional antes de que el movimiento con conflicto reciba la indicación verde.

❖ Intervalo de amarillo

La duración de este intervalo está basada en el tiempo de percepción-reacción del conductor más el tiempo necesario para parar el vehículo de forma segura o el tiempo necesario para cruzar la intersección en forma segura.

❖ Despeje de rojo

Se refiere en algunas publicaciones como intervalo de todo rojo que se utiliza al final del intervalo de cambio a amarillo. Durante el intervalo de despeje de rojo, tanto el movimiento que pierde el derecho de vía como el que va a recibir derecho de vía tienen asignada luz roja. Esto hace que los vehículos que pierden el derecho de vía despejen la intersección en forma segura.

El MUTCD recomienda que la duración de los intervalos se ajuste a las condiciones individuales de la intersección, tales como velocidad y ancho de intersección. En accesos con alta velocidad el intervalo de cambio a amarillo es de 3 a 6 segundos y el intervalo de despeje de rojo no deberá exceder de 6 segundos. Estudios recientes por “The Urban Transportation Monitor” del año 2000, indican valores prácticos de tiempo para el intervalo de despeje de todo rojo, en el rango de 0.5 a 2 segundos. La ecuación (6) se utiliza para determinar el periodo de cambio de fase (intervalos de amarillo más despeje de rojo) (Kell and Fullerton, 2000).

$$CP = \left[t + \frac{1.47*v}{2*(a+32.2*g)} \right] + \left[\frac{W+L_v}{1.47*v} \right] \quad (16)$$

donde:

CP = Periodo de cambio (intervalos de cambio amarillo mas despeje de rojo), seg,

t = tiempo de percepción-reacción para el principio de la indicación amarilla, seg,

v = velocidad de aproximación mph,

g = pendiente (ascendente positivo y descendente negativo) (porciento/100),
pie/pie.

W = ancho de la intersección en pies.

L_v= longitud del vehículo.

El primer término representa el tiempo requerido para que el vehículo viaje una distancia de parada segura, incluyendo el tiempo de percepción-reacción del conductor. El segundo término representa el tiempo necesario para que el vehículo atraviese la intersección. Los valores $t = 1$ seg, $a = 10$ pies/s² y $L_v = 20$ pies. son los que se utiliza típicamente en la ecuación anterior.

Tabla 4.3: Duración del intervalo de cambio de periodo.

Velocidad de aproximación, mph.	termino $t+v/2a$ (Amarillo)	Ancho de la intersección, ft				
		30	50	70	90	110
		Termino " $(W+Lv)/v$ ", s (Despeje de rojo)				
25	3.0	1.4	1.9	2.4	3.0	3.5
30	3.2	1.1	1.6	2.0	2.5	2.9
35	3.5	1.0	1.4	1.7	2.1	2.5
40	3.9	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2
45	4.3	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
50	4.6	0.7	1.0	1.2	1.5	1.8
55	5.0	0.6	0.9	1.1	1.4	1.6
60	5.3	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5

En la tabla 4.3 se presentan los valores de cambio a amarillo, calculados con una pendiente de aproximación igual a 0.1. Por cada porcentaje de aumento en la pendiente se debe sumar 0.5 segundos, mientras que por cada porcentaje de disminución de la pendiente se disminuir 0.5 segundos.

❖ Intervalo de tiempo de peatones

La fase de peatones consta de tres intervalos: pase peatonal (“Walk”), despeje peatonal (“Flashin don’t walk, FDW”) y detención peatonal (“solid don’t walk”), el intervalo de pase peatonal comienza al inicio del intervalo de verde, se usa para permitir al peatón moverse dentro del cruce peatonal al comienzo de la fase. El intervalo de despeje peatonal les informa a los peatones que la fase está terminando. El intervalo de detención peatonal le indica al peatón detenerse y comienza el movimiento de vehículos de la fase opuesta (S.T.M. 2008).

En la tabla 4.4 se presenta la duración de los intervalos de peatones según las condiciones de volumen, también se muestra el tiempo de despeje peatonal en función a la velocidad de caminata.

Tabla 4.4: Duración de los intervalos peatonales

Duración del intervalo de pase peatonal (<i>Walk</i>)	
Condiciones	Duración del intervalo de pase (PW), s
Áreas con volúmenes de peatones altos (colegios, centros industriales del distrito, avenida de deporte, etc.)	10 a 15
Volúmenes de peatones típicos y longitud de ciclo largo	7 a 10
Volúmenes de peatones típicos y longitud de ciclo corto	7
Volumen de peatones insignificantes	4
Condiciones donde están presentes peatones de mayor edad	Distancia al centro de la calzada dividido por 3 ft/s.

Tiempo de despeje peatonal			
Distancia de cruce peatonal, ft	Velocidad de caminata, ft/s		
	3	3.5	4
Tiempo de despeje peatonal (PCT), s			
40	13	11	10
60	20	17	15
80	27	23	20
100	33	29	25

El tiempo de despeje peatonal (PCT) se calcula con la ecuación:

$$PCT = \frac{D_c}{v_p} \quad (17)$$

donde: D_c = Distancia de cruce peatonal, pies y
 V_p = velocidad del peatón, pies/s.

La tabla 4.4 se obtuvo aplicando las formulas que se presentan según esta indicado por (“Federal Highway Administration”), en el manual de programación de semáforos (S.T.M. 2008)

4.2.4 Parámetros para la programación actuada

Estudios recientes demuestran que la mejor forma de operación de intersecciones aisladas ocurre cuando se usan controladores totalmente actuados. Estos controladores operan eficientemente cuando están configurados de manera que permiten responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda de vehículos. A continuación se describen los parámetros que típicamente utilizan para la programación de semáforos actuados.

❖ **Llamada de retorno de fases**

La operación de un controlador actuado en el modo de llamadas de retorno de fase hace que el controlador automáticamente genere una llamada para que el derecho de paso retorne a una fase especificada cada vez que el controlador le de derecho de paso a una fase conflictiva. Existen cuatro tipos de llamada de retorno de fases: llamada de retorno mínimo, máximo, de peatones y sencilla.

❖ **Llamada de retorno mínimo (“Minimum Recall, Vehicle Recall”)**

El parámetro de llamada de retorno mínimo hace que el controlador coloque una llamada de servicio en la fase. Se le asigna a la fase al menos el tiempo de verde mínimo a un que no haya demanda en el movimiento. La llamada se elimina tan pronto inicia el verde de la fase afectada y se vuelve a activar al inicio del intervalo de cambio a amarillo. Este tipo de retorno mínimo se puede utilizar donde el sistema de detección este dañado. El modo de llamada de retorno mínimo se usa con mucha frecuencia en la vía principal de una intersección (fase con movimientos directos) en intersecciones semi actuadas no coordinadas.

❖ **Llamada de retorno máximo**

Este parámetro de llamadas de retorno hace que el controlador coloque una llamada continua de servicio a la fase. Esto hace que el tiempo de verde se extienda hasta el verde máximo en cada ciclo. Cuando el parámetro de llamada de retorno máximo es seleccionado para una fase, el verde máximo incrementado comienza al inicio del intervalo de verde de la fase a pesar de la presencia de llamadas conflictivas.

- ❖ Cuando se desea operar la intersección en un modo de tiempo fijo.
- ❖ Cuando no hay sistema de detección presente o si esta fuera de servicio.
- ❖ Cuando no se desea que se pierda el derecho de vía por que las brechas sean mayores que el tiempo de parada (“gap out”).

❖ **Llamada de retorno para peatones (“Pedestrian Recall”)**

Con este parámetro de llamada de retorno para peatones hace que el controlador fije una continua llamada de servicio peatonal en la fase, resultando un controlador con tiempo de

operaciones de pase peatonal y de detención de peatones “walk y flashing don’t walk”. En planes coordinados se les piden llamadas peatonales dentro del intervalo de pase peatonal, permaneciendo este detenido mientras se espera que termine el flujo peatonal.

❖ **Llamada de retorno suave (“Soft Recall”)**

Este parámetro hace que el controlador genere la llamada de servicio de vehículo en la fase en ausencia de una llamada conflictiva. Cuando la fase despliega su indicación verde, el controlador sirve a la fase solo hasta que el intervalo de verde mínimo termine. La fase puede ser extendida si recibe actuaciones.

❖ **Tiempo de pasada**

Algunas veces se llama brecha de pasada (“passage gap”), extensión de vehículo o unidad de extensión, se usa para extender el intervalo de verde tomando en cuenta la demanda presente en el detector. El tiempo de pasada extiende el intervalo de verde de la fase cada vez que recibe la señal de actuación de un vehículo, cada vez que el vehículo despeja el detector da inicio a un nuevo comienzo de tiempo de pasada. La extensión de verde tiene un valor límite llamado verde máximo y esta sujeta a una salida forzada cuando termina este tiempo, a la salida forzada se le llama también terminación por verde máximo.

El tiempo de pasada se usa para encontrar una brecha extensa que apresura la terminación de la fase antes del tiempo de verde máximo. Si el tiempo de pasada es muy corto el tiempo de verde termina antes de darle un adecuado servicio al movimiento vehicular. Si el intervalo de pasada es muy largo se creara demoras en los otros movimientos. El apropiado tiempo de pasada depende de muchas consideraciones como: tipo de zona de detección por carril, longitud de la zona de detección, localización de cada detección, modo de detección, velocidad de aproximación. Idealmente el diseño de detección y la determinación del tiempo de pasada aseguran al sistema un eficiente servicio de colas de vehículos y la terminación de la fase en aproximaciones con alta velocidad.

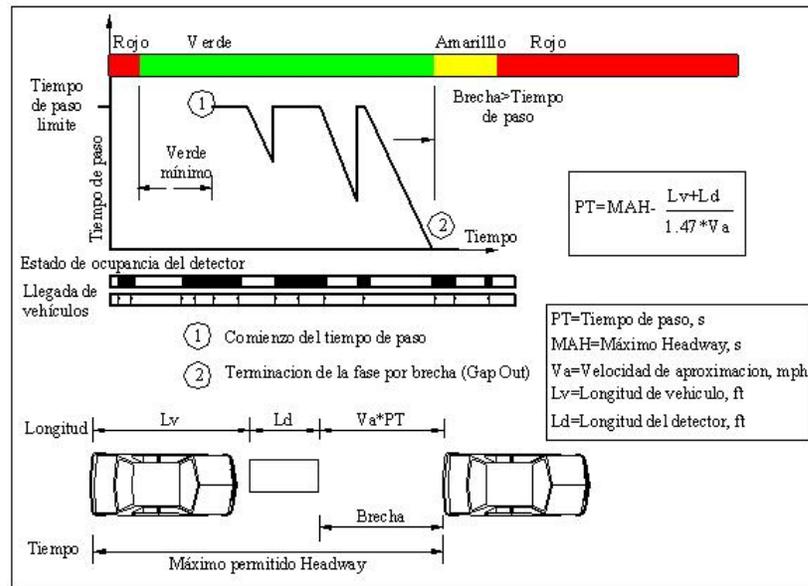


Figura 4.14: Aplicación de un tiempo de paso

El tiempo de pasada comienza a ser medido desde una actuación de vehículo, si la actuación siguiente ocurre antes que termine el tiempo de pasada entonces ocurre un reajuste en la medición del tiempo de pasada, la medición anterior se remueve y se comienza a medir de nuevo. Cuando el tiempo de pasada se termina y no se presenta ninguna actuación de vehículo la fase terminara por brecha (“gap out”) tal como se aprecia en la figura 4.14; en esta figura se ilustra la relación entre tiempo de pasada, brecha y máxima separación permitida entre vehículos (“maximum allowable headway”); para una aproximación de un carril con un solo detector. Estas relaciones se usa para derivar la ecuación que calcula el tiempo de paso.

$$PT = MAH - \frac{L_v + L_d}{1.47 * v_a} \quad (18)$$

donde:

PT= tiempo de pasada, (seg.),

MAH= separación máxima permitida entre vehículos, (seg.),

v_a = velocidad media de aproximación, (mph),

L_v = longitud del vehículo, (pies) y

L_d = longitud de la zona de detección, (pies).

La configuración del tiempo de pasada deberá basarse en tres objetivos:

- ❖ Asegurar el despeje de la cola.
- ❖ Satisfacer las expectativas del conductor.
- ❖ Reducir la frecuencia de salida máxima.

4.2.5 Características de volumen-densidad

Estas características S.T.M. (2008), las categoriza en dos principales: reducción de brecha y variable inicial, ambas proporcionan a los usuarios las alternativas variables para fijar de modo diferente los parámetros de tiempo de pasada (reducción de brecha) y verde mínimo (variable inicial). En la reducción de brecha se provee una nueva forma de reducir el exceso de brecha permitido; La reducción de brecha esencialmente busca agresivamente la oportunidad de terminar la fase. La variable inicial provee una oportunidad de utilizar ciclo a ciclo la demanda de tráfico y variar el tiempo mínimo de la fase. Estas características incrementan la eficiencia del ciclo con las fluctuaciones de la demanda.

❖ Reducción de brecha

Reduce el tiempo de pasada a un valor pequeño mientras la fase esta en verde. Inicialmente la brecha es el valor del tiempo de pasada. Entonces después de un tiempo especificado (tiempo antes de la reducción), el tiempo de pasada es reducido a una brecha mínima usando una gradual reducción sobre el tiempo a reducir. Esta se logra programando los siguientes parámetros en el controlador: el tiempo antes de la reducción, tiempo a reducir y la brecha mínima, su relación se presentan en la figura 4.15.

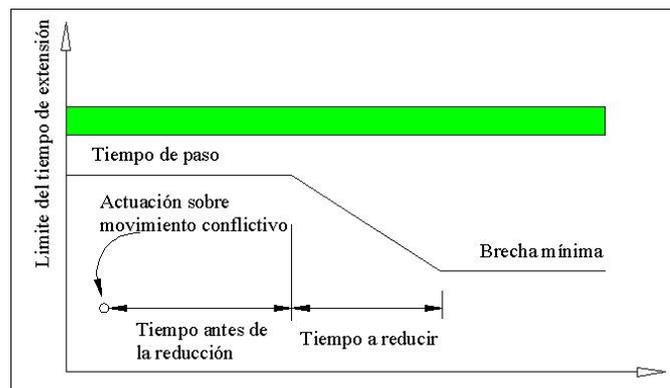


Figura 4.15: Uso de volumen-densidad para el cambio de tiempo de extensión.

El tiempo antes de la reducción se establece después de una llamada conflictiva y antes del comienzo del tiempo a reducir. Este periodo comienza cuando la fase esta en verde y hay una llamada de servicio en la fase conflictiva. Luego de este periodo se presenta una reducción de forma lineal durante el tiempo a reducir. Seguidamente la reducción llega a la brecha mínima para cada actuación del vehículo.

La característica de la reducción de brecha es ventajosa cuando el volumen de tráfico en la fase es alto y es dificultoso diferenciar entre el final de la cola y la llegada aleatoria de vehículos. Esta característica permite al usuario especificar un tiempo de pasada alto al inicio de la fase y proporcionalmente reducir el tiempo de pasada en el momento que la demora para los movimientos conflictivos aumente. La reducción de brecha es una manera efectiva de comenzar la fase con un tiempo de pasada bastante largo cuando los vehículos se mueven en forma lenta, luego el tiempo de pasada tendrá que reducirse por que los vehículos aumentan su movimiento. La reducción de brecha es entonces una excelente forma de obtener una operación más rápida.

❖ **Variable inicial**

La variable inicial es usado en algunos casos para asegurar que todos los vehículos entre la línea de pare y los cercanos al detector rio arriba de la vía sean servidos. La variable inicial usa la actividad del detector para determinar un verde mínimo. Los vehículos que llegan en la fase de rojo que no logren actuar el detector rio arriba de la vía debido a la cola detenida serán detectados y se les extenderá el verde a una medida suficiente que les permita cruzar la intersección, utilizando para esto el tiempo de pasada. Esta característica es aplicable cuando hay uno o más detectores de avance y las fluctuaciones de volumen de tráfico tengan una duración de horas. La configuración de la variable inicial se logra programando los siguientes parámetros del controlador: verde mínimo, agregado inicial e inicial máximo, la relación de estos parámetros se presenta en la figura 4.16.

- ❖ **Agregado inicial** - Este intervalo de tiempo empieza con el intervalo de verde mínimo y por cada actuación de un vehículo durante los intervalos asociados a fase amarilla y roja se suma un valor de agregado inicial. La extensión con el agregado inicial no excede al máximo inicial.

- ❖ **Máximo inicial** - Es el periodo máximo de tiempo al cual el agregado inicial puede llegar extendiendo el periodo de verde inicial.

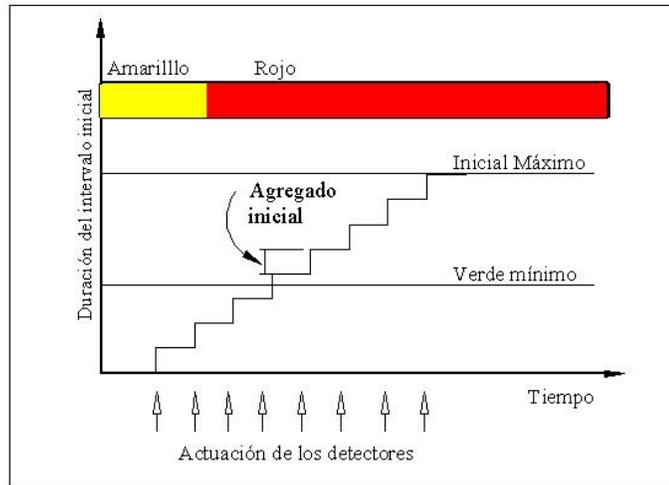


Figura 4.16: Uso del agregado inicial para modificar el verde mínimo

Generalmente el valor del inicial máximo deberá ser determinado usando el cálculo del verde mínimo para el despeje de la cola.

Una común regla para seleccionar el parámetro del agregado inicial es dándole un valor de 2 segundos por actuación para un carril servido, 1.5 segundos por actuación si son dos carriles servidos y 1.2 segundos si son tres o mas carriles. Algunas agencias han desarrollado formulas específicas para determinar el parámetro de agregado inicial, así el departamento de transportación de Los Ángeles utiliza (S.T.M. 2008).

$$AI = 2 + \frac{3}{\frac{MI-3}{2}} \quad (19)$$

donde:

AI= agregado inicial, (seg.) y

MI=inicial máximo, (seg.).

4.3 CONTROLADOR LOCAL

El controlador local de tráfico es un equipo que controla el sistema de semáforos en una intersección. Lo principal del controlador local es definir la secuencia ordenada de tiempos de despliegue de luces de cada semáforo para otorgar derecho de vía a los vehículos que circulan por cada dirección de la intersección. Estos equipos fueron diseñados para una operación electromecánica, el avance de la tecnología ha mejorado el diseño. Los actuales controladores de tráfico reconocen las diferentes señales del sistema de detección utilizando microprocesadores programables, (Nichols & Bullock 2001).

El controlador local se encuentra alojado en una cabina el cual contiene los siguientes componentes auxiliares básicos que interactúan con el controlador tal como se muestra en la figura 4.17:

- ❖ Monitor de conflictos.
- ❖ Unidad de sensores de vehículos y peatones (detectores).
- ❖ Circuitos de salida de conductores (señales de despliegue para conductores).
- ❖ Dispositivos opcionales de comunicación externo (transceptores inalámbricos, internet, etc).

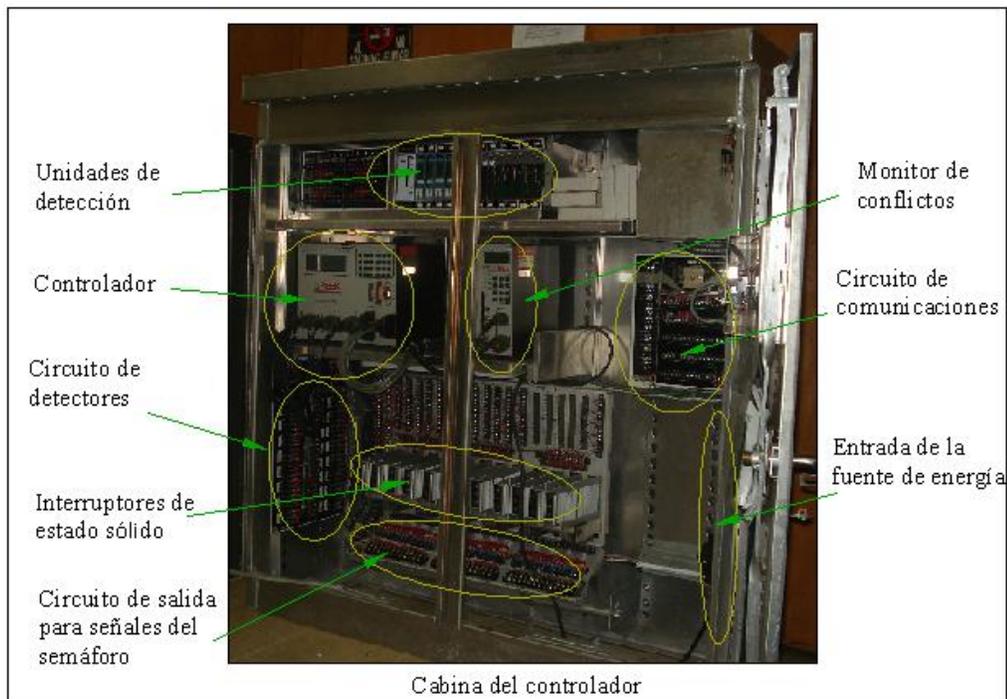


Figura 4.17: Cabina del controlador local con principales componentes

4.3.1 Funciones del controlador local

- ❖ Puede controlar intersecciones aisladas, numerosas intersecciones en una red y cruces peatonales.
- ❖ Conmuta el despliegue de las señales de rojo, amarillo, verde y pase peatonal.
- ❖ Asegura apropiado asignación de derecho de paso de acuerdo al tiempo fijo o intervalos actuados.
- ❖ Puede operara bajo la supervisión de un computador central o controlador maestro, el cual puede alterar intervalos en el controlador local.

4.3.2 Tipos de operación

Tiempo fijo, la operación de tiempo fijo, es cuando el controlador se programa con intervalos de duración fija.

Totalmente actuado, el controlador opera en forma actuada cuando todas las fases del semáforo son controlados, por intervalos variables basado en la demanda de tráfico detectado en la aproximación a la intersección.

Semi actuado - en este tipo solo algunas aproximaciones poseen detectores, las fases no actuadas reciben un intervalo de verde mínimo, que se extiende indefinidamente hasta ser interrumpido por actuación de otra fase. La fase actuada posee un intervalo de verde mínimo que se extiende por las llamadas de los vehículos de la fase hasta alcanzar el verde máximo prefijado.

Volumen-Densidad - programado para operar con un incremento del intervalo inicial y una brecha reducible. Los detectores son colocados en todas las aproximaciones, el intervalo inicial es el tiempo requerido para que la cola entre el detector y la línea de pare se mueva a través de la intersección. Usualmente este tipo de operación es efectivo en intersecciones con alta velocidad o mayores volumen de tráfico, actualmente muchas unidades de control actuados están siendo fabricados con el tipo de operación volumen densidad.

4.3.3 Tipos de controladores locales

La unidad de control de tráfico es el cerebro de una intersección, el comportamiento del controlador local esta determina por el soporte físico en el que se instala y la distribución de sus componentes, se distingue dos tipos de distribución de hardware: configuración interna y configuración externa. La configuración externa integra las funciones de supervisión y comunicación en un soporte distinto al que almacena el controlador local mientras que la versión interna integra todo en un único soporte. La configuración interna realizan tres funciones: comunicación, coordinación y modificación de la base de datos, lo que los hace a los controladores altamente dependientes del fabricante, mientras que los controladores con una configuración externa no disponer de estas funciones lo que les permiten conectarse a cualquier controlador disponible en el mercado (Amable 2000).

Los controladores locales comúnmente usados en intersecciones son los tipos siguientes: NEMA, Tipo 170, ATC. Cuyas ventajas y desventajas se describen a continuación.

Tabla 4.5: Ventajas y desventajas de tipos de controladores

Ventajas	Desventajas
Controladores NEMA	
Vendedor de software específico. Reduce problemas de software/hardware	Las cabinas no son estandarizadas. Propietario del software. Las características propias no pueden ser intercambiadas con otros controladores NEMA. Típicamente requieren largas cabinas. Requieren partes adicionales si existen diferentes modelos dentro de una jurisdicción.
Controlador tipo 170	
Tiene un patrón de disposición y diseño Tiene como alternativa muchos software. Mas fácilmente adaptable a aplicaciones a ITS <i>Intelligent Transportation Systems</i> . Reducido inventario de partes como repuesto.	Tiene problemas de compatibilidad de software y hardware. El software es de alto costo.
Controladores de tránsito modernos ATC	
Compatible con "National Transportation Communications – ITS Protocol NTCIP" Velocidad de procesamiento más rápido. Flexibilidad para aplicaciones de ITS.	Escasa demostración del software. Costoso Variaciones actuales no pueden ser sustituidos

En las pasadas dos décadas, muchos controladores electromecánicos y de estado solido, han sido remplazados por NEMA, tipo 170 y controladores de tránsito modernos “ATC, Advanced Traffic Controller”. Los controladores modernos pueden realizar las funciones sin ninguna operación manual, muchos tienen complicadas configuraciones, teniendo comunicación con otros tipos de controladores.

4.3.3.1 Controladores 3000/3000E

Los controladores de tráfico de la serie 3000/3000E construidos por la empresa Peek Traffic, proporciona un uniforme y coordinado control de una intersección o de un red de intersecciones, Estos controladores pueden configurarse para operar con cualquiera variante o modelos de controlador (NEMA TS-1, NEMA TS2, 170 o NTCIP). La programación de estos controladores se realiza a través del ingreso de datos por teclado o utilizando un software CLMATS el cual se comunica remotamente con el controlador.

Las unidades pueden manejar sensores, llamadas peatonales, llamadas con prioridad, tiempo de programación por día/semana/mes/año y coordinar las operaciones; también cuenta con una variedad de opciones programables (Peek 2008).

❖ Verificación de la versión

Este procedimiento se hace mientras la unidad esta activa:

- ❖ Con unidad en operación, presionar la tecla MENU.
- ❖ Presionar la tecla 1 y abrir el menú Dynamic Menú.
- ❖ Presione el número 7 para abrir nivel del programa.

En esta pantalla se despliega la versión que esta operando la unidad, para regresar el controlador a su estado inicial presionar SHIFT-ENTER.

❖ Hardware en la serie 3000

En la serie de controladores 3000 se tiene variantes, los cuales pueden ser verificados por la configuración del hardware y a través de la memoria de solo lectura que tienen “Firmware”. Las variantes son: la versión 3000, es una variante antigua, equipado con el formato NEMA TS1,

adicionalmente tiene un modulo D el cual tiene unos conectores opcionales para conectarse con otros controladores 3000 y la cabina esta versión no tiene la memoria temporal de solo lectura. La versión 3000E es la nueva versión de controladores de esta serie tiene habilitado el modulo D por el que pueden conectarse con cualquier otro controlador; la versión 3000E tiene a su vez dos tipos, la TS-1 que tiene tres puertos para conectarse con la cabina y la TS-2 que tiene otra manera de comunicarse con la cabina usando protocolos de comunicación, a su vez este tipo TS-2 tiene dos formas de configuración física las TS-2 Tipo 1 y las TS-2 Tipo 2, la primera tiene un solo puerto de conexión con la cabina y las segunda tienen la misma distribución física que el tipo TS-1; tal como se puede ver en la figura 4.18 (Peek 2008).

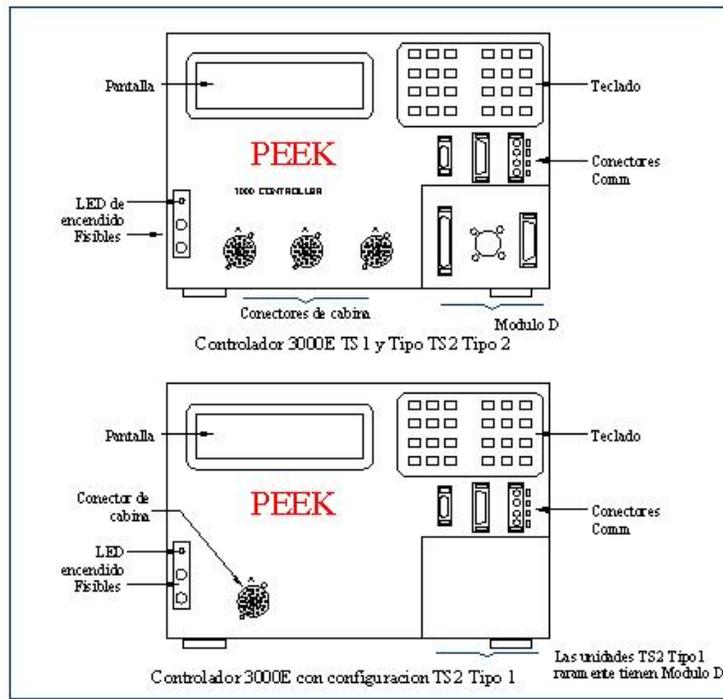


Figura 4.18: Tipos de controladores 3000E

❖ **Características del controlador**

El controlador de señales de tráfico de la serie 3000E está diseñado para manejar las necesidades de la industria de tráfico, esta serie es compatible con los modelos de controladores 1880EL, TCT LMD y todo los controladores NEMA. Para la correcta utilización del controlador se debe conocer las especificaciones de comunicación que el fabricante proporciona y los parámetros de configuración para el sistema, toda esta información la encontramos en el manual de operaciones. Las principales características de un controlador son:

Posee un teclado y una pantalla para poder facilitar la tarea de la programación.

La energía de alimentación es rectificadora y directamente convertida al voltaje que utiliza el controlador, en ningún caso será más de 30 VDC. Para una eficiente operación del equipo y alargar la vida útil se debe hacer trabajar a una temperatura de 15 °C. (Peek 2008).

❖ Conectores del controlador local.

El controlador para su conexión con la cabina y comunicación con otros módulos tiene 6 conectores y 4 puertos (ver figura 4.19); el puerto 2 (RS-232C) puerto serial, conecta con una impresora, monitor, computadora personal, el puerto 3 “modemport”, comunica con el controlador maestro mediante una vía telemétrica y otras comunicaciones auxiliares como la compatibilidad del tipo TS2 a TS1; el puerto 1 (RS-485) se utiliza para controlar la sincronización de datos “Synchronous data link control SDLC” basándose en los estándares NEMA 1992 TS-2.

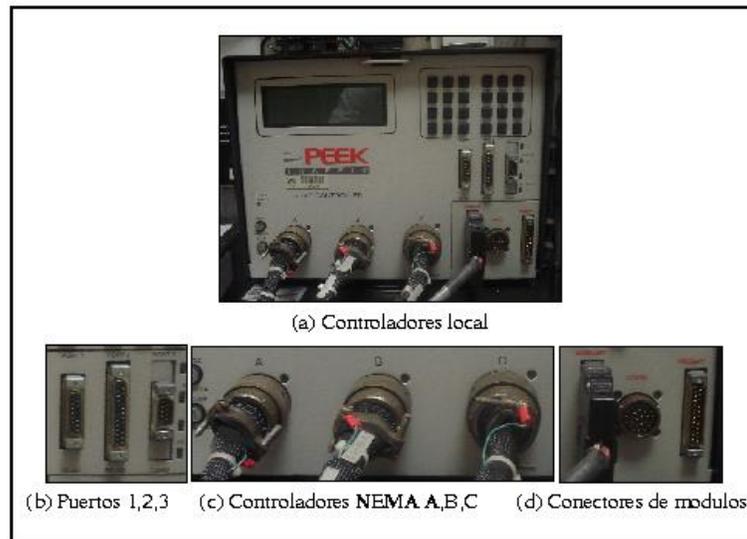


Figura 4.19: Conectores del Controlador local.

❖ Conectores del controlador maestro

El controlador Maestro M3000 Peek Traffic para su conexión y comunicación tiene 2 conectores y 4 puertos sobre el panel frontal, tal como se muestra en la figura 4.20; los conectores se usan para conectarse con las señales de la cabina, el puerto 2 (RS-232C) puerto

serial, se usa para conectar directamente a un computador o intercambio de datos por línea telefónica con el software CLMats.

Cuando el controlador maestro es conectado con el controlador local se puede intercambiar los datos, para comunicarse dentro del sistema de lazo cerrado se requiere de una línea de teléfono instalada en la cabina con el controlador maestro. Si los datos son intercambiados por una conexión directa de un computador personal laptop, no es necesaria la conexión directa con el controlador local de cada cabina. El puerto 3 es para la comunicación con los controladores locales utilizando como medio de comunicación la fibra óptica



Figura 4.20: Controlador Maestro y conectores

❖ Menús

La configuración de los controladores locales se realiza mediante ingreso de datos por teclado, la selección de los parámetros de programación se hacen utilizando una secuencia de menús, por consiguiente para no cometer errores en la programación es necesario una familiarización con la organización de estos menús. Los datos se ingresan con diferentes formatos incluyendo el numérico (si/no y habilitado/deshabilitado). En controladores Peek dentro del menú principal hay una opción para leer la data y otra cambiar la data, en la opción de solo lectura no permite el ingreso y modificación de datos, los datos de configuración del controlador puede ser protegida utilizando un código de acceso antes de ser modificado.

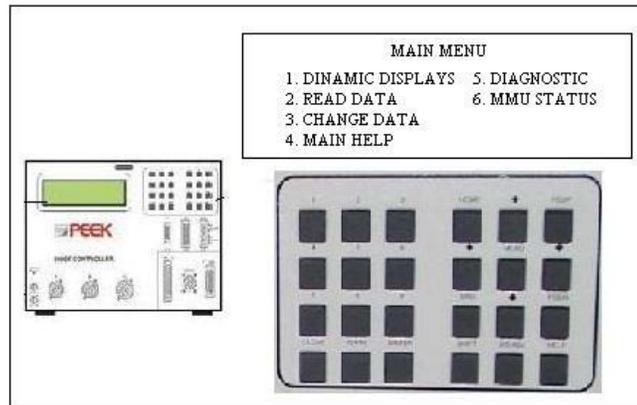


Figura 4.21: Menú principal y teclado del controlador local Peek.

Todos los datos de configuración del controlador se ingresan utilizando el teclado, entonces se hace necesario la descripción detallada del teclado:

- ❖ Home - Esta tecla mueve el cursor hacia el comienzo de la línea, Home + Shift mueve el cursor para el campo del primer dato de la pagina.
- ❖ End - Esta tecla mueve el cursor al termino de la línea, End+Shift mueve el cursor para el campo del ultimo dato de la pagina.
- ❖ PgUp - En menú con entradas de datos de múltiples paginas, esta tecla despliega la pagina anterior ala actual desplegada.
- ❖ PgDn - En menú con entradas de datos de múltiples páginas, esta tecla despliega la página después ala actual desplegada.
- ❖ Las flechas del teclado - estas teclas mueven el cursor en la correspondiente dirección.
- ❖ Menú - esta tecla despliega la pantalla de menú previa, Menu+Shift despliega el menú principal.
- ❖ Disp Adj - Esta tecla ajusta el contraste de la pantalla, sola oscurece y presionando con Shift aclara la pantalla.
- ❖ Help - Esta despliega la pantalla de ayuda relacionando con los datos que se ingresan.
- ❖ Números (0-9) - Presionando el teclado de números entramos la data al correspondiente menú, si antecedemos al número por shift se accede a los números 10, 11...
- ❖ Toggle (0) - Es para seleccionar opciones de si/no o el número 0, presionar varias veces.
- ❖ Enter - Frecuentemente presionamos esta tecla después de entrar datos, antes de salir de un menú, presionamos Shift+Enter abrirá la pantalla de estado.

- ❖ Shift - Esta tecla sola no tiene función, esta solo se usa en conjunto con otras teclas de estado.

❖ Memoria

Los controladores Peek tienen áreas de memoria RAM y EEPROM. El primero acumula la información que esta siendo usada por el controlador, mientras el EEPROM sirve para guardar una permanente copia de seguridad. Cuando se ingresa la información para la configuración del controlador por el teclado, este se guarda en la memoria RAM, y una vez completado la programación estos datos son copiados por el EEPROM. El EEPROM esta ubicado junto al controlador dentro de la cabina. En caso de corte de energía eléctrica o algún otro evento que podrían borrar la memoria del controlador, el EEPROM puede cargarse en el controlador y restablece la configuración inmediatamente. Esta función esta disponible para controladores locales y maestros.

❖ Detectores

Los detectores pueden ser programados en 5 modos de operación y luego ser asignados a las fases. Los cinco modos son: Call/Extend, Call Only, Stretch/Delay, Stop Bar1, Stop Bar2.

Los controladores monitorean cuatro tipo de registros con defecto que son: ausencia “Absence”, sincronizado (“Lucked”), errático (“Erratic”) y presencia mínima (“Minimum Presence”), las fallas de los detectores puede opcionalmente ubicar la especificada fase en llamada de retorno (“Recall”).

4.3.3.2 Inicialización del controlador.

Antes de programar el controlador es necesario borrar toda la información existente en la memoria, cuando no se hace el vaciado de la memoria ocasiona problemas en configuraciones futuras. La manera más rápida para vaciar la memoria y comenzar la programación del controlador es cargando a la memoria los datos pre establecidos por defecto; esta tarea de inicio del controlador se describe a continuación:

❖ Procedimiento para un controlador local

Menú principal/ 3. Cambiar los datos/ 6. Utilidades/ 1. Cargar datos por defecto, “Mainmenu/ 3. Change Data/ 6. Utilities/ 1. Default Data Load”.

En la última ventana seleccionada Default Data Load para el controlador local encontramos cinco opciones de selección diferentes, los cuales son:

1. Controlador (“Controller”)
2. Coordinación (“Coordination”)
3. Tiempos del día (“Time of Day”)
4. Adquisición por defecto (“Preemption”)
5. Opciones especiales (“Specialoptions”)
6. Todo (“All”).

De esta ventana elige la opción seis la cual carga la configuración por defecto completa. En la figura 4.21 se presenta la ventana de configuración por defecto, en el se nota que se puede cargar los datos por partes y no todo la data del controlador puede ser limpiado.

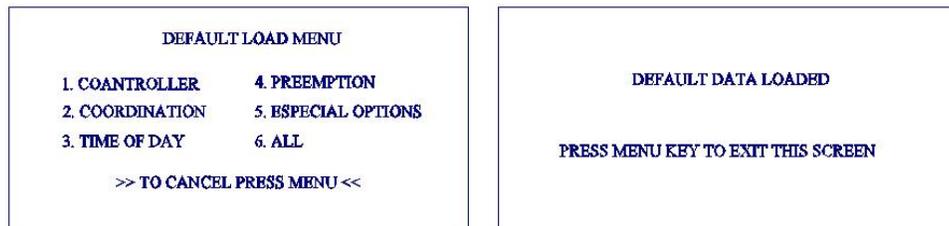


Figura 4.22: Menu de configuración por defecto al controlador local

❖ Procedimiento para un controlador maestro

Menú principal / 3. Cambio de datos / 7. Utilidades / 1. Cargar datos por defecto. “Main Menú / 3. Change Data / 7. Utilities / 1. Load Default Data”.

En la última ventana seleccionada Default Data Load para el controlador maestro se presenta seis opciones de selección diferentes, los cuales son:

1. Control “Control” – control maestro, control local, sensores.

2. Canales (“Channels”) – menú de canales para computador.
3. Periodos del día (“Time ofday”) – menú para periodos del día.
4. Patrón (“Pattern”) – menú de patrones o modelos.
5. Comunicación (“Communications”) – configuración e impresión de funciones.
6. Opciones (“Options”) – no es usado ahora

Si seleccionamos la opción 7 en este menú, se cargara a todo el controlador una configuración por defecto, a la vez se limpia toda la memoria del controlador.



Figura 4.23: Menú de configuración por defecto al controlador maestro

❖ Resumen de pasos para la configuración de un controlador local

Configurar la unidad del controlador se resume en los siguientes pasos, accesorándose a la apropiada pantalla mediante el teclado, donde: MM es el menú principal, el cual es obtenido presionando Shift +Menú, (Peek 2008).

Tabla 4.6: Mínimo requerimiento para un controlador nuevo.

ITEM	DESCRIPCION	TECLEADO
1	Cargar el programa por defecto	MM-3-8-1-1-(1-6)
2	Editar la configuración de fases e intervalos	MM-3-1-1
3	Editar la secuencia de fases habilitadas	MM-3-1-1-PGDN
4	Editar modos de re llamadas de funciones de fases	MM-3-1-2-1 and/or 2
5	Editar el periodo de fases	MM-3-1-3

Tabla 4.7: Posible requerimiento adicional (comúnmente usado).

ITEM	DESCRIPCION	TECLEADO
6	Superposición	MM-3-1-5
7	Asignación de detectores para vehículos y peatones	MM-3-1-4-1
8	Entrada de operación dual	MM-3-1-6
9	Servicio condicional de operación	MM-3-1-7
10	Encendido de detectores y operaciones de copiado	MM-3-1-4-5
11	Operaciones de volumen densidad	MM-3-1-3-PGDN, 3-1-9-3
12	Programación de salida de brecha simultanea	MM-3-1-9-4
13	Usando sobre posición para conductores en la fase	MM-3-7-PGDN

CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROTOTIPOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Según el diccionario de la Real Academia Española un prototipo es un modelo a escala, que trata de reproducir un proceso de la realidad con el objeto de proporcionar a los usuarios una retroalimentación temprana acerca del proceso real.

Las personas que utilizan el prototipo primeramente experimentan algo, ven lo que sucede y luego lo modifican, esta interacción proporciona una retroalimentación instantánea, que permite al usuario ver inmediatamente sus resultados y modificar el modelo tantas veces como sea necesario.

El rápido avance de la tecnología educativa y la constante innovación de las metodologías de enseñanza y aprendizaje, crean elementos que ayudan al aprendizaje como son las herramientas pedagógicas de experimentación (prototipos), con la finalidad de realizar prácticas demostrativas confiables que contribuyan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y mejorar la infraestructura física y equipamiento dedicado al docente. Los prototipos sirven como material didáctico ofrecido a los alumnos con la intención de darles una formación más integral acorde con los avances tecnológicos y científicos.

5.1.1 Etapas del proceso de implementación del prototipo

El proceso de implementación sigue las siguientes etapas:

- ❖ Definición del proyecto de investigación y búsqueda de disponibilidad de componentes, así como información técnica relacionada al prototipo (internet, libros, manuales de operación).

Definido los dos prototipos (sistema inteligente de transporte y controlador de semáforos) se elabora el proyecto de construcción de los prototipos utilizando para esto toda la información bibliográfica encontrada y los manuales de operación de los componentes que conforman los

prototipos. En este expediente se identifican características funcionales y especificaciones técnicas de los dos prototipos. Así mismo se obtienen los planos detallados de los prototipos para facilitar su implementación.

Esta documentación de los prototipos es útil para trabajos de mantenimiento luego de haber sido implementados. Además la documentación la utilizarán quienes comienzan a entender la funcionalidad de los prototipos pues les sirve como un manual de instrucción y operación.

- ❖ Luego se define el proceso de implementación y construcción del prototipo estableciendo la secuencia de operaciones para su ejecución.

En esta etapa se identifican los principales equipos, maquinarias y herramientas que intervienen en los distintos procesos de ejecución de los prototipos, para luego establecer una sucesión de operaciones que nos llevará a la implementación de los prototipos.

- ❖ Examinar la forma segura de ejecución de los prototipos, y una vez implementado el prototipo verificar el funcionamiento integral de los equipos.
- ❖ Construir la maqueta considerando todo lo especificado en el expediente del proyecto (escala de los planos, materiales utilizados y verificación individual de los elementos de cada prototipo). Todo esto se realiza en el laboratorio.
- ❖ Implementación del prototipo. Para esto se debe tener presente lo siguiente:

En esta etapa el personal técnico realiza operaciones empleando herramientas y maquinarias manuales, esas operaciones se efectúan siguiendo procedimientos seguros de trabajo, esto significa que considera la seguridad personal como elemento principal.

Una vez terminada la implementación se deben hacer pruebas de configuración y ajuste de parámetros para el correcto funcionamiento de los prototipos.

5.1.2 Área disponible para el manejo de información de los prototipos y presupuesto estimado

El área disponible para el procesamiento de datos y recepción de información será el laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez; el laboratorio está ubicado en el edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura, en el segundo pasillo transversal del segundo piso, junto al laboratorio de suelos. El área del laboratorio será utilizado para colocar los dos prototipos según la distribución de la figura 5.1, el prototipo de control de semáforos estará a la entrada del laboratorio que está numerado en la figura con el numero 2 y el área del interior numerado con 1 se utilizará para la recepción y procesamiento de información del prototipo de sistema inteligente de transporte con tecnología inalámbrica. Esta última área se compartirá con una sala de estudios y almacén de instrumentos. El área total del laboratorio es de 33.75 metros cuadrados.

El desglose de los costos se presenta en el apéndice A, estos incluyen costos unitarios, presupuesto, basándonos en cotizaciones por empresas comercializadoras cuyas fuentes se presenta al pie del presupuesto.

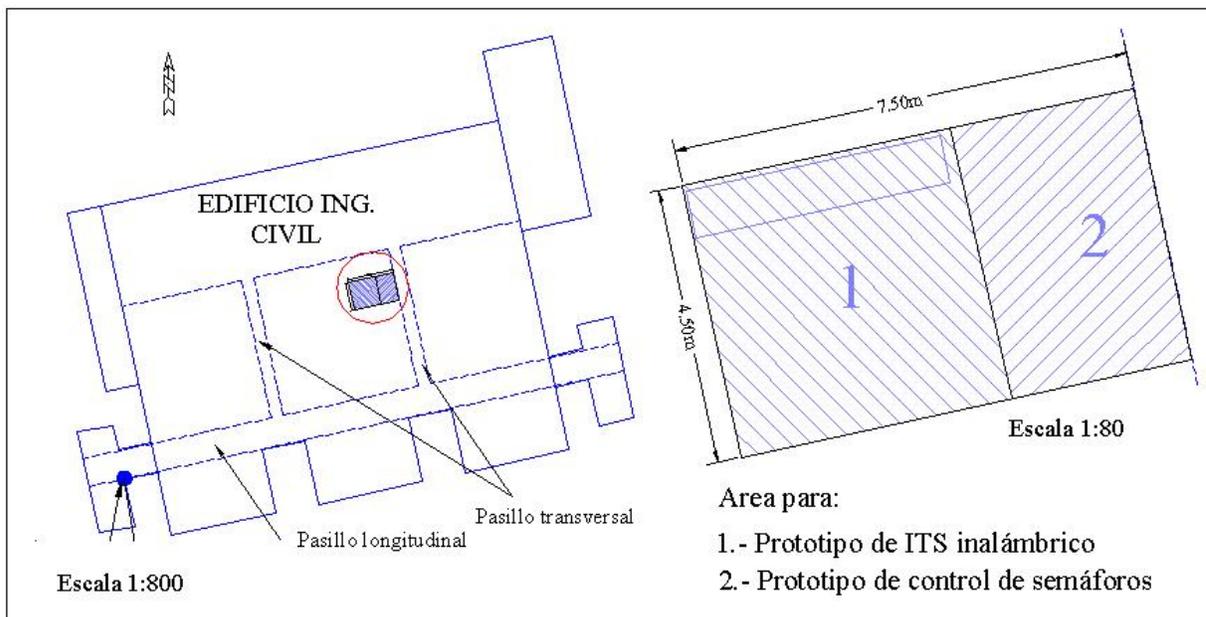


Figura 5.1: Área disponible para los prototipos

5.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE DE TRANSPORTE CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

El laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez tiene equipos útiles para la construcción de los prototipos, los cuales prototipos se utilizaran como material de enseñanza para los estudiantes del departamento.

El perfeccionamiento del sistema de transporte se realiza mejorando la infraestructura y el control permanente del tránsito. El control de tránsito está relacionado a la transmisión de información en forma rápida y económica, siendo una alternativa de solución la aplicación de tecnología moderna en comunicación (telemática). El avance del transporte unido a la telemática crea los llamados sistemas inteligentes de transporte; esta nueva tecnología contribuye en la solución de una gran cantidad de problemas del sistema de transporte. Creando de esta forma sistemas que incluyen dispositivos de control, administración y respuesta rápida ante la ocurrencia de incidentes.

5.2.1 Descripción general del sistema.

El prototipo aplicado a sistemas inteligentes de transporte se construirá aplicando una tecnología inalámbrica en la transmisión de información. Este prototipo se empleará para una intersección específica. Con este propósito se seleccionó la intersección de la carretera PR-108 con la calle Simón que sale del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPR desde el área de Ingeniería Agrícola.

Con el prototipo implementado podrán hacerse estudios de tráfico en la intersección y estudios de peatones. Con la información obtenida podemos mejorar del diseño geométrico de la intersección, realizar estudios de movimientos, conteos y clasificación de vehículos.

El prototipo está constituido por los siguientes elementos: una cámara de video tipo domo, dos antenas inalámbricas, dos tableros de control, un teclado de control, un procesador de imágenes (Rackvision), un computador y un monitor. Todos estos elementos están conectados

formando un ejemplo de aplicación de sistema inteligente de transporte tal como se presenta en la figura 5.2.

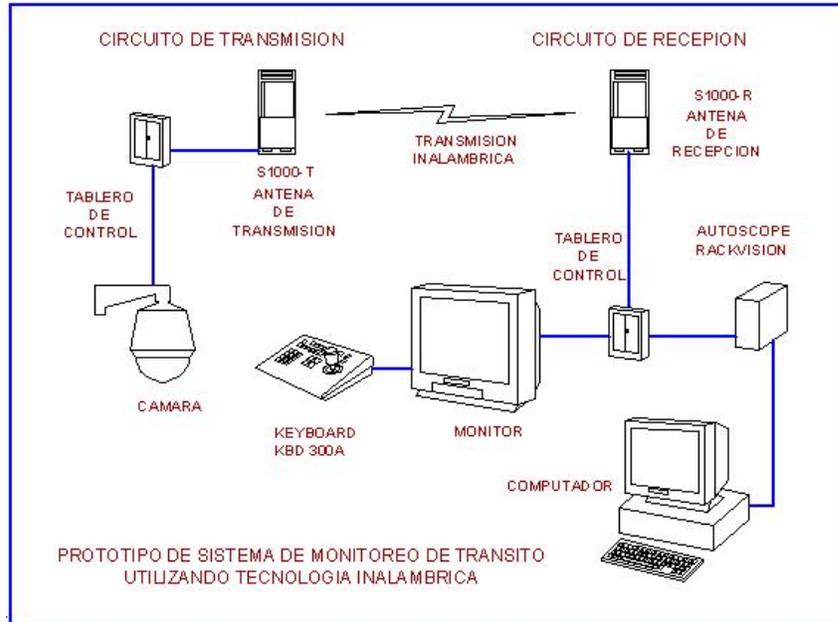


Figura 5.2: Prototipo de Sistema Inteligente de Transporte con tecnología inalámbrica

En esta figura se pueden diferenciar dos redes: la red de transmisión y la red de recepción, ambos circuitos se enlazan mediante una conexión inalámbrica.

5.2.2 Descripción de los componentes del prototipo

5.2.2.1 Red de transmisión

La red de transmisión es la primera porción del prototipo que se compone por los siguientes elementos: la cámara, el tablero de control y la antena de transmisión, todos ellos unidos a través de una conexión por cable. Esta red estará instalada en el puente peatonal ubicado sobre la carretera PR-108 el cual sirve para el acceso de los estudiantes a las áreas de Ingeniería Química e Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPRM.

En la figura 5.3 se muestra la conexión de los tres componentes principales del red de transmisión instalados en la parte superior del puente peatonal.

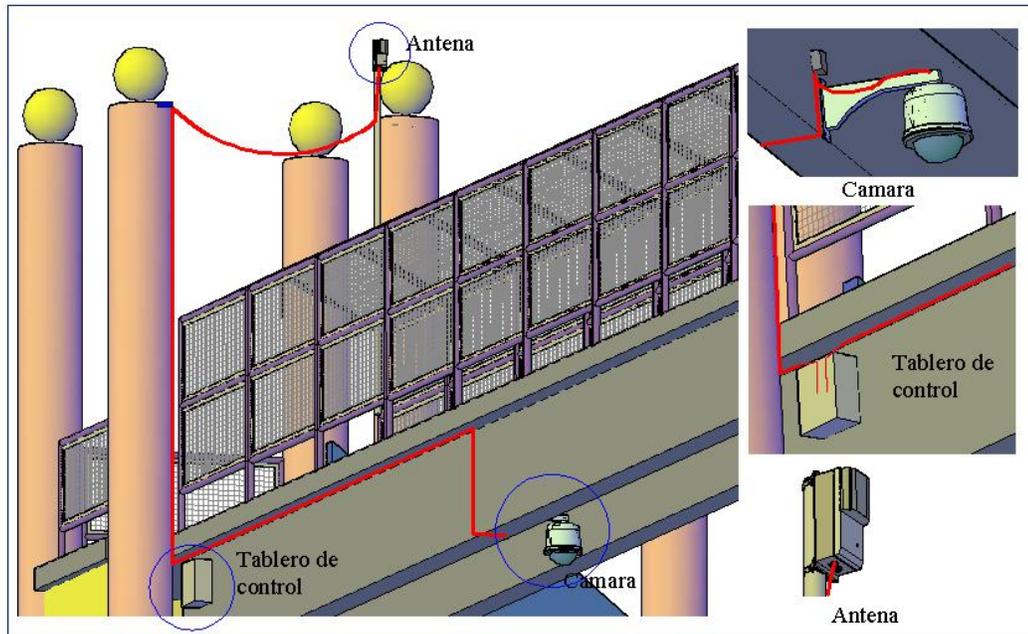


Figura 5.3: Red de transmisión

Descripción de componentes de la red de transmisión

❖ Cámara de video domotico (Domo Spectra III_Pelco)

El término domotica lo inventaron los franceses; proviene del término latín “domus” que significa casa, y el sufijo “tíque” que está ligado a las nuevas tecnologías, en conjunto tienen un significado de edificios inteligentes. Este tipo de cámara se utiliza también como parte de sistemas de seguridad. La domotica tiene múltiples aplicaciones.

Para la construcción del prototipo se tiene una cámara tipo domo suspendido con una forma de instalación interior/exterior-protegido, esto significa que cuando se instala en exteriores es necesario que posea cubierta que le proteja de la lluvia y exceso de humedad (caja posterior y domo inferior, ver fig. 5.4). Para la instalación y uso de la cámara domo, se debe consultar el manual de instalación y operaciones que el fabricante proporciona al momento de comprarlo.

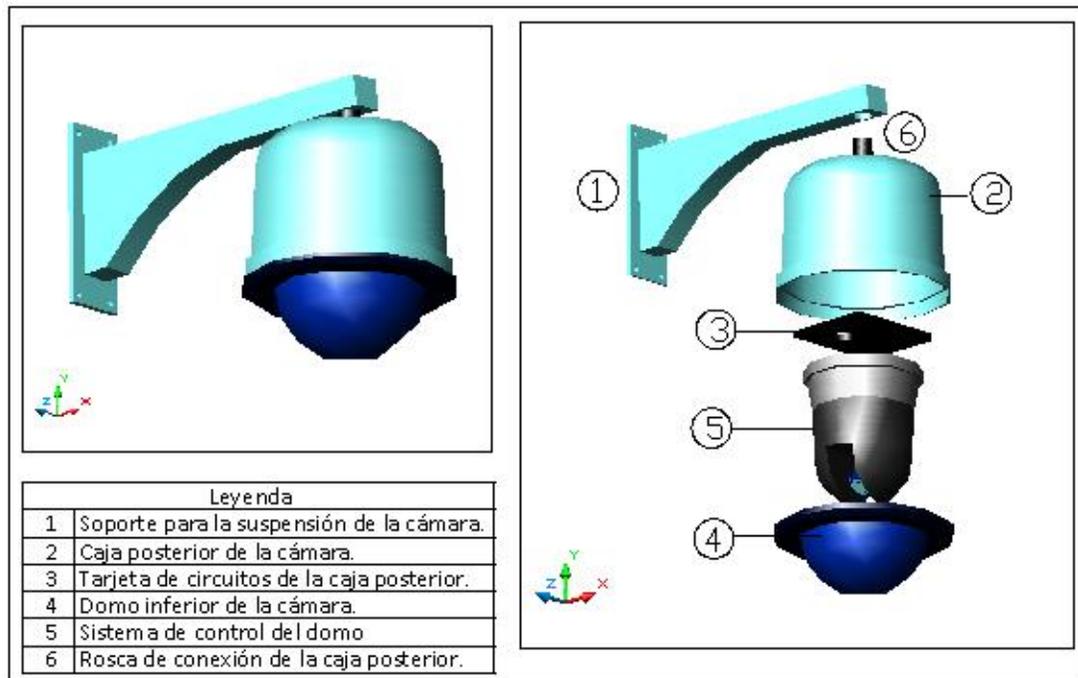


Figura 5.4: Partes de la cámara de video tipo domotica

Tal como se aprecia en la figura 5.4, las partes de la cámara tipo domo suspendido son:

1. Soporte para la suspensión de la cámara.
2. Caja posterior de la cámara.
3. Tarjeta de circuitos de la caja posterior.
4. Domo inferior de la cámara.
5. Sistema de control del domo
6. Rosca de conexión de la caja posterior con el soporte.

Especificaciones técnicas de la cámara

Especificaciones de construcción

- ❖ Caja posterior, suspendida de aluminio.
- ❖ Control del domo de aluminio-plástico.
- ❖ Domo inferior de acrílico.

- ❖ Giro de 360 grados de rotación continua con velocidad de 0.1-80 grados/segundo en operación manual, en inclinaciones de 0.1-40 grados/segundo.

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje suspendido interior/externo.

Temperatura de operación

- ❖ Para montaje suspendido estándar máxima de 60° C y mínima de -4° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 24±10% V.
- ❖ Fusible de 1.25 A.
- ❖ Salidas auxiliares 2

La selección de los cables de conexión se hace tomando en cuenta pérdidas de tensión debidas al recorrido de tensión a distancias largas y la conducción de la corriente (calibres de los cables).

Para la configuración de la cámara, es necesario leer todo el manual provisto por el fabricante, por su extensión no se considera en este escrito.

Procedimiento de instalación

Para la instalación de la cámara se lleva a cabo el siguiente procedimiento (ver figura 5.7).

- ❖ Instalar el soporte para la suspensión de la cámara.
- ❖ Introducir los cables de conexión a la cámara. Para esto, en el interior de la caja posterior de la cámara se deberá abrir la compuerta que lleva bisagra, y tomar en cuenta los elementos que la fijan (lengüetas).
- ❖ Fijar la caja posterior al soporte mediante un elemento roscado.
- ❖ Hacer la conexión de los cables con la tarjeta de circuitos de la cámara dentro de la caja posterior. Aquí se verificar cada terminal para una correcta conexión y luego cerrar la puerta, la conexión se hace tal como se muestra en la siguiente figura 5.5:

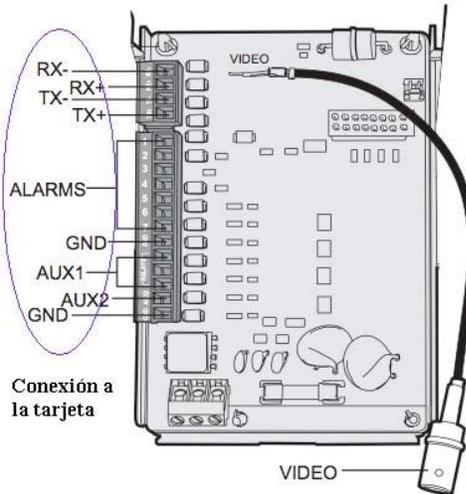


Figura 5.5: Tarjeta de circuitos de la cámara

- ❖ Fijar la correa de la caja posterior con el domo inferior.
- ❖ Fijar la dirección de recepción y la velocidad del sistema. Para esto se hace la configuración de los conmutadores DIP, SW1, SW3 que se encuentran al costado del sistema de control. Cuando se conecta más de un domo al mismo controlador, se debe colocar el conmutador SW2 en la posición de encendido. La configuración predeterminada SW1-1 debe estar en la posición de encendido “ON” y todos los demás en posición apagados “OFF”. Según el tipo de control que tiene la cámara, se elige la configuración del conmutador SW3 (cantidad de velocidad de transmisión en baudios). Para el control de este tipo de cámara se tienen dos tipos de control, el control tipo D con 2400 baudios y el tipo P con mayores baudios. La configuración del SW3 se hace con la tabla siguiente:

Tabla 5.1: Configuración del conmutador SW3 (cantidad de baudios)

Número de Conmutador	SW3-6	SW3-7	SW3-8
2400 baudios (predet.)	off	off	off
4800 baudios	on	off	off
9600 baudios	off	on	off

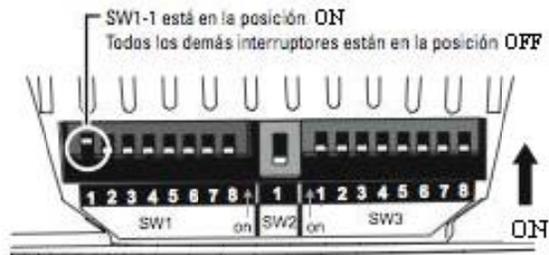


Figura 5.6: Configuración predeterminada de los conmutadores.

Para más detalle de las instrucciones se debe utilizar los manuales de configuración e instalación de la cámara.

- ❖ Instalar el sistema de control del domo, alinear las lengüetas, y presionar los extremos de las lengüetas hasta que ambos lados calcen a presión en su sitio.
- ❖ Instalar el domo inferior y apretar los tornillos que fijan con la caja posterior.

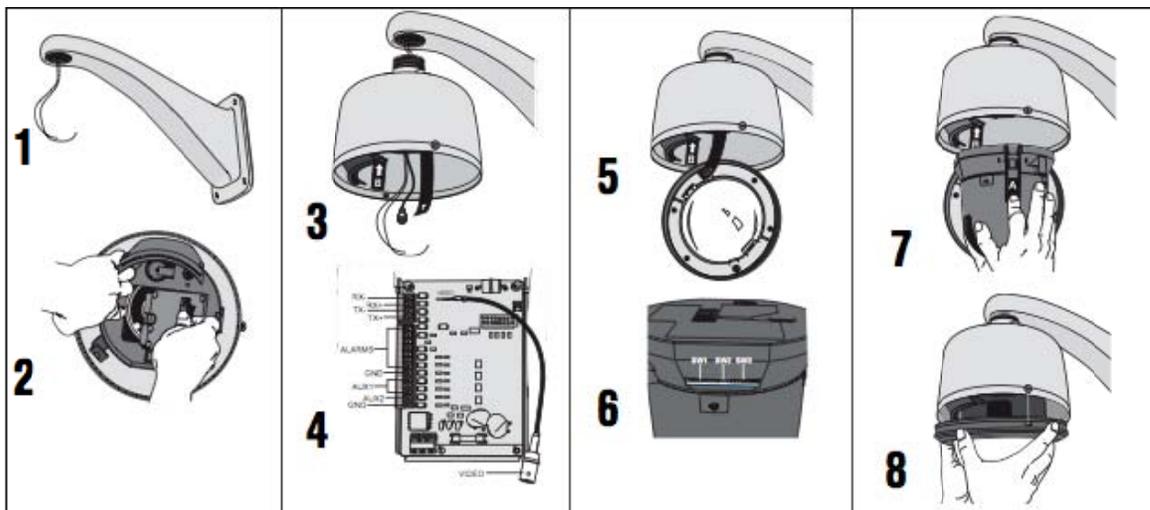


Figura 5.7: Procedimiento de instalación de la cámara

❖ **Antena de transmisión (“Smart Sight 1000”)**

La antena Smart Sight 1000 es un producto para transmisión de señales de video, diseñado en el mercado para CCTV (circuito cerrado de televisión). Este ofrece una señal segura 100 veces más robusta a la interferencia convencional del sistema análogo AM/FM. La antena S1000 utiliza un modo de transmisión privado protegido llamado encriptado. El sistema de transmisión

esta constituido por dos antenas inalámbricas una antena de transmisión (S1000-TX) y una antena de recepción (S1000-RX).

Los componentes electrónicos de la antena S1000 están protegidos por una carcasa de aluminio resistente a la intemperie. Todas las conexiones de los cables se realizan por la parte inferior del módulo para protegerlos de los cambios climáticos (lluvias, nieve e insolación). En la parte frontal de la antena S1000 se localiza un indicador de luz, que muestra el estado de operación del módulo.

Para una adecuada configuración del sistema, se cuenta con un software del S1000 el cual permite seleccionar el canal adecuado y el rango de frecuencia para la señal que se transmite.

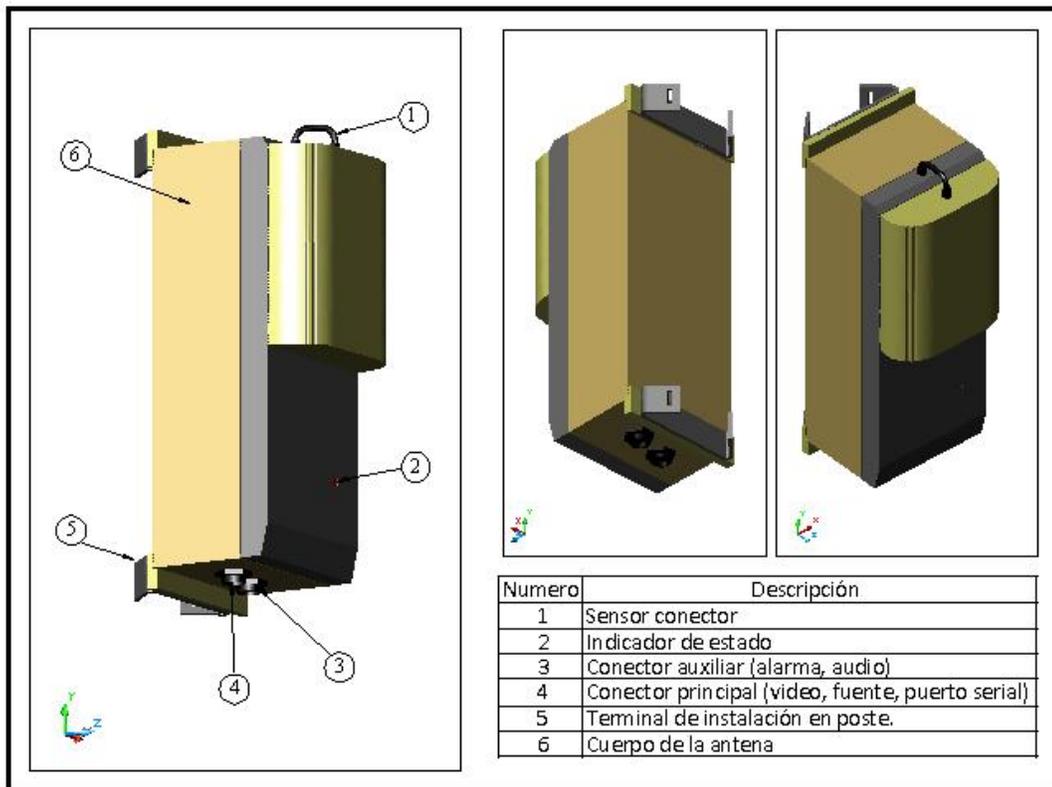


Figura 5.8: Partes de la antena inalámbrica Smart Sight 1000

La antena de transmisión S1000-TX tiene las siguientes partes principales: un sensor que conecta el panel frontal con el cuerpo de la antena, un LED indicador del estado de operación de la antena, un conector para transmitir señales de audio y alarma, un conector principal por el cual se transmite la señal de video y la energía eléctrica para el funcionamiento de la antena, dos

soportes metálicos para la instalación en el poste que lo sostiene y el cuerpo de la antena donde se encuentran todos los componentes electrónicos de la antena; tal como podemos apreciar en la figura 5.8.

Especificaciones técnicas de la antena

Especificaciones de construcción

- ❖ Cuerpo de la antena de aluminio.
- ❖ Conectores circulares de pines construidos en material plástico
- ❖ Terminales de fijación construidos de material metálico (acero inoxidable).

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambiente exterior, tener en cuenta la visibilidad directa de las antenas.
- ❖ La temperatura de operación está entre una máxima de 50° C y mínima de -20° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 12 V \pm 10%.
- ❖ Fusible de 1.25 A.
- ❖ Una salida auxiliar para transmisión de señal de audio y alarma

Instalación del sistema de antena inalámbrica S1000

Después que el sistema haya sido satisfactoriamente configurado se prosigue a la instalación; el rendimiento de la antena se puede mejorar haciendo una planificación de servicio.

- ❖ El montaje de la antena S1000-TX se hace sobre un poste de acero galvanizado utilizando unas abrazaderas de acero, el poste es fijado a la estructura mediante abrazaderas con tornillo de fijación.
- ❖ La conexión de la antena S1000 a la red se realiza mediante un conector circular de 9 pines tipo bayoneta de color negro que se ubica en la parte inferior de la antena.
- ❖ Enviar el cable de extensión para la cámara. Las conexiones de la fuente de energía se realizan dentro de la cámara. Si se utiliza una caja de registro (interconexión), se pueden enviar todos los conductores a la caja y luego a la cámara (Domo).

- ❖ Conecte los conectores de la cámara con antena de transmisión y la antena de recepción con los conectores del teclado universal según la figura 5.9.

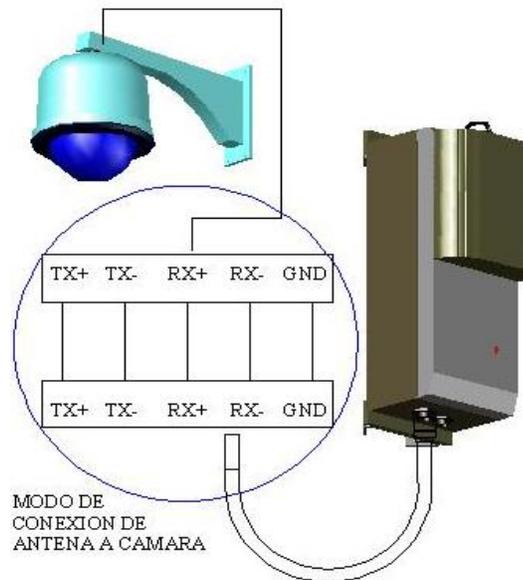


Figura 5.9: Instalación de la cámara con la antena de transmisión

- ❖ Alinear afinadamente los módulos S1000-TX y RX, ambas antenas tienen que tener una línea de visión buena sin obstáculos intermedios.

❖ **Tablero de control**

El tablero de control para la red de transmisión es de material aislante (plástico) con una sola tapa que se cierra mediante cuatro tornillos metálicos y tiene dimensiones de 0.40x0.40x0.20 metros. Este tablero está instalado en la parte inferior de la plataforma del puente tal como se aprecia en la figura 5.10.

El tablero de control en su parte interior aloja un componente que tiene la finalidad de centralizar el control de la red de transmisión para facilitar la funcionalidad de operación del sistema. Los principales beneficios que se obtienen al utilizar tableros de control en las redes son facilitar el montaje de los elementos de protección y control en un reducido espacio, facilitar las tareas de mantenimiento y proteger los elementos del exceso de humedad.

Los componentes del tablero de control en esta etapa son: un supresor de picos, dos transformadores reductores de voltaje (para la cámara y para la antena), un termo magnético con fusible protector y conectores de tierra. La distribución de estos componentes se presenta en la figura 5.10.

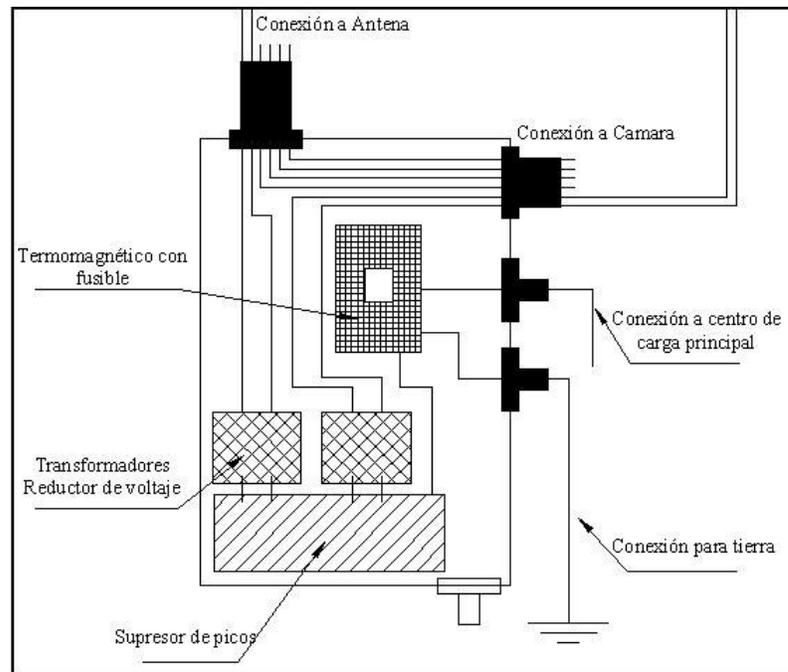


Figura 5.10: Tablero de control de la red de transmisión

Especificaciones técnicas del tablero de control

Especificaciones de construcción

- ❖ El cuerpo del tablero es construido con un material plástico endurecido con una tapa que cierra con cuatro tornillos.

- ❖ El tablero tiene agujeros para la conexión de la antena, cámara, fuente de energía, conexión a tierra, y ventilación/desagüe.
- ❖ La fijación del tablero se realiza mediante cuatro tornillos.

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambiente exterior protegido del exceso de humedad (lluvia)
- ❖ La temperatura de operación esta entre una máxima de 40° C y mínima de -10° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 120 VCA.
- ❖ Transformadores de reductores de tensión de 120/24 VCA.
- ❖ Termo magnético de 2 A con fusible de 1.25 A.
- ❖ Una salidas de puesta a tierra para proteger los componentes del sistema contra descargas eléctricas.
- ❖ Un supresor de picos para tensión de 120-240 VCA.

5.2.2.2 Red de Recepción

La red de recepción es la segunda parte del prototipo compuesta por la antena de recepción, el tablero de control, el procesador de imágenes, el computador, el monitor y el teclado universal “Keyboard”, todos estos están unidos a través de una conexión por cable; Esta parte del prototipo esta instalada en la parte sur-este del edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPRM.

En la figura 5.11 se muestran los componentes de la segunda parte del prototipo, conectados de acuerdo a su operación conjunta, se puede apreciar la ubicación de la antena (E) en la parte superior de la entrada al edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura.

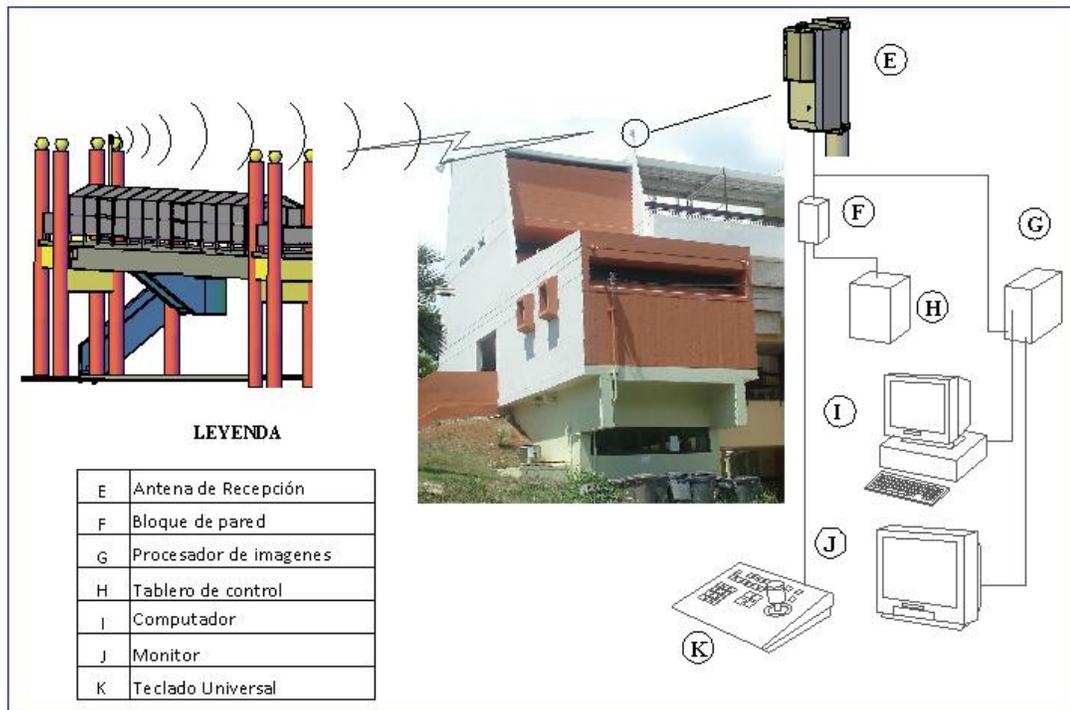


Figura 5.11: Red de recepción

Descripción de componentes de la red de recepción

❖ Antena de recepción (“Smart Sight 1000”)

La descripción de esta antena es la misma que la antena de transmisión la única diferencia es su codificación, antena de recepción S1000-RX. Esta antena es la que recibe la señal de video y para su operación correcta tiene que estar alineada directamente con la antena de transmisión.

En la figura 5.12 se puede apreciar la relación de la cámara con las antenas y el teclado universal, adicionalmente se muestra las conexiones que tienen que realizarse entre estos cuatro equipos.

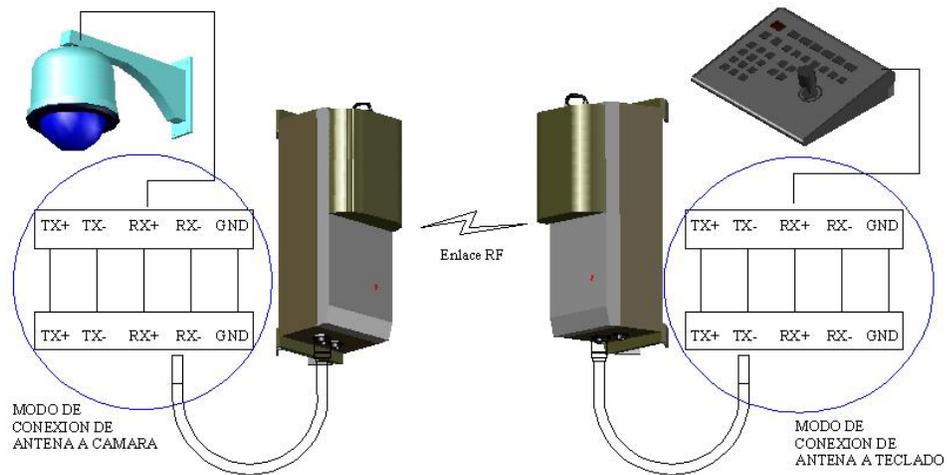


Figura 5.12: Instalación de antena de recepción con teclado universal

❖ Bloque de pared (RJ-45)

Es un elemento de la red que sirve para unir las conexiones del teclado universal, la antena de recepción, el monitor y el tablero de control. Está construido de material plástico endurecido, tiene una forma de caja, dentro de esta aloja ocho conectores tipo terminal, estos conectores simples se agrupan para convertirlos a un conector RJ-45 al cual se conecta el teclado universal. Se fija en la pared cerca al teclado universal, monitor y tablero de control, tal como se muestra en la figura 5.13.

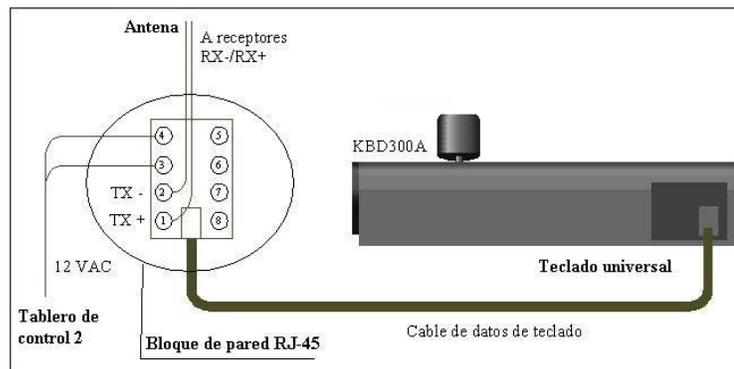


Figura 5.13: Instalación del bloque de pared

❖ Procesador de imágenes

El procesador de imágenes que se utiliza en la construcción del prototipo es Rackvision fabricado por Autoscope, el cual opera unido a otros componentes formando el sistema de procesamiento de imágenes. El sistema de procesador de imágenes está constituido por una cámara, un computador y un software para interpretar las imágenes y convertirlas en datos de información de tráfico. El procesador de imágenes detecta al vehículo mediante un análisis de los cambios sucesivos de la imagen.

El procesador de imágenes posee un procesador de video de doble canal, modular NEMA con montaje simple o una unidad con montaje automático. Este procesador procesa videos de alta calidad de color o blanco y negro con un formato AIS “Autoscope Image Sensor”, o de CCTV con cámaras de especificaciones mínimas, o de videos grabados en formato digital. Rackvision detecta vehículos y los almacena en un archivo de datos de tráfico, posee un puerto de interface con el controlador de tráfico. El Autoscope Rackvision posee una tarjeta de compresión que le permite instalarse independientemente o estar integrado a una red de comunicación de Autoscope Solo. Cuando se conecta el procesador de imágenes Rackvision con el controlador de semáforos este trabaja como una interface. En la figura 5.14 se muestra el panel frontal del Rackvision.

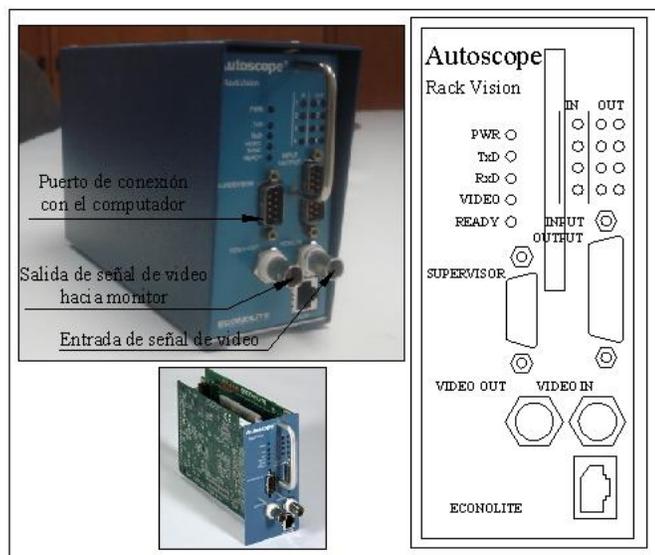


Figura 5.14: Rackvision

Especificaciones técnicas del procesador de imágenes Rackvisión-Autoscope.

Especificaciones de construcción

- ❖ Cuerpo de acero con dimensiones (altura x ancho x longitud) 4.5 pulg. x 2.25 pulg. x 7.0 pulg.
- ❖ Tiene 5 conectores: dos de pines, dos del tipo BNC y un RJ-45.
- ❖ Dentro del Rackvision se tiene dos placas impresas con los elementos electrónicos.

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambiente interior.
- ❖ La temperatura de operación esta entre una máxima de 74° C y mínima de -34° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 10 a 28 VDC. con una potencia entre 5 a 10 W.
- ❖ La salida y Entrada de video tienen conectores BNC compuesto 75 Ω 1 Vpp.
- ❖ Para la comunicación tiene tres puertos adicionales DB-9 Macho, DB-15 hembra y RJ-45.
- ❖ Tiene un transformador reductor de tensión en la alimentación.
- ❖ En la parte frontal posee unos LED de color rojo que indican el estado de operación (ver la tabla 5.2), sincronización del video y supervisión de la comunicación del Rackvision.

Tabla 5.2: Funciones que indican los LED de la parte frontal del Rackvision

Indicación del conector	Función
PWR	Se activa el LED cuando está con energía eléctrica
Video SYNC	Indica la presencia de buena señal de video
Sup. RxD	Indica que el Rackvision está recibiendo datos
Sup. TxD.	Indica que el Rackvision está transmitiendo datos
IN	Leds de entrada
OUT	Leds de salida

❖ Tablero de control

El tablero de control para el circuito de transmisión es de material aislante con una tapa, que cierra mediante dos bisagras, tiene las siguientes dimensiones 0.40x0.25x0.20 todas las medidas están en metros. Este tablero está instalado en el laboratorio de ingeniería de transportación.

El tablero de control en su parte interior tiene componentes que tiene la finalidad de centralizar el control de la red de transmisión para facilitar la funcionalidad de operación del sistema, tal como se muestra en la figura 5.15.

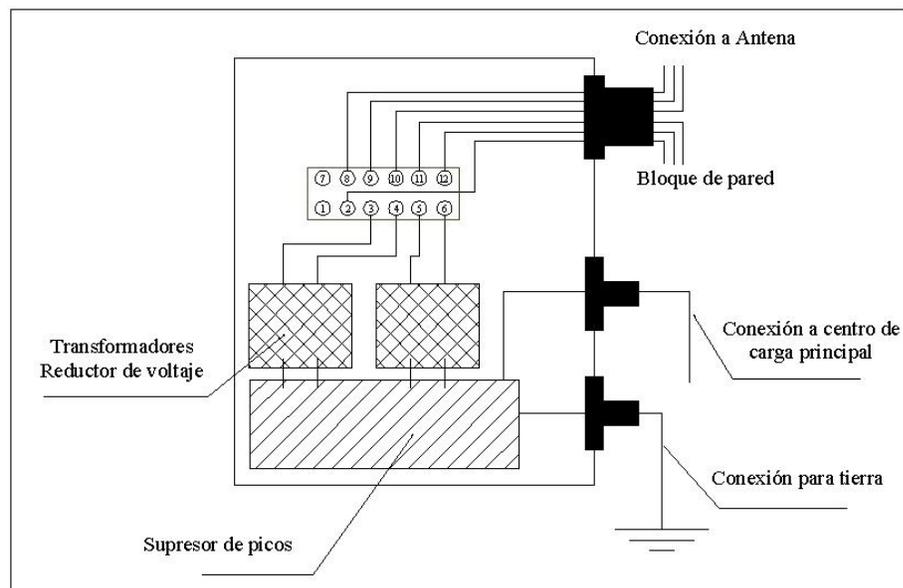


Figura 5.15: Tablero de control de la red de recepción

Los componentes del tablero de control son: un supresor de picos, dos transformadores reductores de voltaje (para el teclado universal y para la antena) y conectores de tierra.

Especificaciones técnicas del tablero de control

- ❖ El carcasa del tablero es construido de madera con tapa.
- ❖ El tablero tiene agujeros para la conexión de la antena, fuente de energía, conexión a tierra, y ventilación.
- ❖ La fijación del tablero se realiza mediante tornillos.

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambiente interior protegido del exceso de humedad.
- ❖ La temperatura de operación esta entre una máxima de 40° C y mínima de -10° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 120 VCA.
- ❖ Transformadores reductores de tensión de 120/24 VCA.
- ❖ Una salida a tierra que protege los componentes del sistema contra descargas eléctricas.
- ❖ Un supresor de picos para tensión de 120-240 VCA.

❖ **Computador**

También denominado ordenador es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil. Con la ayuda de software ejecuta una gran variedad de secuencias de instrucciones con precisión y rapidez, de acuerdo a una amplia gama de aplicaciones prácticas; a esta secuencia se le denomina programación. La computadora para su procesamiento necesita de datos de entrada “input”, luego del procesamiento proporciona un producto final llamado “output”, esta información ultima es importante el cual puede ser grabada en discos de almacenamiento o en otras formas que permitan su uso posterior.

❖ **Monitor**

Es un dispositivo importante conocido como pantalla, consola, CRT (tubo de rayos catódicos), cuando se utiliza en un sistema de procesamiento de imágenes el monitor se usa para ver los resultados de lo que el procesador hace con la señal de video. Dependiendo de la señal de video que se recibe existen dos tipos: monitores analógicos y monitores digitales.

Para la construcción del prototipo se tiene un monitor analógico de 20 pulgadas marca Panasonic a color, tiene una codificación de WV CK2020A.

Especificaciones técnicas del monitor

Especificaciones de construcción

- ❖ La carcasa del monitor es de plástico endurecido.
- ❖ Tiene un panel de control en la parte frontal inferior.
- ❖ La entrada y salida de la señal de video se realiza a través de conectores BNC ubicados en la parte posterior del monitor.
- ❖ Tiene un ajuste automático de la impedancia que generalmente esta en 75 Ω .

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambiente interior con humedad menos de 90%.
- ❖ La temperatura de operación está entre una máxima de 50° C y mínima de -10° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 120 VCA, 60 Hz.
- ❖ Potencia de consumo 75 W.
- ❖ Resolución horizontal de 500 TV líneas al centro.
- ❖ Posee un indicador de operación tipo LED.

Teclado universal (KBD300A)

El teclado KBD300A es para el manejo de la cámara. Tiene forma de teclado de escritorio que tiene incluido un joystick de tipo barril que proporciona un control de giro horizontal y vertical. Al hacer girar el joystick en sentido horario o anti horario controla el acercamiento o alejamiento del lente (zoom).

Las teclas seleccionan cámaras y monitores, abren y cierran el iris, activan el zoom y el enfoque de la lente, inician y detienen la exploración automática aleatoria y administran pre programaciones. El teclado se usa en seis modos de operación: Modos CM6700/CM6800/CM9760-SAT, directo P, directo D, CM6700 ASCII, CM6800 ASCII/DX8100 y CM9760-MDA. El teclado KBD300A reconoce automáticamente los modos CM6700/CM6800 y P directo.

La figura 5.16 muestra las partes del teclado y las importantes tareas que realizan cada tecla del teclado. Este teclado tiene una sola conexión mediante el conector tipo RJ-45 al bloque de pared.

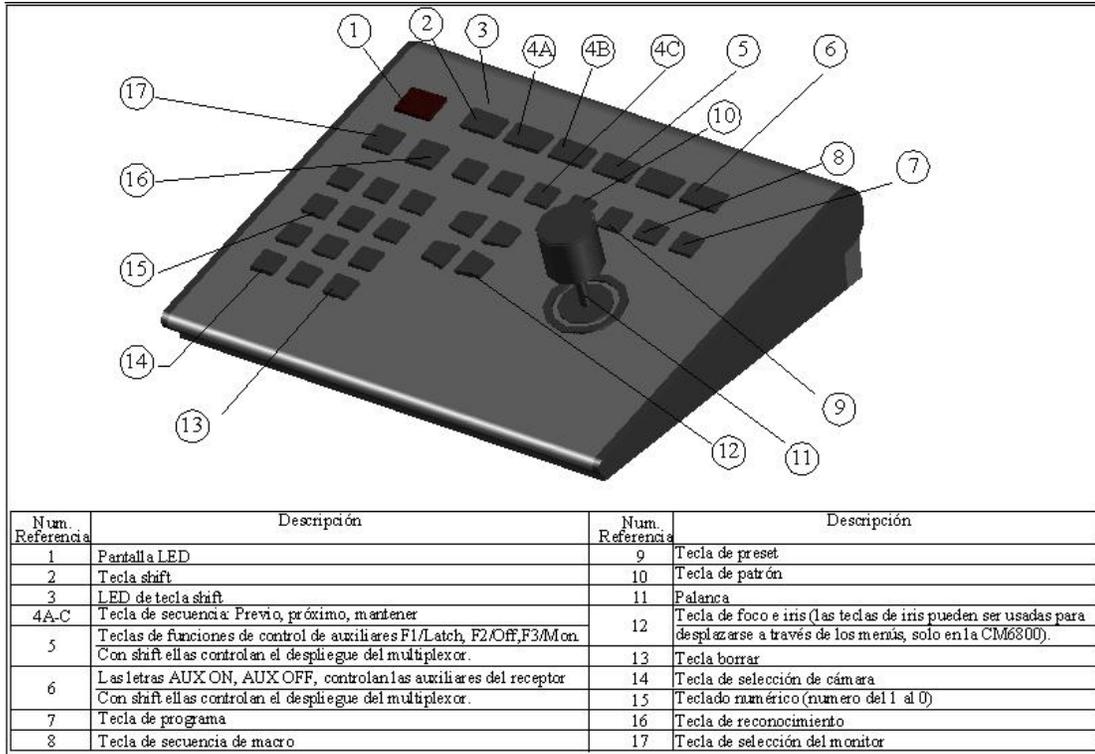


Figura 5.16: Partes del teclado universal

Especificaciones técnicas del teclado universal

Especificaciones de construcción

- ❖ Cuerpo del teclado universal construido con plástico endurecido.
- ❖ Utiliza conectores tipo RJ-45
- ❖ Tiene un joystick de tipo barril que proporciona un control de giro horizontal y vertical.

Especificaciones ambientales

- ❖ Montaje en ambientes interiores protegidos del exceso de humedad.
- ❖ La temperatura de operación está entre una máxima de 50° C y mínima de -10° C.

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 12 V.
- ❖ Posee una configuración de clavijas en la parte posterior.

Conexión del sistema de teclado universal

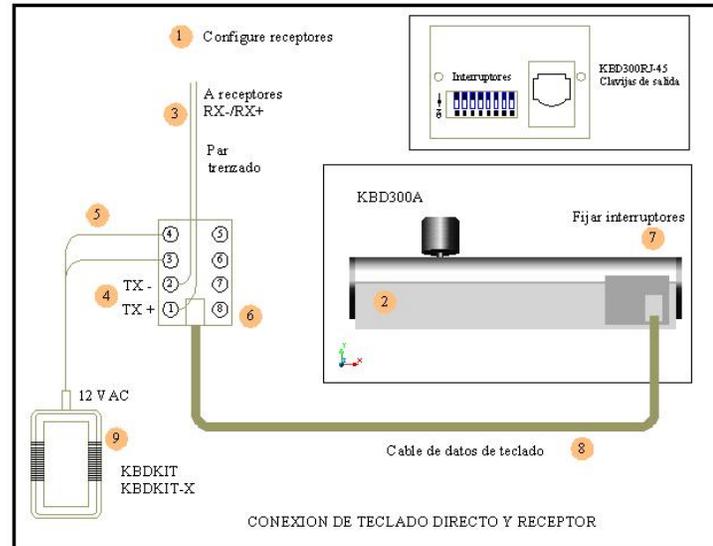


Figura 5.17: Conexión del teclado universal

- ❖ Asegurar que todos los receptores se configuren utilizando un solo tipo de protocolo Pelco para comunicarse (protocolo P) a 4800 baudios y que cada receptor tenga una única dirección.

Nota: Para la aplicación de una sola cámara se requiere un bloque de pared RJ-45 y un transformador de 120 VAC a 12 VAC.

- ❖ Se escoge una ubicación conveniente para el teclado y bloque de pared. El teclado debe estar dentro de 7.6 m del bloque de pared y el bloque de pared debe estar dentro de los 1.8 m. de una toma de corriente eléctrica.
- ❖ El alambre que baja de la antena receptor se debe instalar a la red antes de instalar el teclado, con el teclado universal se pueden reconocer hasta 16 receptores.

La comunicación a los teclados se hace por un cable de par trenzado RS422 de calibre 24 AWG, con una distancia máxima de 1219 m.

- ❖ Quite las tapas del bloque de pared y alambre de conexiones del receptor.
- ❖ Conecte el bloque de pared (terminales 3 y 4) al transformador del tablero de control. La polaridad no es importante.
- ❖ Realice las conexiones provistas en la tapa del bloque de pared y fije el bloque de pared en una superficie conveniente.
- ❖ Fije los interruptores para cada teclado según las instrucciones de configuración de interruptores. Estos interruptores se encuentran en la parte posterior del teclado.

Direccionamiento (interruptores 1-4)

Posicione los interruptores de acuerdo a la tabla B cada teclado en el sistema debe tener una dirección diferente, para una mejor programación dirija los teclados en orden ascendente.

Tabla 5.3: Configuración de los interruptores 1, 2, 3, 4.

Teclado	Configuración de interruptores			
	1	2	3	4
1	OFF	OFF	OFF	OFF
2	ON	OFF	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	ON	ON	OFF	OFF
5	OFF	OFF	ON	OFF
6	ON	OFF	ON	OFF
7	OFF	ON	ON	OFF
8	ON	ON	ON	OFF

Modo de interruptores 5,6 y 8

Tabla 5.4: Configuración de los interruptores 5, 6, 8

	CM6700/CM6800	Directo	CM9760-MDA
Interruptor 5	OFF	ON	ON
Interruptor 6	ON	OFF	OFF
Interruptor 8	OFF	ON	OFF

- ❖ Enchufe el cable de datos del teclado.
- ❖ Enchufe el transformador KBDKIT a una toma de corriente.
- ❖ Pruebe la acción de programación y operación.

5.2.3 Funcionamiento del prototipo

El funcionamiento del prototipo comienza con el proceso de captura de las imágenes de video de la intersección utilizando una cámara Domo ubicada a una altura de 5.30 m, la ubicación detallada de la cámara con respecto a la carretera se puede ver en la figura 5.18, esta información se transmite mediante un cableado a la antena, la señal de video es digitalizada y encriptado antes de su envío a través del aire (inalámbrico). La información es encriptado con la finalidad de proteger la señal. La antena de transmisión debe estar direccionada linealmente con la antena de recepción para una buena comunicación. La antena de recepción captura la información enviada para luego decodificarla y convertir esta señal nuevamente en señal de video que es conducida hasta el laboratorio utilizando una red cableada, seguidamente la señal de video llega al procesador de imágenes el cual esta unido al computador. Aquí la información es procesada obteniéndose la información útil para analizar y hacer estudios de tráfico tanto de vehículos como peatones. El procesador de imágenes Rackvision tiene una salida de video que puede conectarse a un monitor para una mejor visualización de la imagen procesada.

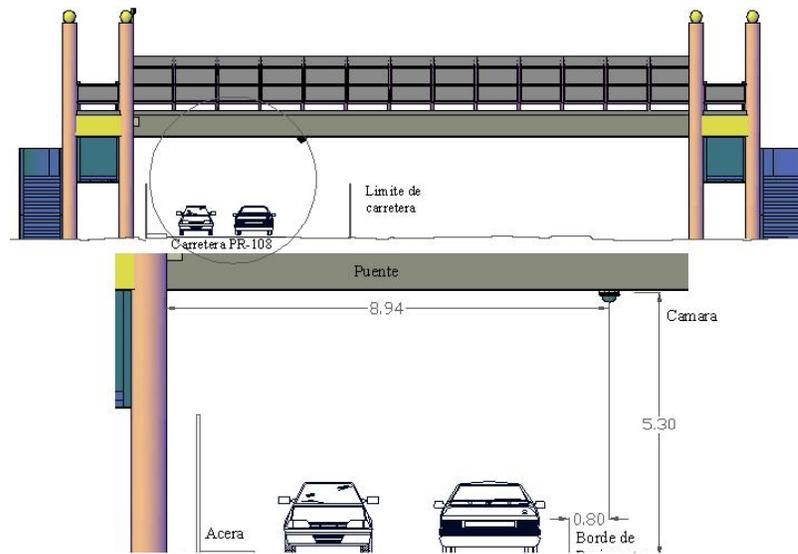


Figura 5.18: Posición de la cámara con respecto a la carretera

Toda la red completa del sistema de transporte inteligente aplicando tecnología inalámbrica, se puede ver en la figura 5.19 donde se distingue cada componente del sistema.

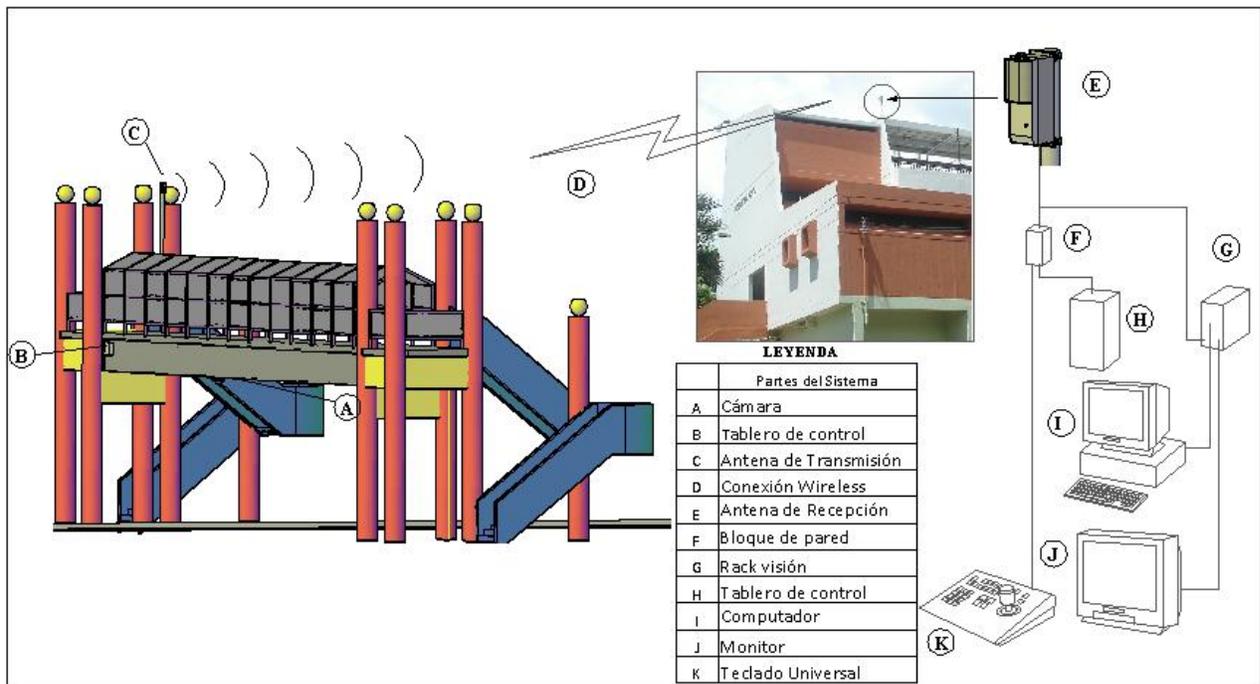


Figura 5.19: Conexión de todo el Prototipo de Sistema Inteligente de Transporte

5.2.4 Implementación del prototipo

5.2.4.1 Construcción del prototipo

Descrita los componentes del sistema y entendida la operación conjunta, en esta sección del se explica la tarea de la implementación del prototipo. Para esto es necesario contar con todo los planos de conexiones de componentes del prototipo elaborados en la etapa anterior del proyecto así como también los manuales de instalación de cada elemento.

El cable empleado para la conexión de los componentes es de par trenzado de cuatro pares. Este cable se conduce por una tubería PVC de ½ pulgada fijada mediante abrazaderas con tornillos Tapcon de ¼ por 1½ pulgada. En el cableado se deben tomar en cuenta las pérdidas de tensión para cada red y la sección de cobre necesaria para la correcta operación de los componentes del sistema.

Maquinarias y herramientas necesarias para la implementación

Para la instalación de los componentes del prototipo es necesario tener las siguientes máquinas y herramientas:

Maquinas y Herramientas

Martillos, Segueta para metal, Destornilladores (plano, estrella), Brocas para concreto, Segueta para madera, dados de ajuste con extensión y matraca reversible, Taladros con batería, cargadores de batería, juego de alicates, Cautín de soldadura blanda, multímetro digital, escaleras de 2m. y de 5m., equipos de seguridad personal.

Materiales

Estaño para soldadura, pasta para soldadura blanda, conectores tipo BNC, conector simple múltiples, extensores de corriente (20 m.), abrazaderas de tubería de ½”, tornillos para anclaje tapcon de ¼” por 1½”, cajas de registro de plástico, cable de par trenzado SPT de 4 pares, supresor de picos, tubería de PVC de ½”, codos para tubería PVC de ½”, postes metálicos para

fijar las antenas con sus respectivos elementos de fijación. En la figura 5.20 se muestra las herramientas utilizadas para la implementación de los prototipos.



Figura 5.20: Herramientas y maquinarias utilizadas.

Conexión de la red de transmisión

La implementación comienza con el tendido de los ductos por donde correrán los cables de conexión, para esto se debe buscar una ubicación adecuada en lo posible lejos del alcance de las personas. Los tubos son sujetados por abrazaderas atornilladas cada 2 metros. Seguidamente se hace el cableado de los componentes de la red de tal manera que todos tengan un punto de encuentro en el tablero de control, allí también se encuentra la fuente de energía eléctrica que alimenta a todos los equipos de la red. En la conexión es importante distinguir cada conductor por el color de la cubierta exterior, ya que de este modo se evitan confusiones en la instalación.

La conexión del tablero de control a la cámara tiene una caja de registro que facilita las tareas de mantenimiento. De igual modo se tiene una caja de registro en la conexión del tablero a la antena. Dentro de la caja de registro, anclado con tornillos se tiene un conector múltiple.

Para la correcta instalación se debe seguir el procedimiento del manual de instalación de la empresa fabricante. La figura 5.21 presenta un esquema detallado de la conexión de la red de transmisión.

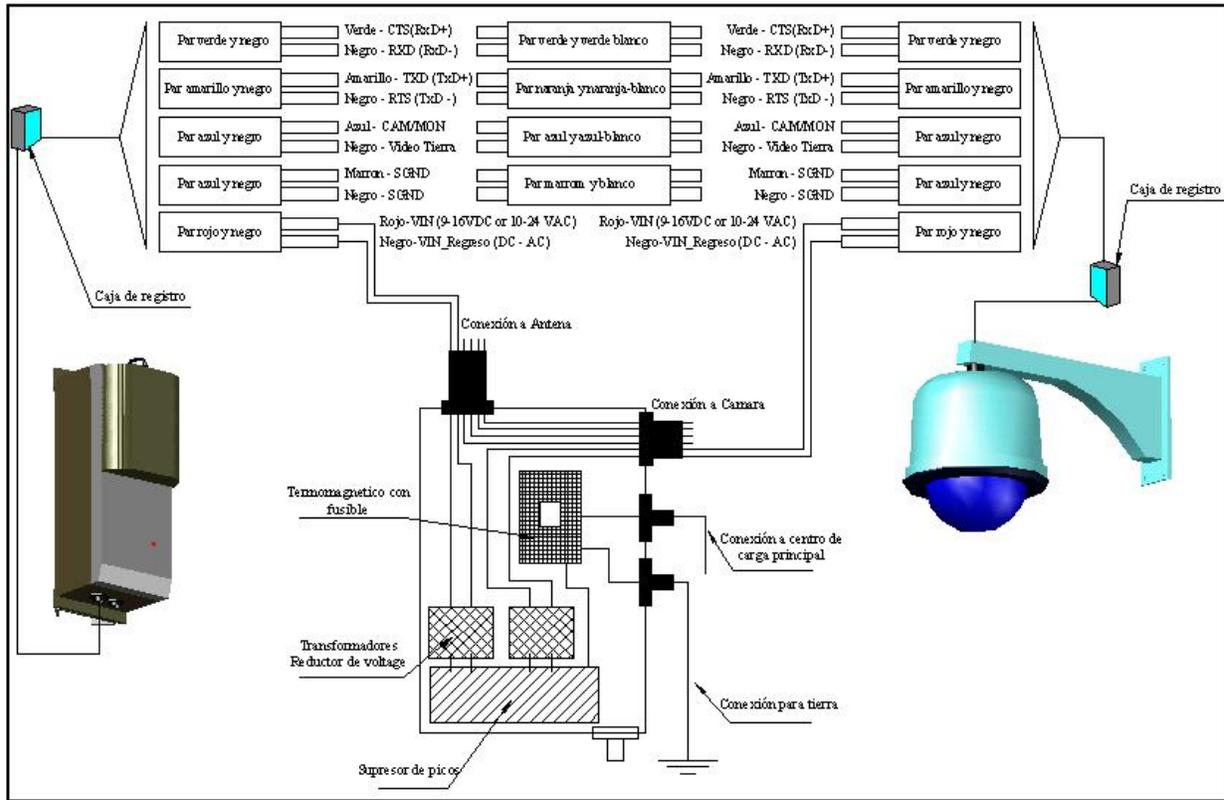


Figura 5.21: Conexión de la red de transmisión

Conexión de la red de recepción

En esta parte de la implementación se hacen las conexiones de los equipos de la red de recepción. Hay que comenzar con un recorrido por los accesos por donde atravesarán los ductos (tubos) de PVC en el edificio de Ingeniería Civil y Agrimensura, según los planos del proyecto realizados, para luego hacer el trabajo de instalación. En los cambios de dirección se colocaron accesorios (codos, uniones) debidamente unidos con pegamento de tubo PVC. Los ductos son fijados en la estructura mediante abrazaderas atornilladas cada 2 m. Terminada la instalación de la tubería se procede al cableado utilizando para esto dos cables de par trenzado de 3 pares tipo SPT, la conexión del tablero de control con la antena de recepción lleva una caja de registro ubicada en el tercer piso del edificio para facilitar los trabajos de mantenimiento en el futuro.

Es importante hacer la lectura de los planos elaborados en el trabajo del informe del proyecto y los manuales de instalación de cada equipo provistos por la empresa fabricante. La cobertura aislante de cada uno de los pares ayuda a la correcta instalación de cada componente. La figura 5.22 presenta un esquema detallado de la conexión de la red de recepción.

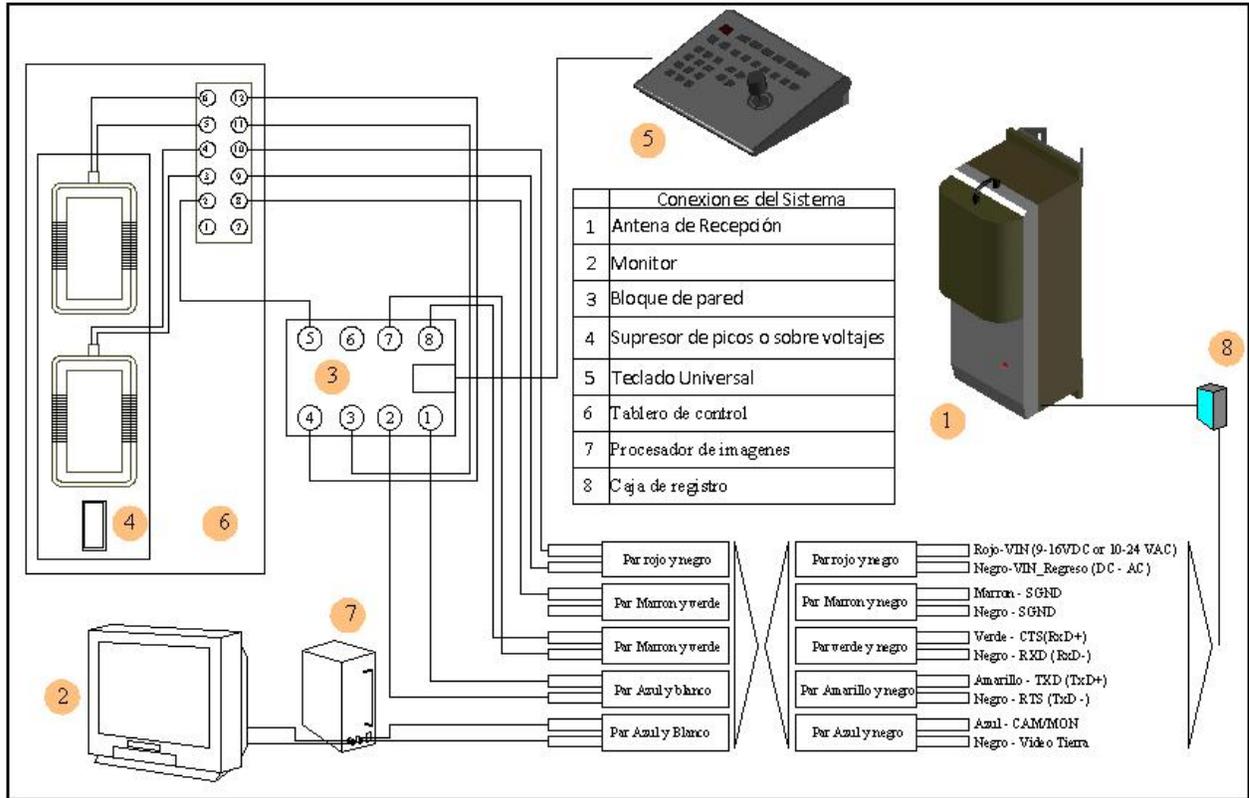


Figura 5.22: Conexión de la red de recepción

5.2.5 Pruebas del prototipo.

Antes de realizar la implementación del prototipo se realizaron pruebas a cada equipo constituyente del sistema para verificar su correcto funcionamiento, para esto se conto con toda la información técnica de los equipos. También fueron muy importantes los planos de instalación del sistema elaborados en la etapa anterior en la cual se adquirió destreza en la instalación para facilitar los trabajos siguientes de implementación. En esta etapa de implementación las condiciones de instalación son diferentes; por ejemplo la cámara se instalara en la parte inferior de la plataforma del puente peatonal sobre la carretera PR-108, a una altura de 6 metros en la que el personal que realiza la instalación debe contar con equipos de seguridad personal, realizar el

trabajo teniendo una secuencia de operación segura de trabajo y confianza en su trabajo de instalación. Todas las pruebas de funcionamiento se realizaron en el laboratorio de transportación del departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura.

El elemento importante para la transmisión de señales de video de la red de transmisión a la red de recepción es la antena, por tanto después de la implementación se realizarán pruebas de interconexión de antenas, esto se realiza mediante una configuración de frecuencia y visibilidad directa sin obstáculos.

Pruebas del funcionamiento del sistema inteligente de transportes inalámbrico

Para la evaluación del funcionamiento del sistema se realizaron pruebas de conteo vehicular y velocidad puntual que permita ilustrar la operación de los equipos para hacer estos estudios de campo con base en el prototipo desarrollado. En la sección de aplicaciones prácticas se explica el procedimiento para realizar dichas pruebas.

Pruebas de conexión del sistema inteligente de transportes inalámbrico

Para la instalación y conexión de los equipos del prototipo se utilizan cables seleccionados en función de las características dadas por el fabricante. Existen fallas que se cometen en la instalación de la red, por ejemplo mal ajuste de conectores, malos empalmes entre cables, mal alineamiento de antenas, fijación de postes de soporte de antenas, ruidos producidos por la operación de máquinas muy cerca a la red del prototipo, entre otros. Por este hecho es necesario realizar pruebas de continuidad de la red utilizando un multímetro digital; esta prueba se realiza por partes en cada red. Por ejemplo, para probar en la red de transmisión, la conexión de la cámara con la antena se realizara la prueba de continuidad en cada alambre de conexión. Para facilidad de estas pruebas se cuenta con las cajas de registro y los planos de conexión detallados.

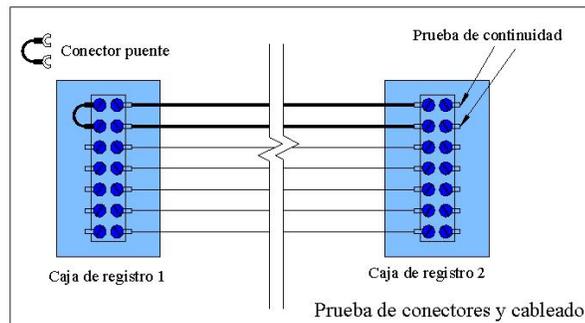


Figura 5.23: Prueba de los conectores y cableado

5.2.6 Aplicaciones prácticas

La vigilancia por video aplicado al sistema de transporte es más interesante cuando se puede obtener información a partir de las imágenes de video. La información obtenida se utiliza para determinar las operaciones de tráfico, dimensionamiento geométrico, flujo peatonal y control del sistema. Dentro de las operaciones de tráfico podemos citar la detección, monitoreo, recolección de datos de tráfico, estadísticas de volumen, ocupancia, densidad, velocidad y clasificación de vehículos. A continuación se describe las dos aplicaciones principales de conteo y estudio de velocidad.

5.2.6.1 Estudio de conteo de vehículos.

Definición de detectores para el estudio

Los detectores utilizados para el estudio son detectores de conteo, detectores de presencia y detectores condicionales.

Los detectores de conteo – cuya función es de realiza el proceso de detección del vehículo recopilando la suma de vehículos detectados durante un intervalo de tiempo específico.

Los detectores de presencia – identifica la presencia del vehículo en el campo de visión de la cámara, se aplica para incrementar la exactitud de la presencia de los vehículos, esta alta precisión los hace ideal para aplicaciones en intersecciones controladas.

Los detectores función (detectores condicionales) – se emplea para incluir o excluir los constituyentes de los detectores de presencia aumentando de esta manera la exactitud de la detección; los mas utilizados son del tipo AND y OR.

Explicación del estudio de conteo realizado y sus resultados

Este estudio comenzó obteniendo una imagen de la señal de video del procesador de imágenes mediante el software Autoscope, luego alineamos las direcciones de carril en la imagen y ingresamos datos de la posición de la cámara, seguidamente se definió un plan de ubicación de detectores virtuales según las direcciones de conteo a medir. Esta tarea es posible utilizando el software y procesador de imágenes Autoscope-Rackvision. Una vez configurados los detectores tal como se puede ver en la figura 5.24, se proyecta la señal de video al monitor para coordinar el periodo de conteo de vehículos tanto en forma manual y utilizando el procesador de imágenes ambos se realizo en el laboratorio. Para tener la seguridad en los conteos manuales y este sea un patrón de comparación se grabó el periodo de conteo en un video. De esta forma se repiten los conteos manuales las veces que sean necesario o se procesa a velocidad lenta las veces que sea necesario para asegurarnos la mayor precisión posible.

Se calcularon los errores de dirección utilizando la formula empleada en estudios realizados por Gomez (2006), donde se emplea una relación entre la diferencia de los conteos realizados con el procesador de imágenes (datos tomados por el sistema, DTS) Autoscope-Rackvision y los conteos realizados manualmente (datos manuales, DM), de esta forma se determina la efectividad de los conteos realizados. La ecuación empleada para calcular el Error en porcentaje por dirección (%EPD) comúnmente denominado porcentaje de error es:

$$\%EPD = \frac{DTS-DM}{DM} * 100 \quad (20)$$

donde:

DTS = datos tomados por el sistema y

DM = datos manuales.

La configuración de los detectores se realizo según como se muestra en la figura 5.24 donde se tiene: dos detectores de conteo, cuatro de presencia y dos detectores de función; todos estos

detectores se ubicaron para cada dirección en la vía principal PR-108. Con los datos obtenidos se calculó el error en porcentaje por dirección para la intersección en estudio.

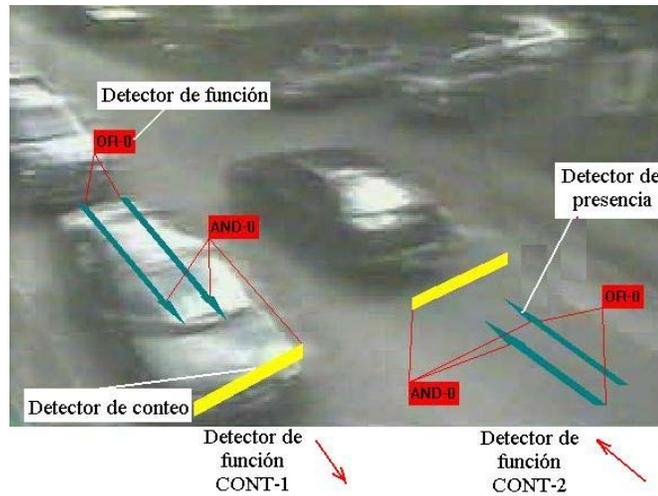


Figura 5.24: Configuración de detectores de conteo en la imagen de estudio

Los datos fueron tomados el día 5 de febrero del 2008 a las 3 pm, durante un periodo de tiempo de 26 minutos con 14 segundos; se tomo esta hora para evitar los problemas de reflexión de los rayos solares durante tiempo de la mañana.

La datos que se incluye en la figura 5.25 presenta los resultados del estudio en donde los errores calculados para ambas direcciones son de 3.3% y 10.5%, la diferencia de este error es debido a que en una dirección presenta mayor frecuencia de virajes respecto al otro, antes de virar los vehículos reducen su velocidad provocando errores en los conteos. Los datos mostrados en la figura 5.25 están editados, el software del procesador de imágenes Autoscope-Rackvision vota un archivo en formato txt la que no puede ser manejada directamente, por lo que se debe editar por celdas utilizando una hoja de calculo, una vez que se tiene la información por celdas se filtrara los datos de cada detector para utilizarlo en el estudio de tráfico; en el apéndice D se muestra un ejemplo de los datos sin editar.

En la figura 5.25 los resultados del estudio están en columnas, cada columna tiene una información de dato que a continuación se describe:

- ❖ Detector ID - es el numero de detector con el que el programa reconoce
- ❖ Nombre - es el nombre de edición del detector
- ❖ Fecha – es la fecha en la que se realizo el estudio

- ❖ Hora – es la hora en la que se produjo un estado de detección
- ❖ Estado – es el estado (1 = con vehículo, 0 = sin vehículo) del detector en el momento de actualización
- ❖ Dif. Tiempo – tiempo de permanencia del vehículo sobre el detector.
- ❖ Tiemp.Acum – es el tiempo acumulado del estudio, comenzando de cero al inicio
- ❖ CONT1 y CONT2 – son los filtros empleados para los dos detectores

Datos de conteo realizados en la intersección de calle Simón con la PR-108 (Salida de la Universidad de Mayagüez)									
Detector ID	Nombre	Fecha	Hora	Estado	Dif. Tiempo	Tiemp.Acum	CONT2	CONT1	
101	CONT1	10/3/2009	09:27:59	0	00:00:01	00:25:53		0	
102	CONT2	10/3/2009	09:28:03	1	00:00:04	00:25:57	1		
102	CONT2	10/3/2009	09:28:04	0	00:00:01	00:25:58	0		
101	CONT1	10/3/2009	09:28:05	1	00:00:01	00:25:59		1	
101	CONT1	10/3/2009	09:28:07	0	00:00:02	00:26:01		0	
102	CONT2	10/3/2009	09:28:10	1	00:00:03	00:26:04	1		
101	CONT1	10/3/2009	09:28:11	1	00:00:01	00:26:05		1	
101	CONT1	10/3/2009	09:28:11	0	00:00:00	00:26:05		0	
102	CONT2	10/3/2009	09:28:11	0	00:00:00	00:26:05	0		
101	CONT1	10/3/2009	09:28:12	1	00:00:01	00:26:06		1	
101	CONT1	10/3/2009	09:28:12	0	00:00:00	00:26:06		0	
102	CONT2	10/3/2009	09:28:15	1	00:00:03	00:26:09	1		
102	CONT2	10/3/2009	09:28:15	0	00:00:00	00:26:09	0		
102	CONT2	10/3/2009	09:28:16	1	00:00:01	00:26:10	1		
101	CONT1	10/3/2009	09:28:17	1	00:00:01	00:26:11		1	
101	CONT1	10/3/2009	09:28:17	0	00:00:00	00:26:11		0	
102	CONT2	10/3/2009	09:28:17	0	00:00:00	00:26:11	0		
102	CONT2	10/3/2009	09:28:18	1	00:00:01	00:26:12	1		
102	CONT2	10/3/2009	09:28:19	0	00:00:01	00:26:13	0		
101	CONT1	10/3/2009	09:28:20	1	00:00:01	00:26:14		1	
					$\%EPD = \frac{DTS - DM}{DM} * 100$				
							Suma de conteo	CONT2	CONT1
							Autoscope	347	241
							Manual	336	218
							% Error	3.27381	10.55046



Figura 5.25: Resultados de conteo.

Estudios de velocidad

Este estudio empezó adquiriendo una imagen de la señal de video del procesador de imágenes mediante el software Autoscope, luego alineamos las direcciones de carril de la imagen y ingresamos datos de la posición de la cámara, seguidamente se definió un plan de ubicación de detectores de velocidad según las direcciones a medir. Esta tarea es posible utilizando el software y procesador de imágenes Autoscope-Rackvision. En la figura 5.26 se presenta la configuración de detectores de velocidad donde para cada dirección de carril se define los detectores como V1 y V2. Los datos utilizados en el estudio fueron tomados el día 5 de febrero del 2008 a las 3 pm, durante un periodo de tiempo de media hora.



Figura 5.26: Configuración de detectores de velocidad en la imagen de estudio

Con los datos obtenidos se procedió a realizar una distribución de frecuencias para medir la calidad de flujo vehicular (percentil 50 = velocidad media), también se determinaron los datos típicamente utilizados en diseño como son percentil 85 = velocidad de operación y el percentil 98 = velocidad del proyecto. La tabla incluida en la figura 5.25 presenta una pequeña parte de los datos obtenidos mediante el sistema automatizado de toma de los datos Autoscope-Rackvision.

La datos que se incluye en la figura 5.27 muestra los resultados editados del estudio de velocidad, el software del procesador de imágenes Autoscope-Rackvision vota un archivo en formato txt la que no puede ser manejada directamente, por lo que se debe editar utilizando una

hoja de calculo Exel, una vez que se tiene la información por celdas se filtrara los datos de cada detector de velocidad.

En la figura 5.27 los resultados del estudio de velocidad están por columnas, cada columna tiene una información de dato que a continuación se describe:

- ❖ Det. Title - es el nombre de edición del detector
- ❖ Date - es la fecha en la que se realizo el estudio
- ❖ Time - es la hora en la que se produjo un estado de detección
- ❖ State - es el estado del detector de conteo al extremo del detector de velocidad (1 = con vehículo, 0 = sin vehículo) al momento de actualización
- ❖ Status - es el estado del detector de velocidad (100 = estado normal, 207 = con error)
- ❖ Speed - resultados de medición de velocidad en Km/h
- ❖ Length – longitud del vehículo al que se le midió la velocidad en metros
- ❖ Duration - es el periodo de tiempo entre una medición de velocidad y otra en segundos.
- ❖ V1 y V2 - son los filtros empleados para los dos detectores de velocidad

Datos de estudios de velocidad realizados en la intersección de calle Simón con la R-108 (Salida de la Universidad de Mayagüez)										
Det. Title	Date	Time	Duration	Status	State	Speed	Length	V2	V1	
V2	10/24/2009	1:48:07 PM	0:00:09	100	1	6	0	6		
V2	10/24/2009	1:48:08 PM	0:00:01	100	0	6	4.996	6		
V2	10/24/2009	1:48:08 PM	0:00:00	100	1	6	0	6		
V2	10/24/2009	1:48:08 PM	0:00:00	100	0	6	4.996	6		
V2	10/24/2009	1:48:09 PM	0:00:01	100	1	6	0	6		
V2	10/24/2009	1:48:10 PM	0:00:01	100	0	6	4.996	6		
V1	10/24/2009	1:48:10 PM	0:00:05	100	1	18	0		18	
V2	10/24/2009	1:48:11 PM		100	1	9	0	9		
V1	10/24/2009	1:48:11 PM		100	0	18	4.996		18	
V2	10/24/2009	1:48:13 PM	0:00:02	100	0	9	4.996	9		
V1	10/24/2009	1:48:14 PM	0:00:03	100	1	43	0		43	
V1	10/24/2009	1:48:14 PM	0:00:00	100	0	43	5.137		43	
V2	10/24/2009	1:48:15 PM	0:00:02	100	1	17	0	17		
V2	10/24/2009	1:48:16 PM	0:00:01	100	0	17	4.996	17		
V1	10/24/2009	1:48:47 PM	0:00:05	100	1	15	0		15	
V2	10/24/2009	1:48:48 PM	0:00:06	100	1	24	0	24		
V1	10/24/2009	1:48:48 PM	0:00:01	100	0	15	4.996		15	
V2	10/24/2009	1:48:49 PM	0:00:01	100	0	24	4.996	24		
V2	10/24/2009	1:48:50 PM	0:00:01	100	1	21	0	21		
V2	10/24/2009	1:48:51 PM	0:00:01	100	0	21	4.996	21		
V2	10/24/2009	1:48:54 PM	0:00:03	100	1	11	0	11		
V2	10/24/2009	1:48:55 PM	0:00:01	100	0	11	4.996	11		
V1	10/24/2009	1:49:38 PM	0:00:11	100	1	33	0		33	
V1	10/24/2009	1:49:39 PM	0:00:01	100	0	33	4.996		33	
V2	10/24/2009	1:50:19 PM	0:00:06	100	1	3	0	3		
V2	10/24/2009	1:50:22 PM	0:00:03	100	0	3	4.996	3		
V2	10/24/2009	1:50:29 PM	0:00:07	100	1	1	0	1		
V2	10/24/2009	1:50:30 PM	0:00:01	100	0	1	4.996	1		
V1	10/24/2009	1:51:06 PM	0:00:08	100	1	40	0		40	
V1	10/24/2009	1:51:07 PM	0:00:01	100	0	40	4.996		40	
V2	10/24/2009	1:51:08 PM	0:00:10	100	1	15	0	15		
V2	10/24/2009	1:51:09 PM	0:00:01	100	0	15	4.996	15		

Figura 5.27: Resultados del proceso de medición de velocidad

A continuación se muestra el histograma de frecuencias de velocidad para las direcciones V1 y V2 que respectivamente son direcciones Sur-Norte y Norte-Sur. Para procesar los datos se utilizó el software SPSS. La figura 5.28 y la figura 5.30 presentan la tabla de datos y el histograma de velocidades obtenidos por el programa SPSS respectivamente.

V1					V2				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 3	2	1.4	1.4	1.4	Valid 1	2	1.0	1.0	1.0
5	2	1.4	1.4	2.9	3	2	1.0	1.0	1.9
6	5	3.6	3.6	6.5	5	2	1.0	1.0	2.9
7	1	.7	.7	7.2	6	6	2.0	2.0	6.9
8	2	1.4	1.4	8.7	7	2	1.0	1.0	6.7
9	6	4.3	4.3	13.0	9	4	1.9	1.9	8.7
10	4	2.9	2.9	15.9	11	2	1.0	1.0	9.6
12	4	2.9	2.9	18.8	12	4	1.9	1.9	11.5
13	6	4.3	4.3	23.2	14	4	1.9	1.9	13.5
14	4	2.9	2.9	26.1	15	4	1.9	1.9	15.4
15	5	3.6	3.6	29.7	16	0	0.0	0.0	19.2
16	3	2.2	2.2	31.9	17	6	2.9	2.9	22.1
17	8	5.8	5.8	37.7	18	8	3.8	3.8	26.0
18	4	2.9	2.9	40.6	19	4	1.9	1.9	27.9
19	8	5.8	5.8	46.4	20	4	1.9	1.9	29.8
20	5	3.6	3.6	50.0	21	2	1.0	1.0	30.8
21	6	4.3	4.3	54.3	22	8	3.8	3.8	34.6
22	10	7.2	7.2	61.6	23	4	1.9	1.9	36.5
23	4	2.9	2.9	64.5	24	8	3.8	3.8	40.4
24	2	1.4	1.4	65.9	25	6	2.9	2.9	43.3
25	2	1.4	1.4	67.4	26	8	3.8	3.8	47.1
26	2	1.4	1.4	68.8	27	10	4.8	4.8	51.9
28	2	1.4	1.4	70.3	28	6	2.9	2.9	54.8
29	6	4.3	4.3	74.6	29	4	1.9	1.9	56.7
30	2	1.4	1.4	76.1	30	14	6.7	6.7	60.5
31	2	1.4	1.4	77.5	31	10	4.8	4.8	68.3
33	8	5.8	5.8	83.3	32	4	1.9	1.9	70.2
34	3	2.2	2.2	85.5	33	4	1.9	1.9	72.1
37	4	2.9	2.9	88.4	34	3	1.4	1.4	73.6
40	4	2.9	2.9	91.3	35	2	1.0	1.0	74.5
41	2	1.4	1.4	92.8	36	10	4.8	4.8	79.3
43	2	1.4	1.4	94.2	37	6	2.9	2.9	82.2
45	2	1.4	1.4	95.7	39	2	1.0	1.0	83.2
46	2	1.4	1.4	97.1	40	2	1.0	1.0	84.1
49	4	2.9	2.9	100.0	41	4	1.9	1.9	86.1
Total	138	100.0	100.0		42	4	1.9	1.9	88.0
					43	2	1.0	1.0	88.9
					44	2	1.0	1.0	89.9
					46	0	0.0	0.0	92.8
					47	3	1.4	1.4	94.2

Figura 5.28: Datos de velocidad para V1 y V2

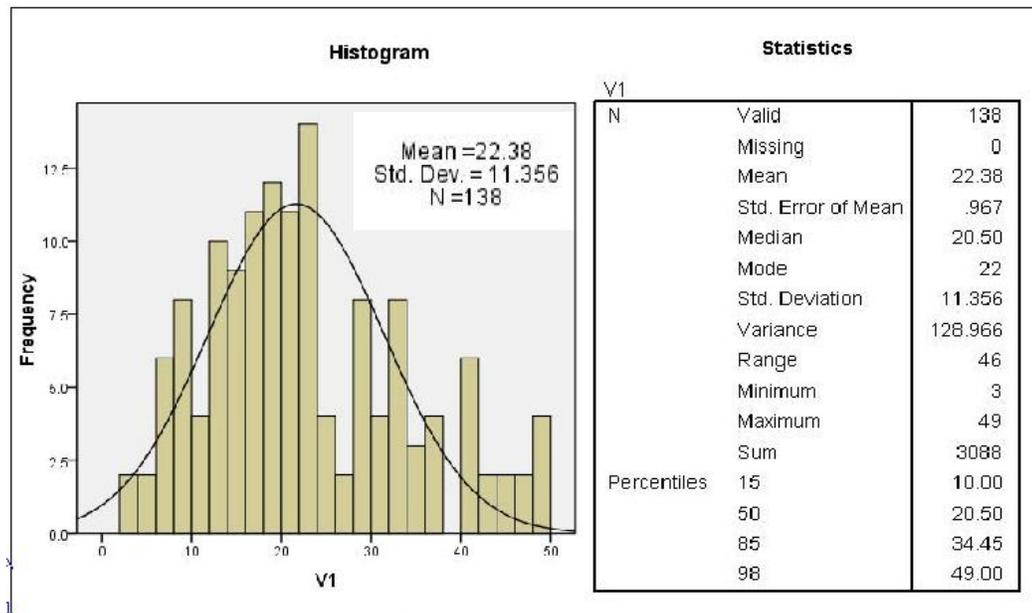


Figura 5.29: Histograma de velocidades para V1

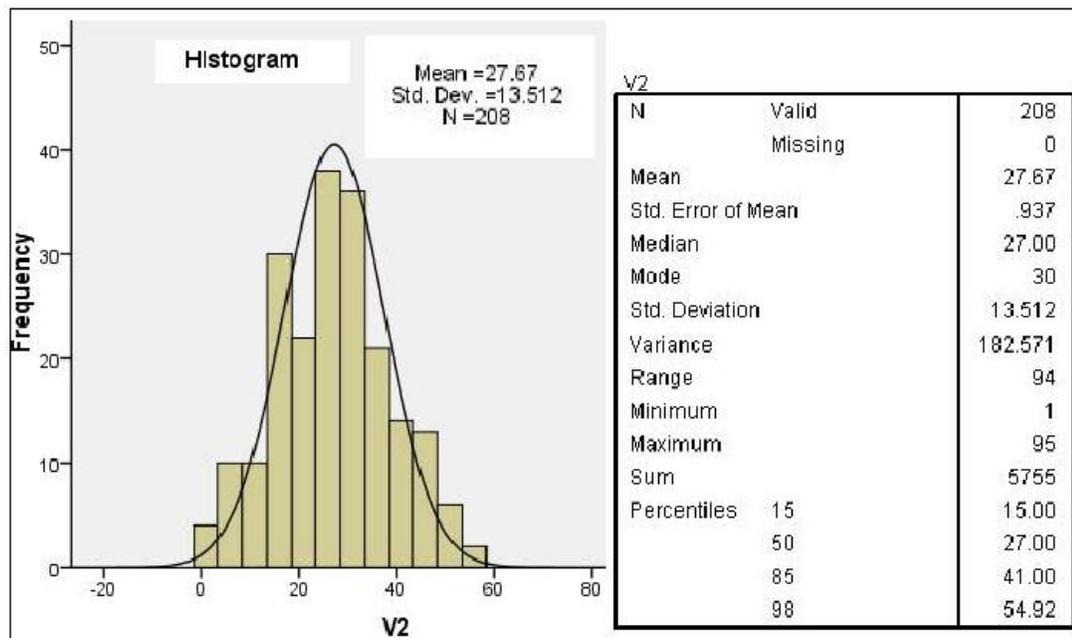


Figura 5.30: Histograma de velocidades para V2

Inexactitud de los datos

Los datos obtenidos por los detectores virtuales en una imagen de video presentan inexactitudes debido una serie de factores relacionados con la efectividad del procesador de imágenes.

Para los conteos es necesario tener un imagen bastante nítida según FHWA (2006) que recomienda una resolución mínima de la imagen de 768 x 494 píxeles. Los detectores son sensibles a todo cambio de imagen por tanto se obtienen datos de conteo con errores positivos cuando los vehículos accionan detectores del carril vecino o cuando los vehículos circulan a una velocidad muy baja; dentro de los datos de conteo también existen errores negativos cuando no se cuenta al vehículo esto se produce cuando los vehículos intentan cambian de carriles, no circulan por el centro del carril o cuando se detienen sobre el detector.

Estudios realizados por Martin (2003) en errores de conteo en procesadores de imágenes de video Autoscope arrojaron valores entre -7% y 12%; luego para el año 2006 este error se redujo a $\pm 5\%$ según estudios por Zhang (2007). Según estos autores la experiencia practica acepta un error para los conteos de vehiculos de menores al 3 %.

Si el sistema de video detección está conectado al sistema de control del semáforo, los errores positivos son más perjudiciales a la seguridad de los peatones; cuando se presenta una falsa detección de vehículos en una fase que está en tiempo de verde por que se crea una falsa extensión sin demanda ocasionando al peatón una inseguridad y peligro al cruzar la vía.

5.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE CONTROL DE SEMÁFOROS EN INTERSECCIONES

El laboratorio de transportación, del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez, tiene equipos para realizar un ejemplo de prototipo de control de semáforos en intersecciones, el cual será utilizado como material de enseñanza para los estudiantes que hagan uso del laboratorio. Este segundo prototipo se construye con la finalidad de controlar y coordinar un sistema de dos semáforos, la construcción de este prototipo lo dividiremos en dos partes, la primera está relacionada con el control de sistema de semáforos de una intersección mediante un controlador local y la segunda con la coordinación de dos controladores locales a través de un controlador maestro.

5.3.1 Descripción general del prototipo.

El prototipo de control de semáforos en intersecciones se construyó en el laboratorio de transportación del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura de la Universidad de Mayagüez de la UPRM. Este prototipo será material didáctico del laboratorio y se empleará para desarrollar temas relacionados con el reconocimiento de partes del sistema, manejo de parámetros del controlador y coordinación de controladores locales, ayudando de esta forma al mejor aprendizaje de los estudiantes.

El sistema de control de semáforos actuados en una intersección posee tres componentes principales que son: un sistema de detección (detectores), una unidad de control (controlador local) y un sistema de semáforos (tablero de semáforos LED). El sistema de detección determina si hay tráfico presente y envía una señal a la unidad de control para indicar la presencia o el paso de vehículos en cada acceso. La unidad de control usa esta indicación para distribuir los tiempos del semáforo. Los semáforos se controlan directamente por la unidad de control que envía las señales apropiadas a las caras de los semáforos.

El prototipo está constituido por los siguientes elementos: dos controladores locales, un controlador maestro, dos monitores de conflictos, maqueta de intersecciones y dos computadores. Todos estos elementos están conectados formando un ejemplo de control de

sistemas de semáforos en intersecciones. En la figura 5.29 se muestra la conexión de los componentes principales.

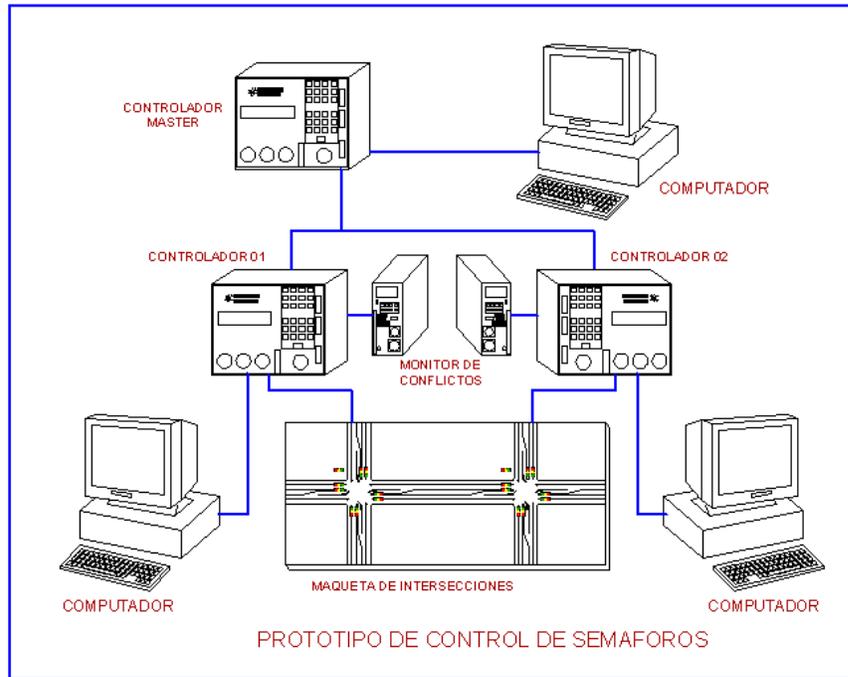


Figura 5.31: Componentes principales del prototipo de control de semáforos

5.3.2 Descripción de los componentes

5.3.2.1 Controladores locales

Los controladores de tráfico son equipos que controlan el sistema de semáforos en una intersección. La principal tarea es definir la secuencia ordenada de tiempos de despliegue de luces de cada semáforo para otorgar el derecho de vía a los vehículos que circulan por cada dirección de la intersección.

En la construcción del prototipo se utilizan dos diferentes controladores, esta diferencia es de modelo de fabricación, entonces es preciso describir cada uno de los controladores ya que tienen diferentes secuencias de programación.

❖ **Controlador local (“Peek Traffic”)**

Los controladores de tráfico de la serie 3000E construidos por la empresa Peek Traffic, proporciona un control uniforme y coordinado de una intersección o de un red de intersecciones, La programación de estos controladores se realiza a través del ingreso de datos por teclado o utilizando un software CLMATS el cual se comunica remotamente con el controlador.

Estos controladores tienen diferentes tipos de configuración física, TS-1 y TS-2, este ultimo a su vez se hace de dos formas el TS2 tipo 1 y el TS2 tipo 2. Los controladores de uso frecuente son los tipo TS-1 que tiene tres conectores para conectarse con la cabina del controlador y la versión TS-2 Tipo 1 que tiene un solo puerto y su comunicación con otros controladores la lleva a cabo utilizando mayor cantidad de protocolos de comunicación. Las características y operación de estos controladores se describió en el capítulo IV.

❖ **Controlador local (“LMD 8000 Traffic Control Technologies”)**

El controlador LMD se utiliza para el control de intersecciones actuadas con una configuración NEMA. La entrada de datos se realiza por teclado y para su programación cuenta con una ventana de despliegue de menús que contiene 40 columnas y 4 filas, ubicado en la parte frontal del controlador. La coordinación se realiza con todo controlador estándar disponible, posee una memoria EEPROM el cual guarda todos los datos de programación y control. Esta memoria carga los datos a tiempo real a una memoria renovable “Information Memory Card IMC”. Esta memoria es utilizada para transferir los datos a tiempo real de la unidad a otra unidad.

Características

El controlador LMD 8000 es diseñado con una compatibilidad completa con NEMA, utiliza cuatro conectores y cuatro puertos de comunicación.

La secuencia de programación incluye de 2 a 8 fases, un anillo o dos anillos y una secuencia de adelanto/retraso. La operación de adelanto/retraso permite intercambiar independientemente el par de fases 1-2, 3-4, 5-6 y 7-8. La selección puede ser basada en on/off, por entradas

automáticas utilizando el puerto MS-D o por selección de ciertos ciclos, divisiones o combinación de offset.

Presenta un reloj de control de funciones internas que opera en respuesta a periodos del día con base en un programa anual; esta función puede ser usada para implementar varios modos de operación.

El LMD usa batería de 24 voltios que protege de cortes eléctricos al reloj de control y mantiene a la memoria RAM por un mínimo de 30 días; la batería tiene una duración de 10 años con una operación normal del controlador.

El LMD se puede expandir añadiéndole un module/board para proveerle comunicación remota. La unidad típicamente se comunica con un controlador maestro en un sistema de lazo cerrado; el puerto RS-232 adicional se usa como interfase con monitores en serie. Se tienen tres puertos de conexión en el módulo utilizados para la comunicación: (1) 15P NEMA, para comunicación con el controlador maestro, (2) 9P Modem I/O para monitorear el estado de los detectores, (3) RS-232, para conectarse con una impresora, adicionalmente se tiene un puerto RS-232 junto a los conectores MS-A,B,C para la comunicación con otros controladores locales. Para conectarse con la cabina se tienen los MS A, B, C tal como se aprecia en la figura 5.30.



Figura 5.32: Unidad de control LMD 8000

El controlador LMD puede diariamente guardar en un PC la información procesada y luego con estos datos se puede generar reportes. Estos reportes son eventos por hora y fecha almacenados por el controlador como funciones de operación.

Especificaciones técnicas del controlador LMD8000

Especificaciones de construcción

- ❖ Carcasa metálica de dimensiones 26.5x32.4x22.9 todas las medidas en cm.
- ❖ Usa una batería de níquel-cadmio de 24 V. que pone en operación el reloj y retendrá el RAM por 30 días si el controlador está sin energía eléctrica.

Especificaciones ambientales

- ❖ Humedad relativa no exceder de 95% a temperatura de 4.4° C a 43.4° C.

Temperatura de operación

- ❖ Esta en el rango de una máxima de 74° C y mínima de -34° C

Especificaciones eléctricas

- ❖ Tensión de entrada 95 a 135 V.
- ❖ Fusible de 115 VAC 1 A.
- ❖ Potencia: 25 Watts sin Ext. 24 VDC.
45 Watts con Ext. 24 VDC.
- ❖ La recuperación de operación cuando hay una interrupción de energía eléctrica 0.5 seg.
Volver a reinicializar la rutina de 1 seg.

5.3.2.2 Monitor de conflictos.

El monitor de conflictos es un registrador de eventos con un teclado y una pantalla LCD “Liquid Crystal Display” también llamado unidad de manejo de funcionamiento defectuoso MMU “Malfunction Management Unit”. Esta unidad incluye el estándar TS2 y TS1 (tarjetas de compatibilidad). La unidad MMU es un dispositivo usado para monitorear las actividades de los controladores de semáforos. Si una falla específica es detectada, el monitor de conflictos pone en una operación intermitente las señales de la intersección.

Modos de operación del monitor de conflictos

- ❖ Modo TS 1: la unidad utiliza una tarjeta TS 1 con 12 canales, la cual se inserta en unos canales en la parte frontal.
- ❖ Modo TS 2 (tipo 12): compatible con TS1, en este modo la unidad utiliza una tarjeta TS 2 con 12 canales (nueva tarjeta alargada).
- ❖ Modo TS 2 (tipo 16): compatible con TS2, utiliza una tarjeta alargada TS 2 con 16 canales.

En la figura 5.31 se indican las partes del panel frontal del monitor de conflictos, en ella se puede ver dos conectores A, B; dos puertos de comunicación, pantalla LCD, teclado, y el LED indicador de estado.

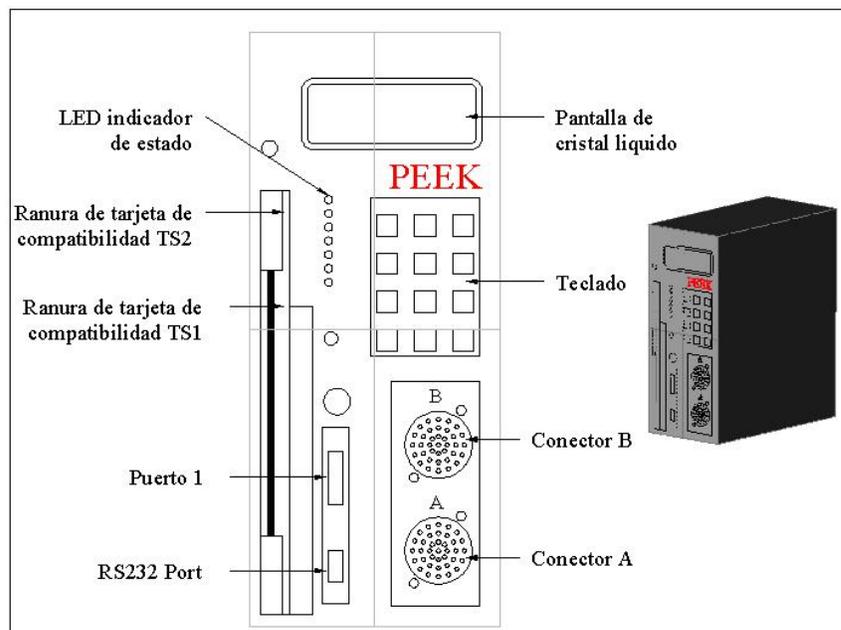


Figura 5.33: Monitor de conflictos

Partes más importantes

Conector A - conector circular de 55 pines. Es utilizado para ingresar al monitor de señales de: alimentación eléctrica AC, verde, amarillo, y pase peatonal. Así también las señales de reinicio y salidas del relé.

Conector B - Conector de 26 pines, conecta otra línea AC de entrada a la unidad, todas las entradas de rojo, comienzo de demoras, líneas de estados de intermitencia, entrada al monitor de 24 V. Para mas detalle revisar el manual. (Peek 2008)

Pantalla - Tiene una capacidad de 20 caracteres de ancho por 4 caracteres de alto, que es usada para desplegar el estado de pantalla, menús y configuraciones establecidas.

Teclado - Presenta 12 teclas en el panel frontal, que se utilizan para la entrada de instrucciones para cambiar configuraciones, navegar por los menús, conseguir ayuda, repetición de actividades grabadas previamente y para cambiar el contraste de la pantalla. Seguidamente se describen los mas importantes:

- ❖ Menú - Muestra la ventana de menú principal,
- ❖ Flechas - Usada para mover el cursor (asterisco *) en toda la selección del menú.
- ❖ RYG STAT - Transfiere a la ventana a su estado normal, cuando se está en alguna otra parte de interface del MMU.
- ❖ PGUP/PGDN - Sirve para subir o bajar la pantalla de despliegue.
- ❖ ENTER - Activa la posición actual del cursor en el menú. Cuando se ingresa datos implementa el nuevo valor de datos.
- ❖ DISP ADJ - La tecla de ajuste de despliegue se usa para modificar el contraste de la ventana.
- ❖ REPLAY - Esta se usa para repetir los últimos 20 estados normales de la pantalla grabados.

LED - Indicador de estado: están ubicados en la parte frontal y se tienen 7 estados.

- ❖ Power: indica si la fuente eléctrica AC está alimentando a la unidad.
- ❖ FAULT - LED de color rojo que indica si alguna falla ha ocurrido.
- ❖ DIAG - Este LED enciende cuando la unidad entra a una condición de falla debido un desperfecto del sistema interno. En este estado el teclado no responde.
- ❖ TYPE 16 - Indica la operación del monitor de conflictos en el modo de 16 canales.
- ❖ P1 RCV y P1 XMT - LEDs de color amarillo que indican el estado actual de transmisión y recepción del puerto 1.
- ❖ LOCAL FLASH - Indica que la cabina está trabajando en el modo intermitente manual.

El botón para reinicio “Reset” - Despeja de alguna falla. Este botón reconfigura la unidad.

Tarjeta del monitor de conflictos – llamada también tarjeta de programación, existe de dos tipos TS1 y TS2 según estándares de NEMA, su función es transferir a una particular intersección la compatibilidad de movimientos, mediante una combinación de uniones de canales (conexiones soldadas “jamper”). Todos los monitores de conflictos aceptan una tarjeta de programación; la tarjeta extendida TS2 contiene no solo la compatibilidad de información sino también tiene para configurar el amarillo mínimo, el tiempo de intermitencia mínimo y otros; ambos tipos de tarjetas de programación tienen impreso en la tarjeta el circuito unido a agujeros que representan los movimientos, estos agujeros aceptan conexiones de alambre soldado tal como se puede ver en la figura 5.34.

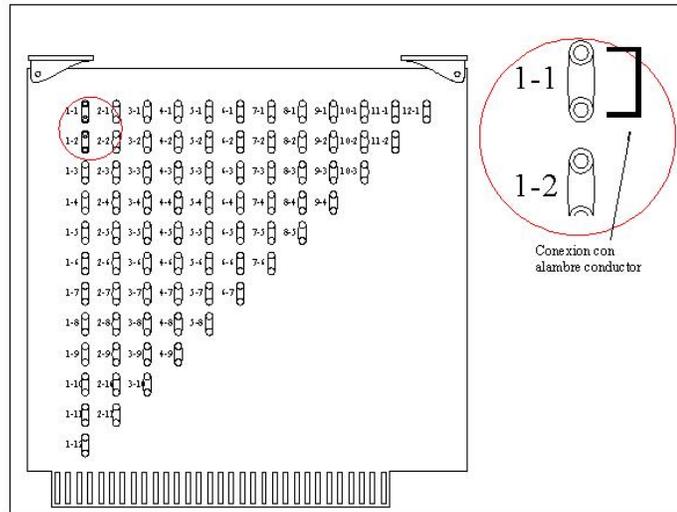


Figura 5.34: Tarjeta de programación

5.3.2.3 Unidades de detección

Llamadas también unidades electrónicas para detectores de lazo inductivo, generalmente operan utilizando un solo canal, pero su diseño le permite utilizar varios canales por unidad, las señales de detección son enviadas al controlador durante un periodo de tiempo, se especifica el tiempo característico de acuerdo al tipo de respuesta de la unidad de detección. En el modo de llamado de retardo, el vehículo entra en la zona de detección y la unidad de detección espera un periodo de tiempo definido por el usuario, antes de presentar una señal de salida. En el modo extendido, la unidad de detección extiende la señal de salida (activación) aun después que el

vehículo ha dejado la zona de detección. En la figura 5.35 se muestra a la unidad de control de un solo canal de detección de fabricación Sarazota.



Figura 5.35: Unidad de detección.

Características

Para la mejor operación de la unidad y reducir los costos de mantenimiento se tiene:

- ❖ Cuando el lazo inductivo sufre una abertura, los datos en el momento de detección se almacenan en una memoria. Si la conexión se restablece, la unidad toma los datos grabados y sigue su operación continua. Para borrar la memoria de la unidad se presiona el botón de reinicio reset.
- ❖ Algunas unidades de detección pueden ser programadas para un reinicio automático.
- ❖ Reinicio a distancia “Reset Remote”, esto permite reiniciar la unidad desde el centro de control cuya comunicación con los controladores es en forma remota.
- ❖ El diseño de estas unidades están basados en los estándares NEMA (componentes físicos, funciones generales, requerimientos ambientales).
- ❖ El modo de operación para cada canal de la unidad de control se selecciona de dos modos: La operación en modo de presencia con una salida de la señal constante mientras el vehículo esta en el área de detección. El modo de operación por pulso, en este se genera un pulso corto cada vez que el vehículo entra en el área de detección.

5.3.2.4 Interruptor de despliegue de carga de estado sólido

Este interruptor es un conjunto de tres relés de estado sólido, diseñado específicamente para la industria de control de tráfico. Cada interruptor cambia la posición de la carga de encendido a apagado por las alteraciones aleatorias de las señales medidas en la entrada del interruptor. Las señales de entrada son enviadas por la unidad de control. Todos los circuitos electrónicos son protegidos mediante una cubierta metálica (aluminio), que además le sirve como disipador de calor. Normalmente se requiere de un interruptor de estado sólido por movimiento. En la figura 5.36 se presenta al interruptor de estado sólido con la función de sus pines terminales numerados del 1 al 12.

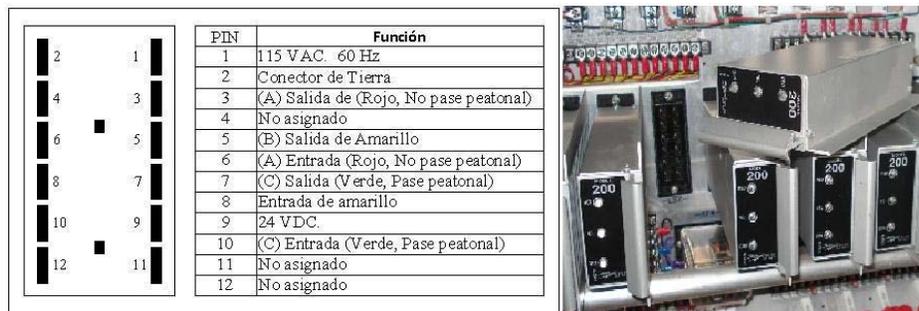


Figura 5.36: Interruptor de despliegue de carga de estado sólido.

5.3.2.5 Relé de transferencia de encendido

Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, en este circuito se tiene una bobina con un electroimán que acciona un juego de contactos el cual permite abrir o cerrar otros circuitos en forma independiente.

La gran ventaja de los relés es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento que circula por la bobina del electroimán y los circuitos controlados por los contactos lo que permite manejar voltajes altos con pequeñas voltajes de control; en la figura 5.37 se puede ver al relé junto a su diagrama de contactores de control.



Figura 5.37: Relé de transferencia de encendido.

5.3.2.6 Maqueta de intersecciones

La maqueta de las intersecciones esta hecha de madera (panel de $\frac{3}{4}$ "') cuyas dimensiones son de 1.7 x 0.8 x 0.02, todas estas medidas en metros. En una de las caras del panel se proyecto un esquema dos intersecciones sucesivas con indicadores de focos led de colores (rojo, amarillo y verde) que representan a las señales que despliegan los semáforos ubicados en cada acercamiento a la intersección formando un sistema de semáforos que controlan una intersección. Adicionalmente se instalaron en el panel unos pequeños lazos de alambre de cobre para simular los detectores de lazo inductivos existentes en intersecciones reales. De esta forma la maqueta representa una intersección con todo su sistema de control (ver figura 5.38).

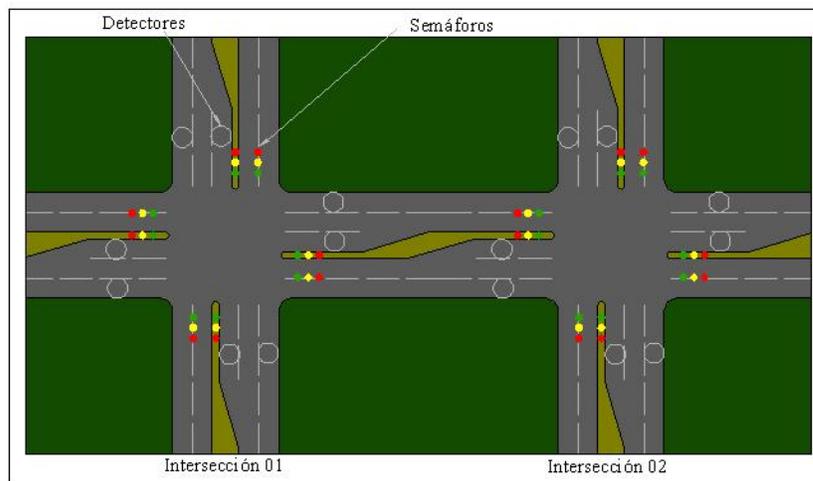


Figura 5.38: Maqueta de intersecciones

Por la parte posterior de la maqueta se realizaron todas las conexiones para las luces LED de acuerdo a una elaboración previa del circuito eléctrico. Este circuito se protege con un marco y se cubre con un panel de ¼". Esto con la finalidad de protección de la seguridad de los estudiantes que manipulen el modulo. En la figura 5.39 se presenta todo los componentes de uno de los controladores locales presentes en el laboratorio.

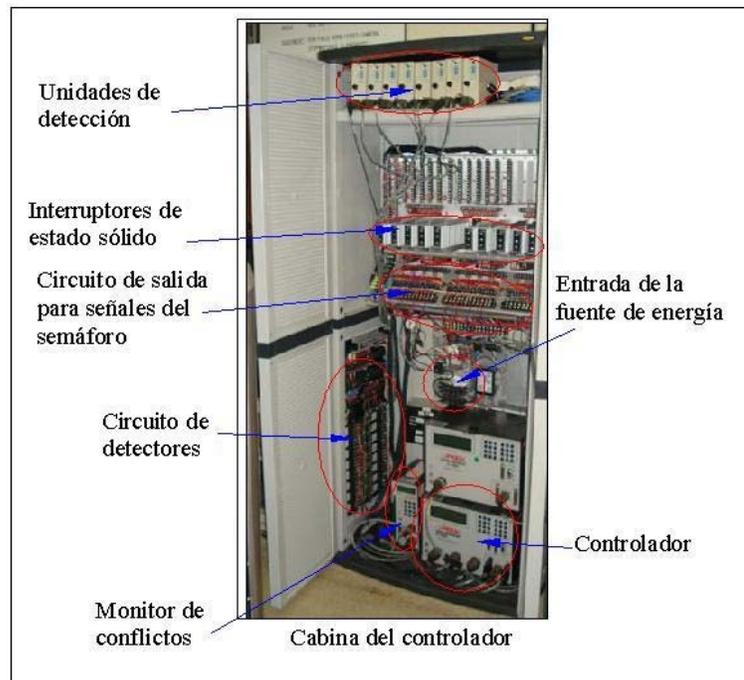


Figura 5.39: Componentes principales de una cabina de control

5.3.2.7 Tablero de comunicaciones

La comunicación del sistema de lazo cerrado “Closed-Loop Systems” permite supervisar otros controladores locales mediante dos elementos: un tablero de comunicaciones y un controlador maestro para monitorear todo el sistema.

La combinación del controlador maestro y el tablero de comunicación de cada controlador local mejora la transmisión de datos y monitoreo del sistema, algunas funciones que permite la operación del sistema de lazo cerrado son:

- ❖ Reprogramar los relojes de los controladores locales.
- ❖ Sobre escribir los planes del día al controlador local.

- ❖ Detección y reporte de errores del sistema.
- ❖ Entrada de datos a algún controlador local por medio del controlador maestro
- ❖ Monitoreo de todo el sistema mediante el modem y computador central.

5.3.3 Funcionamiento del Prototipo

El prototipo de control de intersección trata de modelar al sistema de interconexión física denominada sistema de lazo cerrado (“Closed loop System”), compuesto por: detectores, controladores locales, controladores maestros y computador central. Este sistema se utiliza en la programación y sincronización de tiempos del sistema de semáforos en redes.

Para una operación efectiva del prototipo se deben precisar cuidadosamente los siguientes parámetros: tiempo de despeje de vehículos, tiempo de despeje de peatones, ubicación – operación de los detectores, control de tiempos de coordinación y planes de coordinación.

El sistemas de detección de la maqueta, es simulado por un lazo de alambre eléctrico de cobre (lazo inductivo), estos lazos usualmente se conectan a la unidad de control. Cuando un objeto metálico que simule a un vehículo se mueva sobre los lazos, causa un cambio en la inductancia que genera una señal que indica la presencia o el paso del vehículo por el detector, la unidad de detección envía esta señal de detección al controlador, esta señal es utilizada para otorgar el tiempo de despliegue de la luz a los focos LEDs de color verde ubicado en la maqueta (derecho de vía a cada acceso).

Para la sincronización de los semáforos de las dos intersecciones presentes en la maqueta es necesario contar con controladores locales de cada cabina y un controlador maestro. Una vez que los controladores locales están interconectados a cada intersección del sistema, el controlador maestro se instala para manejar la señal sincronizada. El controlador maestro también se utiliza para llamar los planes de coordinación, de tal manera que todas las intersecciones corran con el mismo plan. La empresa Peek desarrolló el software CL-MATS para sus controladores locales. Este software se utiliza para acceder a cada controlador individualmente a través de una conexión modem.

5.3.4 Implementación del Prototipo

Conexión de los LED's de la maqueta de intersecciones con la cabina de control

La conexión del sistema de semáforos (focos LED) que controla cada intersección de la maqueta, se realiza de acuerdo a un plano de conexiones que se muestra en la figura 5.40. En este se distingue la ubicación de cada semáforo junto con sus respectivas luces de despliegue (LED de color verde, amarillo y rojo). Todos los cables de conexión desde el panel de la maqueta a la cabina de control de tráfico se conducen por una tubería flexible de plástico, adicionalmente se instaló en este circuito un conector de pines DB-25 el cual se utiliza como un elemento de unión de estas dos partes del prototipo.

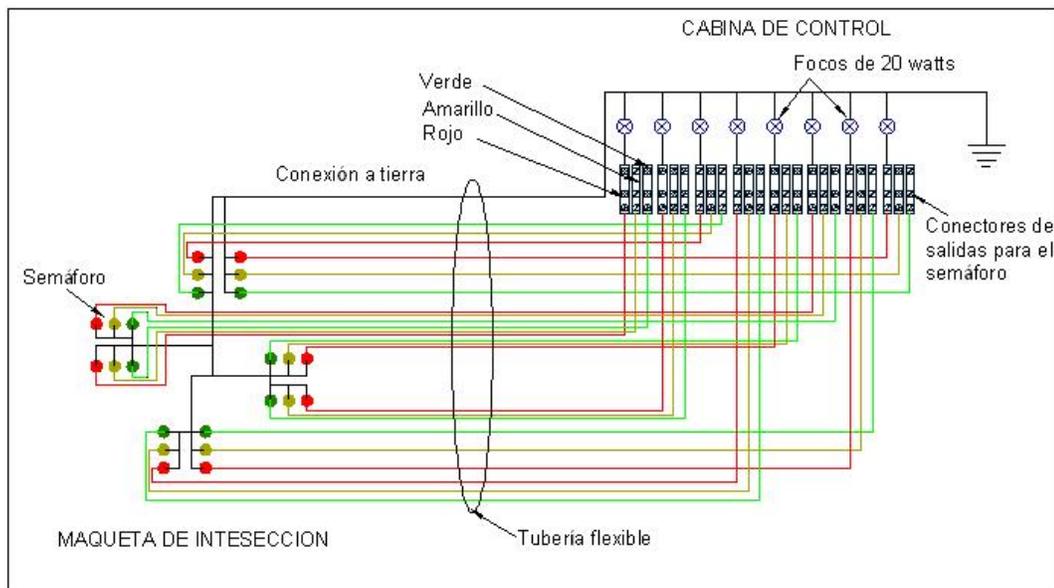


Figura 5.40: Conexión del sistema de semáforos de la maqueta y cabina de control.

El uso de conectores facilita el manejo de los componentes del prototipo en forma independiente o en forma conjunta, esto ayuda a los trabajos de mantenimiento, transporte y seguridad de instalación.

Los conectores DB-25, son conectores utilizados para facilitar la entrada y salida de datos en serie o en paralelo, el número que aparece detrás de las iniciales DB “Data Bus” indica el número de líneas o cables dentro del conector, el conector DB-25 es un conector de 25 pines o clavijas, en una conexión con este conector se distinguen dos tipos: los conectores DB-25 macho y DB-25 hembra

Conexión de los detectores de lazo de la maqueta con la cabina de control

La conexión del sistema de detección (detectores de lazo inductivo) de la maqueta de intersecciones se realiza de acuerdo al circuito de conexiones que se muestra en la figura 5.41. En esta figura se observa la ubicación de cada detector en los accesos a la intersección. Todos los cables de conexión desde el panel de la maqueta a la cabina de control de tráfico se conducen por una tubería flexible de plástico. Como un elemento de unión de estas dos partes del prototipo se instaló un conector de pines DB-25 en el circuito el cual ayuda en trabajos futuros de mantenimiento, transporte y seguridad de instalación.

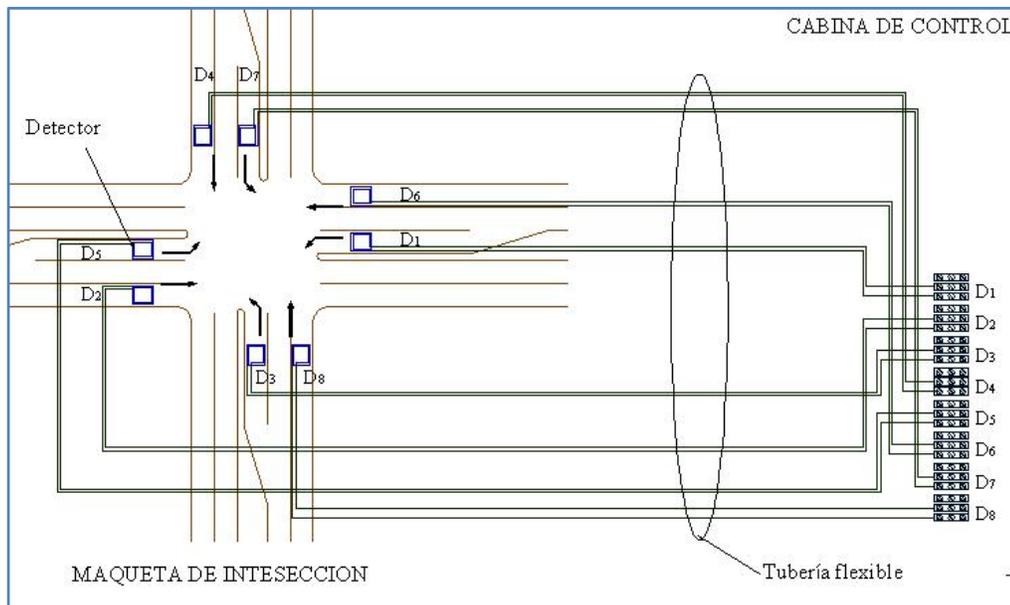


Figura 5.41: Conexión del sistema de detectores de la maqueta con cabina de control.

Las conexiones de cada intersección de la maqueta son independientes con sus respectivas cabinas de control. Las dos conexiones: el circuito de semáforos y el circuito de detección utilizan conectores DB-25, para evitar cualquier tipo de confusiones cuando se estén manipulando las conexiones, estas tienen una misma configuración en cada intersección. Esto hace posible que los conectores de una intersección puedan intercambiarse con las de otro; en la figura 5.42 se muestra el modo de conexión de la maqueta a las cabinas de control a través de de los conectores DB-25.

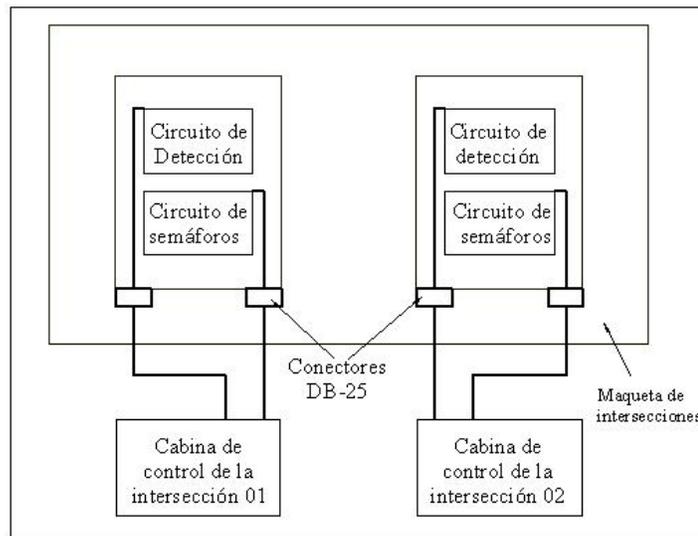


Figura 5.42: Conexión de la maqueta a las cabinas de control

Comunicación de los controladores con el computador

La comunicación de los controladores locales con el controlador maestro y el computador es un importante operación que facilita tareas de coordinación, simulación y optimización de intersecciones, esta tarea en el laboratorio se realizo utilizando un conjunto de conectores y cables, los cuales nos sirvieron para formar una red de interconexión física de controladores y el computador. Para que el computador pueda reconocer a los controladores es necesario la ayuda de un software aplicado a los controladores, el software utilizado para este propósito fue el CL-MATS versión 2.6, el cual nos permite acceder primeramente al controlador maestro y mediante este a los controladores locales. La conexión de la red se realizo tal como se muestra en la figura 5.43; es importante notar, que el laboratorio de transportación cuenta con dos tipos de

controladores locales, cada uno con diferentes puertos de comunicación y por ende se necesitan diferentes conectores.

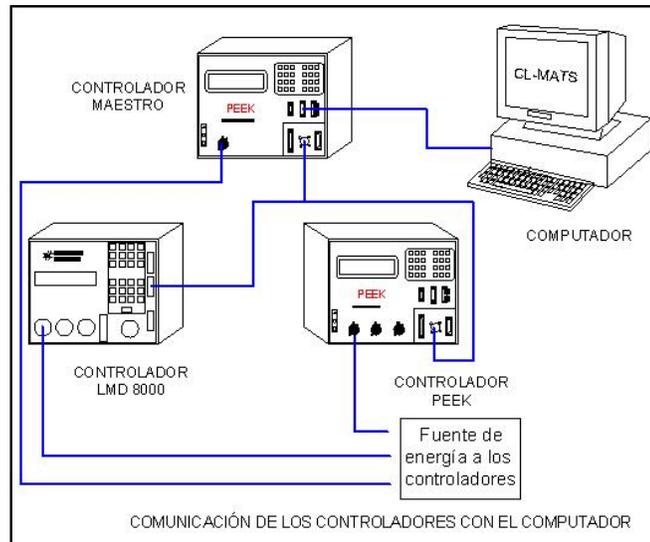


Figura 5.43: Conexión de controladores con el computador

Seguidamente se hace la configuración de los puertos de comunicación, comenzando con la de los controladores locales y el controlador maestro luego se configura el conector de comunicación al computador. Una vez que se tiene la comunicación se procede a la simulación de las dos intersecciones y modificación de parámetros de ambos controladores utilizando el computador tal como se puede ver en la figura 5.44.

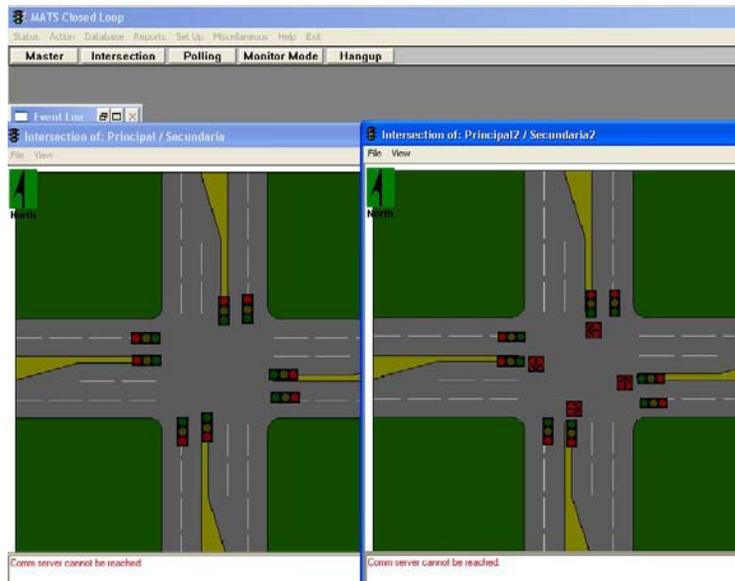


Figura 5.44: Simulación de la maqueta en el computador

En esta se puede ver que si proyectamos esta pantalla mediante un proyector se aprecia de mejor forma esta simulación, para estudios futuros se tendría una simulación generando flujos vehiculares mediante un programa adicional que es el Synchro, de esta manera se podría simular situaciones reales con tendencias futuras.

5.3.5 Pruebas del prototipo

Antes de realizar la instalación global del prototipo se realizaron pruebas a cada equipo constituyente para verificar su correcto funcionamiento. Para esta tarea es necesario contar con toda la información técnica de los equipos y los planos de instalación del sistema elaborados en la etapa anterior. En esta etapa se debe adquirir la destreza de configuración de cada equipo, especialmente la unidad de control. Para configurar la unidad de control es necesario definir los parámetros que utiliza la unidad de control para su operación correcta. Estos se ingresan por el teclado de acuerdo con una secuencia de ventanas de menú. Todas las pruebas de operatividad de los equipos se realizaron en el laboratorio de transportación del departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura.

Pruebas del funcionamiento del prototipo de control de semáforos en intersecciones

Se deben realizar dos pruebas utilizando el instrumento Voltio-Ohmímetro (VOM). Durante la instalación se medirá la resistencia en serie (continuidad) y la resistencia de dispersión a tierra (resistencia de aislamiento). Para la resistencia en serie se deberá registrar de 3800 ohmios $\pm 10\%$. La resistencia a tierra se registrará al medirse 1 a 3 Mega ohmios; cuando las resistencias son bajas indican dispersiones a través del alambre, tales dispersiones no comunican la respuesta del relé.

Para realizar pruebas eléctricas del sistema de detección de lazo inductivo se necesitan:

- ❖ Un medidor de resistencia de alto voltaje (Megóhmetro) para medir la resistencia de aislamiento.
- ❖ Un medidor de frecuencia, para analizar el lazo inductivo o medidor de inductancia.
- ❖ Un multímetro digital para medir la resistencia serie.

- ❖ Un miliohmímetro (medidor de bajas resistencias en el rango de 2 a 3 ohmios).

En la tabla 5.5 se presenta algunas posibles causas de funcionamiento defectuoso del detector de lazo inductivo (Martin 2003).

Tabla 5.5: Causas del funcionamiento defectuoso del detector de lazo inductivo

Error	Sin llamada	Constante llamada	Falsa llamada	desviado	Diafonía	No sintonizado	Sensibilidad desbalanceada
Causa potencial							
Factor de baja calidad		X				X	X
Baja resistencia a tierra		X	X	X		X	X
Resistencia en serie alta		X	X	X		X	X
Inductancia inapropiada	X	X				X	X
Mala instalación de tierra			X		X		
Instalación defectuosa	X	X	X	X	X		X
Fallas de la unidad de detección	X	X	X	X		X	

5.3.6 Aplicaciones prácticas

Optimización de tiempos de operación del sistema de semáforos

Las aplicaciones prácticas del módulo de control de semáforos es para hacer estudios de optimización de tiempos de operación del sistema de semáforos de dos intersecciones continuas, para de esta manera mejorar el servicio a los usuarios (conductores, peatones y ciclistas). Esto se realiza teniendo la información de datos de flujo, datos de geometría de la intersección y la programación del control. Comenzamos el estudio utilizando la información de programación de la intersección el cual lo cargamos manualmente a nuestro módulo para modelar la situación real. Seguidamente esta data, conjuntamente con los flujos de vehículos, son ingresados al programa Synchro en el cual se modela esta y adicionalmente se optimiza todas las operaciones; luego exportamos esta data en un archivo compatible con el programa CLMATS y a través de este se carga a los controladores para implementar la programación optimizada.

Coordinación de intersecciones

Con la ayuda del programa CLMATS el modulo de control de intersecciones permite manejar la información de las intersecciones con la finalidad de realizar una coordinación del sistema de semáforos de intersecciones continuas, modelando de esta manera un sistema de lazo cerrado con dos intersecciones (“Closed Loop System”).

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para la construcción de los prototipos se requirió conocer toda la teoría relacionada a los prototipos, el conocimiento básicos de electrónica y seguridad de utilización de maquinas y herramientas. El trabajo se comenzó con la elaboración de un expediente técnico que incluye planos detallados, presupuesto y una programación de ejecución (Proyecto). Con esta información se procedió a ejecutar el prototipo, aquí se plasma todo lo planeado; es aquí donde uno encuentra múltiples problemas, que se van solucionando conforme se avanza la ejecución. Una vez completado el prototipo es necesario hacerle algunas pruebas con la finalidad de verificar su correcto funcionamiento. Este trabajo fue un comienzo para realizar otros proyectos de prototipos, cada prototipo deja una puerta abierta para realizar futuros trabajos tanto de investigación como de aumentarle funciones a los prototipos existentes.

La implementación de los dos prototipos se realizó en forma paralela en función a la disponibilidad de materiales y herramientas, siempre buscando cumplir los objetivos trazados. Para realizar la tarea de coordinación de las intersecciones se trabajó con el software CL-MATS. La principal tarea de este software es la comunicación de los controladores con la computador, esta aplicación tiene bastantes opciones, en este proyecto se presentaron las aplicaciones principales.

Las antenas del prototipo de sistema inteligente de transporte inalámbrico es el elemento más sensible el cual necesita de un permanente mantenimiento para asegurar su correcta operación, se debe tener en cuenta la visibilidad directa (sin obstáculos) entre ambas, cuando la señal enviada por la antena de transmisión encuentra en su trayecto un obstáculo (arbustos, ramas y hojas) producirá distorsión de la imagen.

La computadora que se utiliza para el procesamiento de la imagen con la ayuda del software Autoscope debe tener buenas características de hardware, esto garantiza el manejo de información.

Se aconseja que para realizar una buena programación de las unidades de control (controladores), se haga un borrado de toda la programación existente y luego cargar la configuración por defecto de la máquina y según la utilización se puede ir variando la configuración.

Cuando se intercambian los conectores de la maqueta de intersecciones con las cabinas de control se debe hacer solo las que son de la misma función, por ejemplo se pueden intercambiar los sistemas de detección de una intersección con los de la otra.

Para estudios futuros se tiene la simulación de tráfico de intersecciones con datos generados de flujos vehiculares mediante un programa adicional Synchro, de esta manera se podrían simular situaciones reales con tendencias futuras.

La prueba del prototipo de monitoreo de tráfico inalámbrico mediante conteo de tráfico arrojó errores de 3.27% y 10.55% que están fuera del rango permitidos para estudios de tráfico con esta tecnología. Estos errores se asocian a diferentes factores como la mala calidad de imagen procesada, la posición de la cámara y medio ambiente, adicionalmente a esto se trabajó con equipos antiguos. La diferencia de estos errores se debe a que la dirección con mayor frecuencia de movimientos con virajes tiene mayor cantidad de vehículos que frenan y transitan a muy baja velocidad, esto hace que los detectores cuenten de más y produzcan errores positivos.

Cada detector virtual en las imágenes de video necesita un tiempo de reacción (actualización de su estado), el cual también es un problema con procesadores de imagen con reacción lenta (antiguos procesadores), ya que los vehículos que corren muy próximos no son detectados.

Cuando se tienen movimientos continuos de vehículos a baja velocidad sin detenerse, los procesadores de imagen tienden a realizar conteos de más detectando al vehículo repetidas veces. Una posible explicación es que el vehículo tiene un movimiento muy lento que se confunde con movimientos discontinuos de corta duración.

La posición de la cámara con respecto a la vía de rodaje de la carretera afecta la correcta configuración de los carriles, generalmente se debe colocar la cámara en lugares con amplio campo de visión de los carriles en estudio.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda poner dispositivos de protección contra fenómenos naturales corto circuitos eléctricos en los circuitos de los prototipos, estos dispositivos protegen contra descargas eléctricas naturales (rayos) o cortocircuitos internos, y están constituidos por fusibles, termomagnéticos y para rayos. La ausencia de estos podría ocasionar pérdida de los equipos.

Para la alimentación de fuente de energía constante es necesario utilizar los reguladores de voltaje a la entrada al circuito del prototipo.

Antes de operar el prototipo es necesario que el profesor de una simulación práctica de los equipos sin energizar el sistema, esto es llamado operación en vacío, esto es para evitar accidentes personales y daños a los equipos.

Los presentes prototipos son con fines educativos y de uso para el laboratorio, esto quiere decir que si se quiere utilizar para fines de exhibición se deben tomar las previsiones necesarias para evitar caídas, golpes o corto circuito ocasionado por movimiento, desconexión o conexión inadecuada de los sistemas.

REFERENCIAS

- Akcelik, R. *Traffic signals: capacity and timing analysis*. Fourth Reprint: Australian Road Research Board, 1989.
- Amable, Luis. *Diseño e implementación de una arquitectura multiagente para la ayuda a la toma de decisiones en un sistema de control de tráfico urbano*. Tesis Doctoral del Departamento de Informatica: Universidad de Jaume, Castellon de la Plata, 2000.
- Autoscope. *User's Manual*. Anaheim, CA-USA: Econolite Control Products , 2003.
- Axis. *Soluciones de video IP, Guía técnica*. Estocolmo: Axis Communication, Estocolmo-Suecia, 2005.
- Cal, R., and J. Cardenas. *Ingeniería de transito*. Bogotá, Colombia: Alfaomega grupo editor, S.A., 2003.
- Engst, A., and G. Fleishman. *Introduccion a redes inalámbricas*. España: Anaya, 2003.
- Espinosa, J., O. Lopez, and S. García. *Tecnico en Telecomunicaciones*. Madrid, España: Cultural, S.A., 2002.
- FHWA. *Signalized Intersections: Informational Guide*. Georgetown Pike-USA: FHWA, 2004.
- . *Traffic Detector Handbook*. 6300 Georgeton Pike-USA: FHWA-HRT-06-108, 2006.
- Gomez, Nelson. *Evaluacion del uso de autoscope para conteos automaticos de vehiculos en intersecciones*. Maestria en Ingenieria Civil, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura: Universidad de Puerto Rico, 2006.
- Hsiao, Harry. *Video Transmission*. Grup manufacture, USA: Moxa Networking Product, 2005.
- Martin, Peter. "Detector Tecnology Evaluation." *Detector Tecnology Evaluation University of Utah.*, 2003: 70.
- Mn/DOT. *Traffic Signal Timing and Coordination Manual*. Minnesota - USA: Minnesota Department of Transportation, 2005.
- Mueller, Edward A. *Aspects of the History of traffic signals*. USA.: IEEE Transactions on vehicular technology, , 1970.

- Nichols, Andrew, and Darcy Bullock. *Desing Guidelines for Deploying Closed Loop Systems*. Lafayette-Indiana: Joint Transportation Reserch Program, Purdue University, 2001.
- Peek. *CL MATS Operating Manual*. Palmetto FL.: Peek Traffic, 2003.
- Peek, Traffic. *Operating Manual 300 and 300E, Traffic Signal Controllers*. Palmetto, USA: Peek Traffic, 2008.
- Pline, James. *Traffic Control Devices Handbook*. Washington, DC.2005-3438 USA: Institute of Transportation Engineers, ITE, 2001.
- Radelat, Guido. *Principios de ingeniería de tránsito*. Washington, DC 2005-3438 USA: ITE, Instituto de Ingeniero de Transportes (Institute of Transportation Engineers), 2003.
- S.T.M. *Signal Timing Manual*. Washington. DC: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2008.
- SEDESOL. *Manual de estudios de Ingeniería de tránsito*. Mexico, Secretaria de desarrollo urbano y ordenamiento del territorio: Direccion general de ordenamiento del territorio, 1994.
- Sheldon, Leader. *Telecommunications Handbook for Transportation Professionals The Basics of Telecommunication*. Washington. DC: U.S. Departament of Transportation, Federal Highway Administration, 2004.
- SIEMON. *Network Cabling Solution*. España: Cisco Partner, 2007.
- Steve W., Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. January 01, 2003. <http://www.DSPguide.com> (accessed Febrero 14, 2009).
- Suárez, Mercedes. *Sistemas Inteligentes de Trasportes ITS*. Granada-España: Universidad Militar de Nueva Granada, 2002.
- Zhang, Guohui. "TRB 2007 Annual Meeting ." *A Video-based Vehicle Detection and Classification System for Real-time Traffic Data Collection Using Uncalibrated Video Cameras*, 2007: 12.

APÉNDICES

Apéndice A: Presupuesto de los prototipos.

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO RESINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE TRANSPORTACIÓN

PRESUPUESTO DE PROTOTIPOS

Prototipo de monitoreo de tráfico con transmisión inalámbrica

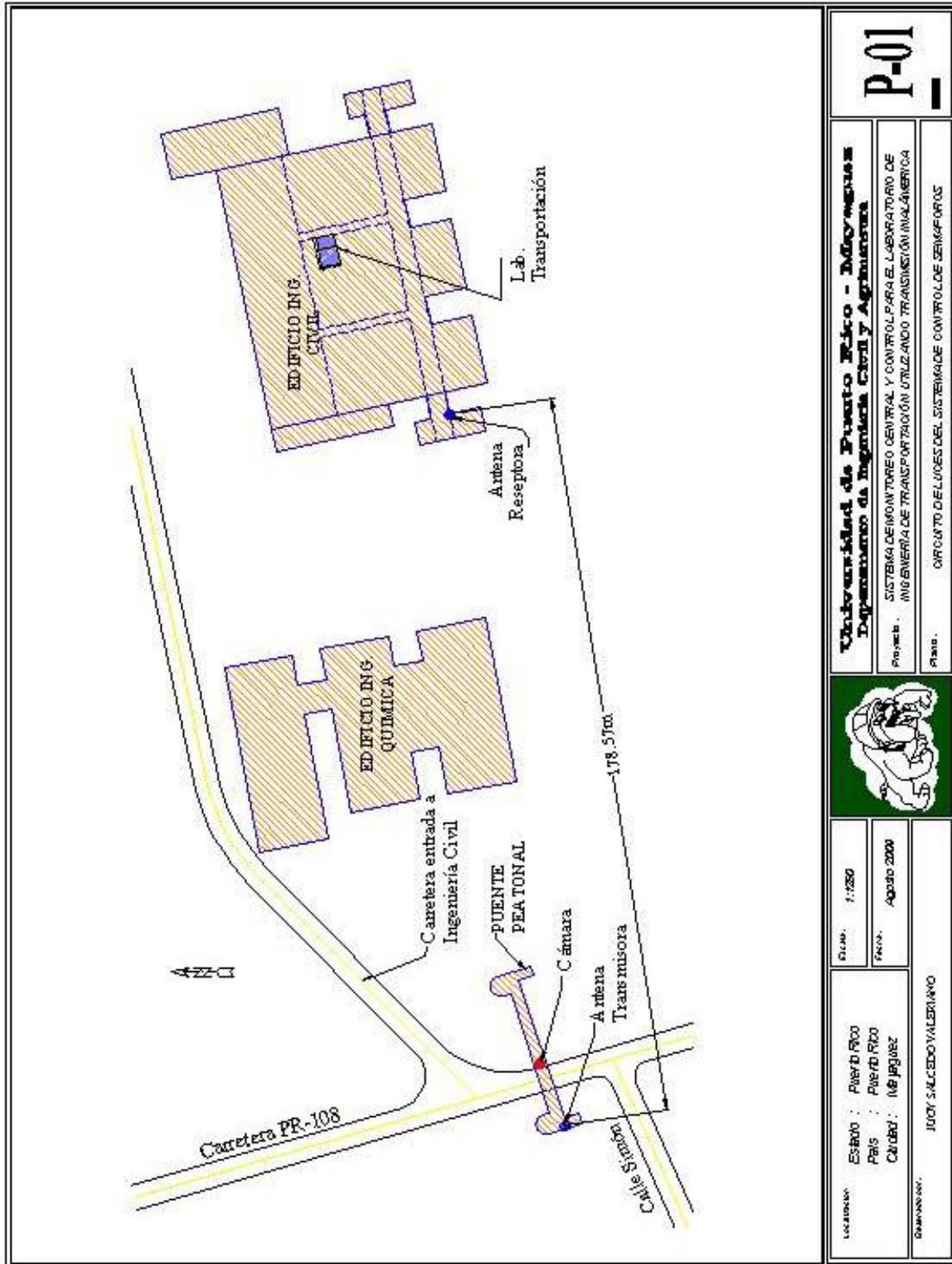
Descripción	Cantidad	Unidad	Cost. Unitario	Cost. Total
Cámara Pelco	1	und.	1200	1200
Antena inalámbrica	2	und.	1500	3000
Teclado universal	1	und.	629	629
Cables de conexión SPT	2	rollo	190	380
Conectores	6	und.	6	36
Tablero de control	2	und.	30	60
Interruptor con fusible	2	und.	15	30
Transformadores de corriente	4	und.	25	100
Supresor de picos	2	und.	35	70
Tomacorriente	2	und.	5	10
Tubería de plástico de 1/2"	10	und.	3	30
Abrazaderas metálicas de 1/2"	4	bolsa	3.2	12.8
Tornillos	2	caja	2.5	5
Cajas de registro	2	und.	5	10
Sub total				5572.8
Maquinaria y Herramientas				167.184
Total				5739.984

Prototipo de control de intersecciones

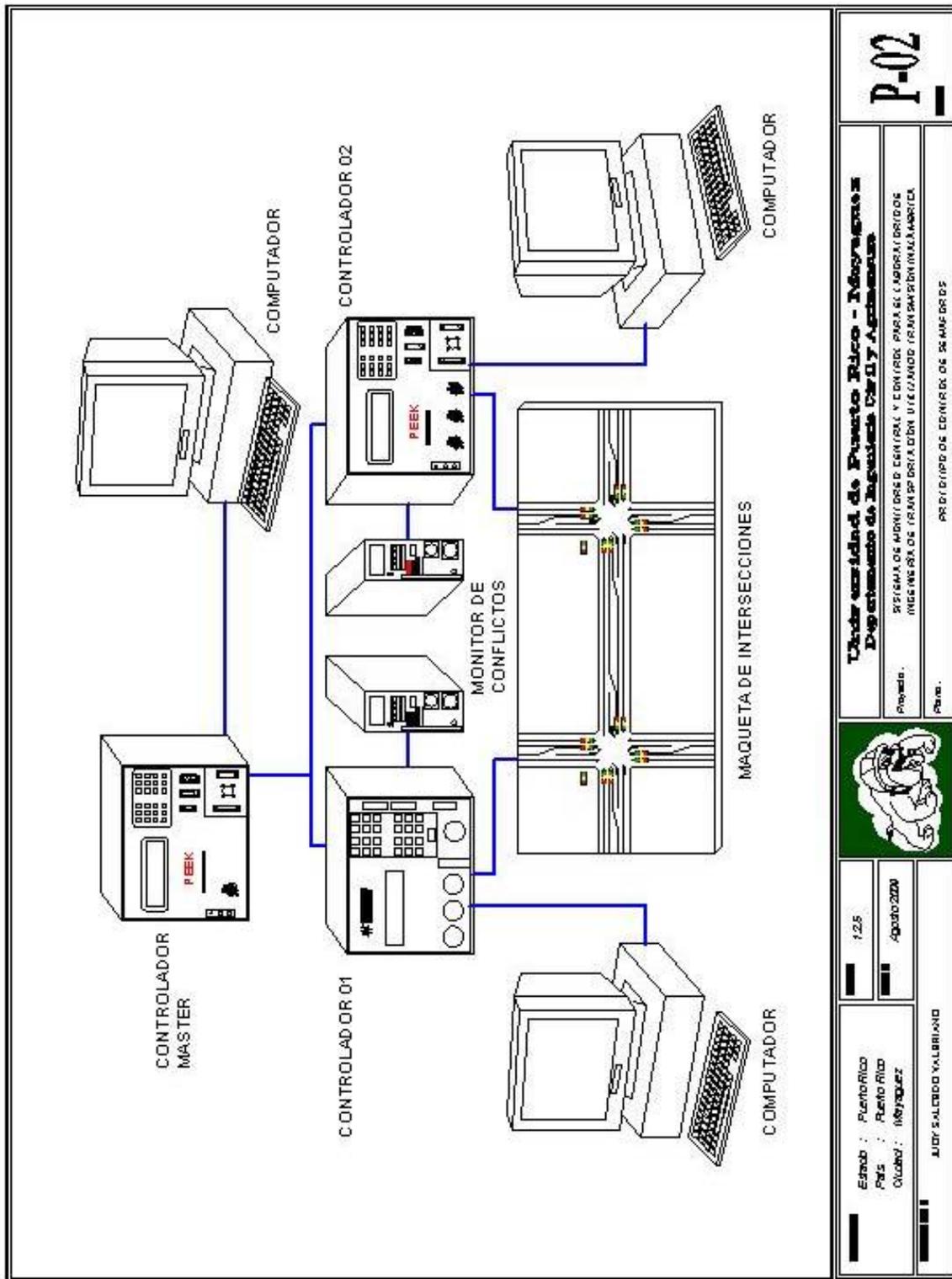
Descripción	Cantidad	Unidad	Cost. Unitario	Cost. Total
Cabina del controlador	2	und.	13000	26000
Controlador de tráfico local	2	und.	4300	8600
Controlador de tráfico Maestro	1	und.	5000	5000
Monitor de conflictos	2	und.	1600	3200
Unidades de detección	24	und.	100	2400
Interruptores de despliegue	24	und.	150	3600
Panel de madera 3/4"	1	und.	80	80
focos led	34	und.	2	68
Cable de conexión	1	rollo	230	230
Conectores	4	und.	6.5	26
tubo flexible	10	metro	3.2	32
Software de comunicación	1	und.	5000	5000
Sub total				54236
Maquinaria y Herramientas				1627.08
Total				55863.08

Fuente: Empresa Marina Electric
https://www.rhpstore.com/index.php?manufacturers_id=15
<http://www.deepsurplus.com/Network-Structured-Wiring/>

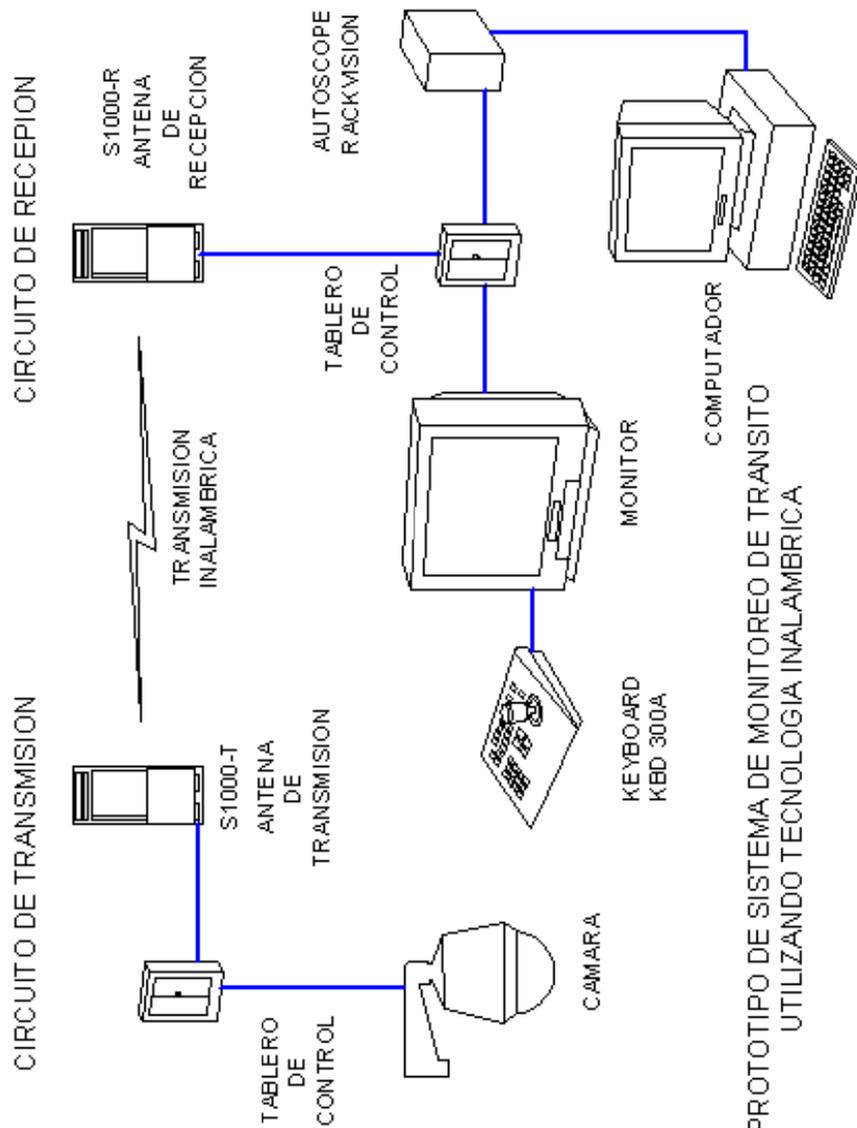
Apéndice B: Planos



Universidad de Puerto Rico - Mayaguez Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura		P-01	
Proyecto : SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSMISION INALAMBRICA		Plano : CIRCUITO DE LUGARES DEL SISTEMA DE CONTROL DE SEMAFOROS	
		Escala : 1:750	Fecha : Agosto 2008
Lugar : Puerto Rico	Pais : Puerto Rico	Diseñado por : JUDY SALCEDO VALERIANO	
Ciudad : Mayaguez			

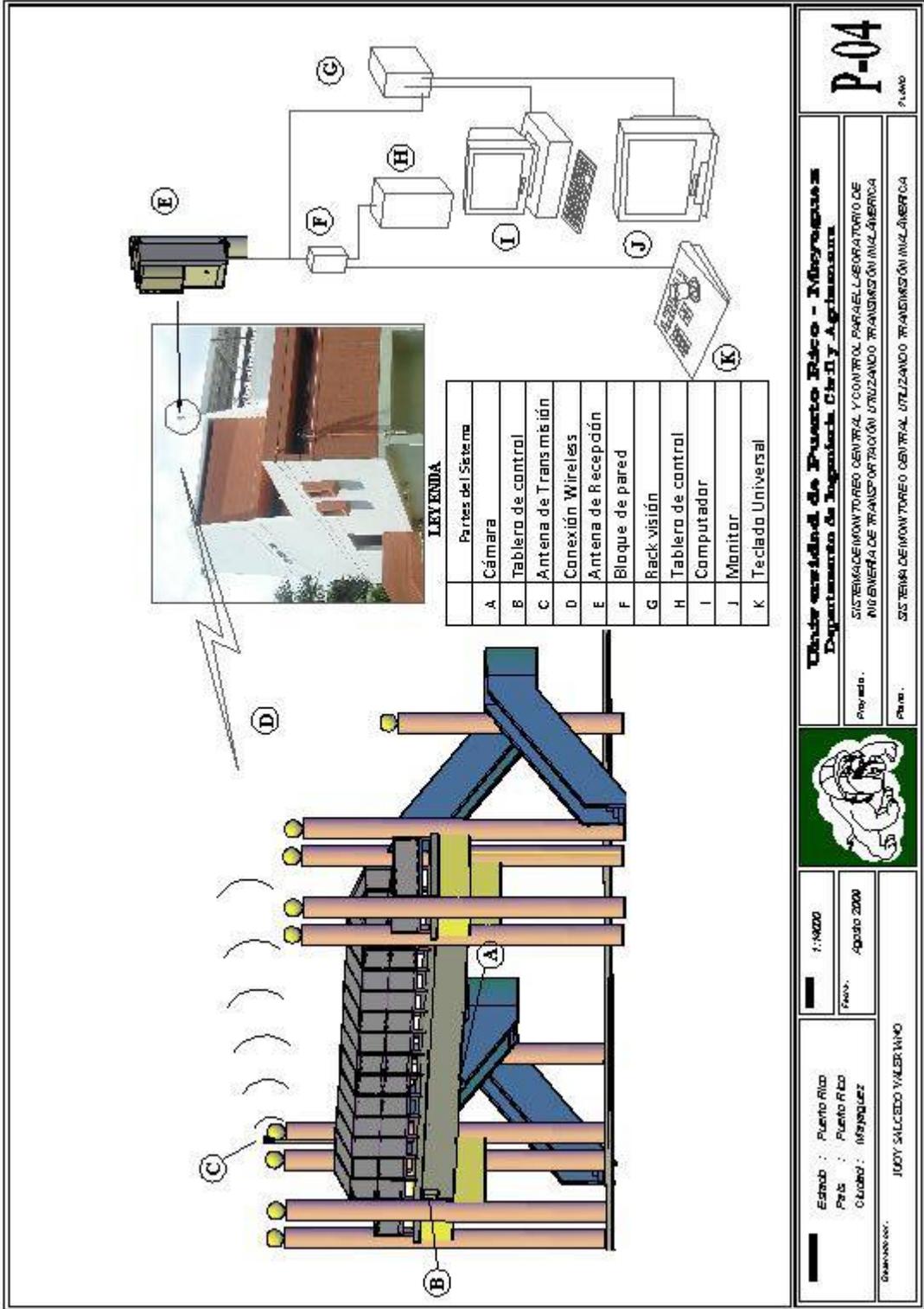


P-02	
Unidad de Puerto Rico - Mayaguez Departamento de Ingresos Car y Automoviles	
Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL CAMBIO DE SEMAFOROS INGENIERIA DE TRAFICO PARA UN VEHICULO TRANSACCIONADO EN UN CARRETERO	
Para: PROYECTO DE CONTROL DE SEMAFOROS	
Escala: Puerto Rico	1:25
País: Puerto Rico	Agosto 2020
Autor: Infante	LUDY SALCEDO VALERIANO



PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE TRANSITO UTILIZANDO TECNOLOGIA INALAMERICA

UCHILENIDAD DE PUERTO RICO - Mayaguez Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura		P-03 <small>Página</small>	
Estado : Puerto Rico País : Puerto Rico Ciudad : Mayaguez		Escala : 12,5 Fecha : Agosto 2020	Proyecto : SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSMISION INALAMERICA País : PROTOTIPO MONITOREO DE TRANSITO UTILIZANDO TRANSMISION INALAMERICA
AUTORES : JUDY SALCEDO Y ALBRITANO			



P-04

PLANO

Universidad de Puerto Rico - Mayaguez
Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura

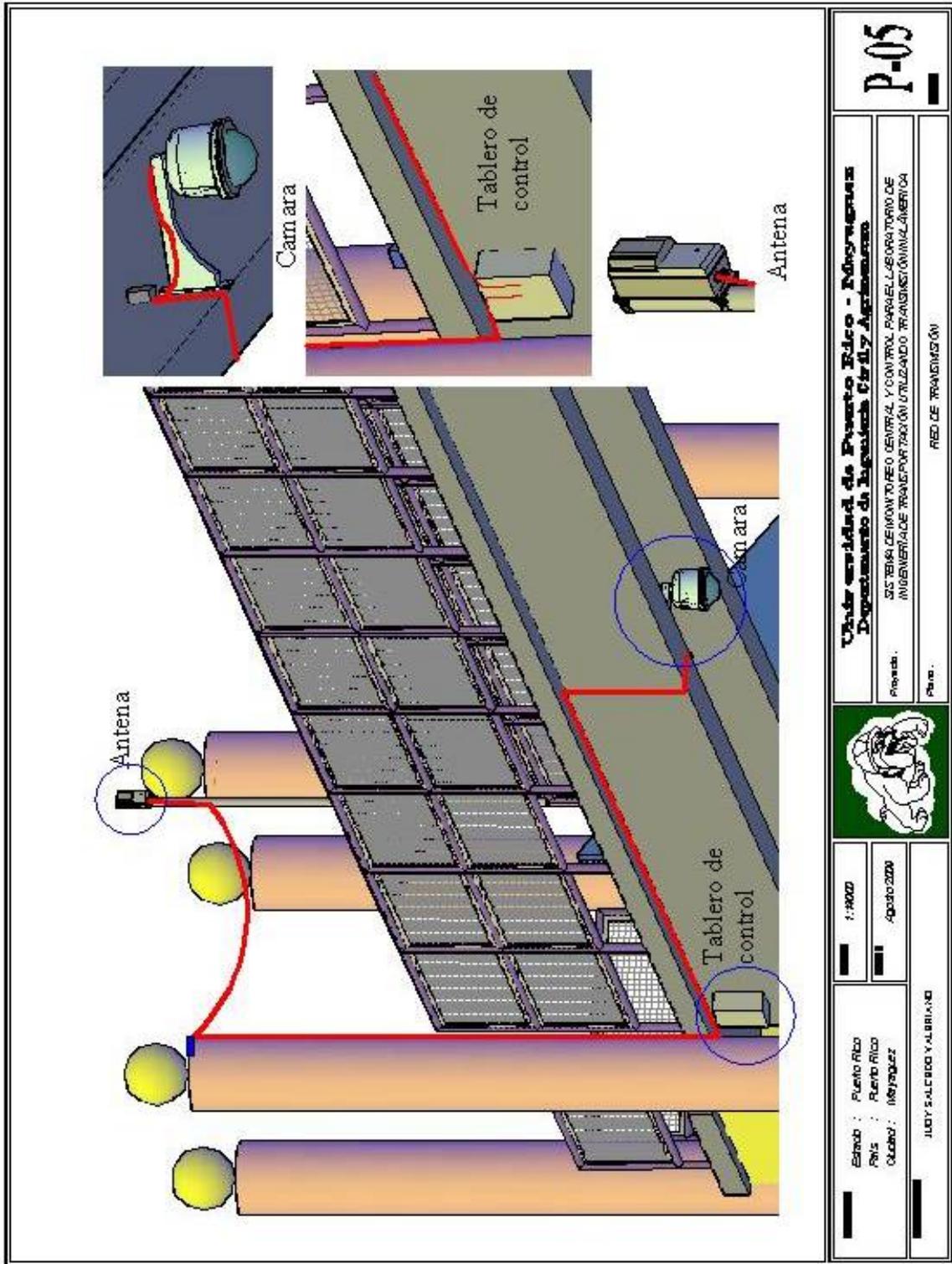
Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTACIÓN UTILIZANDO TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

Plan: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL UTILIZANDO TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

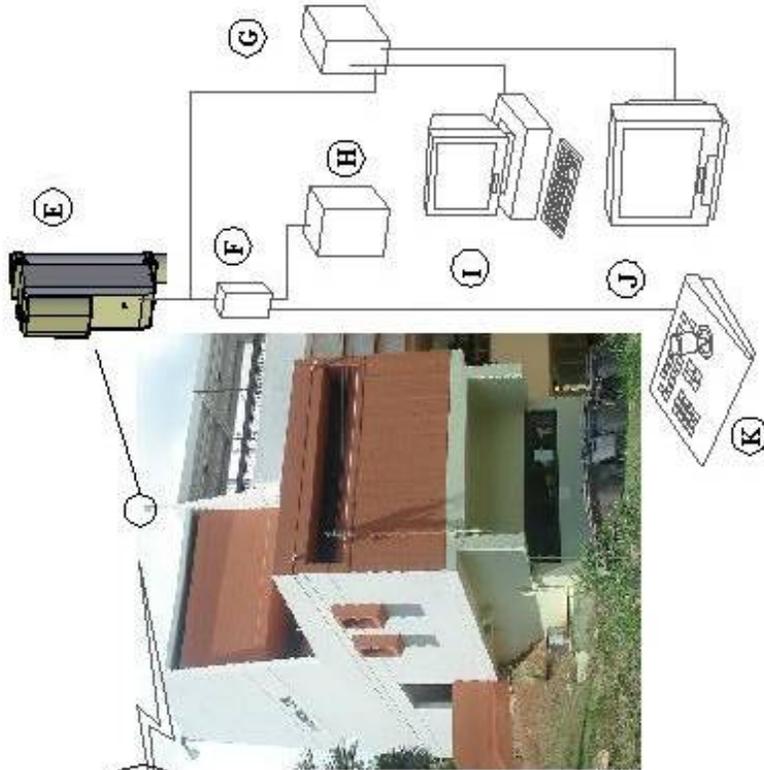
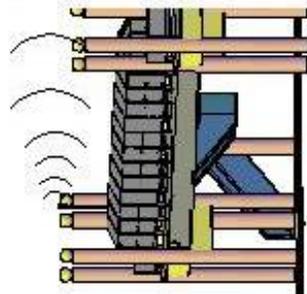
Escudo : Puerto Rico
 País : Puerto Rico
 Ciudad : Mayaguez

Escala : 1:1000
 Fecha : Agosto 2000

DISEÑADO POR: JUDY SALCEDO VALERIANO



Unidad educativa de Puerto Rico - Universidad Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura		P-05	
Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO, CONTROL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSMISION ALAMBRADA			
Plan: RED DE TRANSMISION			
Estado : Puerto Rico PWS : Puerto Rico Ciudad : Mayaguez		1:4000	
JULY SANCHEZ Y ALBRINO		Agosto 2008	



LEYENDA

E	Antena de Recepción
F	Bloque de pared
G	Procesador de imágenes
H	Tablero de control
I	Computador
J	Monitor
K	Tecclado Universal



Universidad de Puerto Rico - Ponce
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSMISION INALAMBRICA

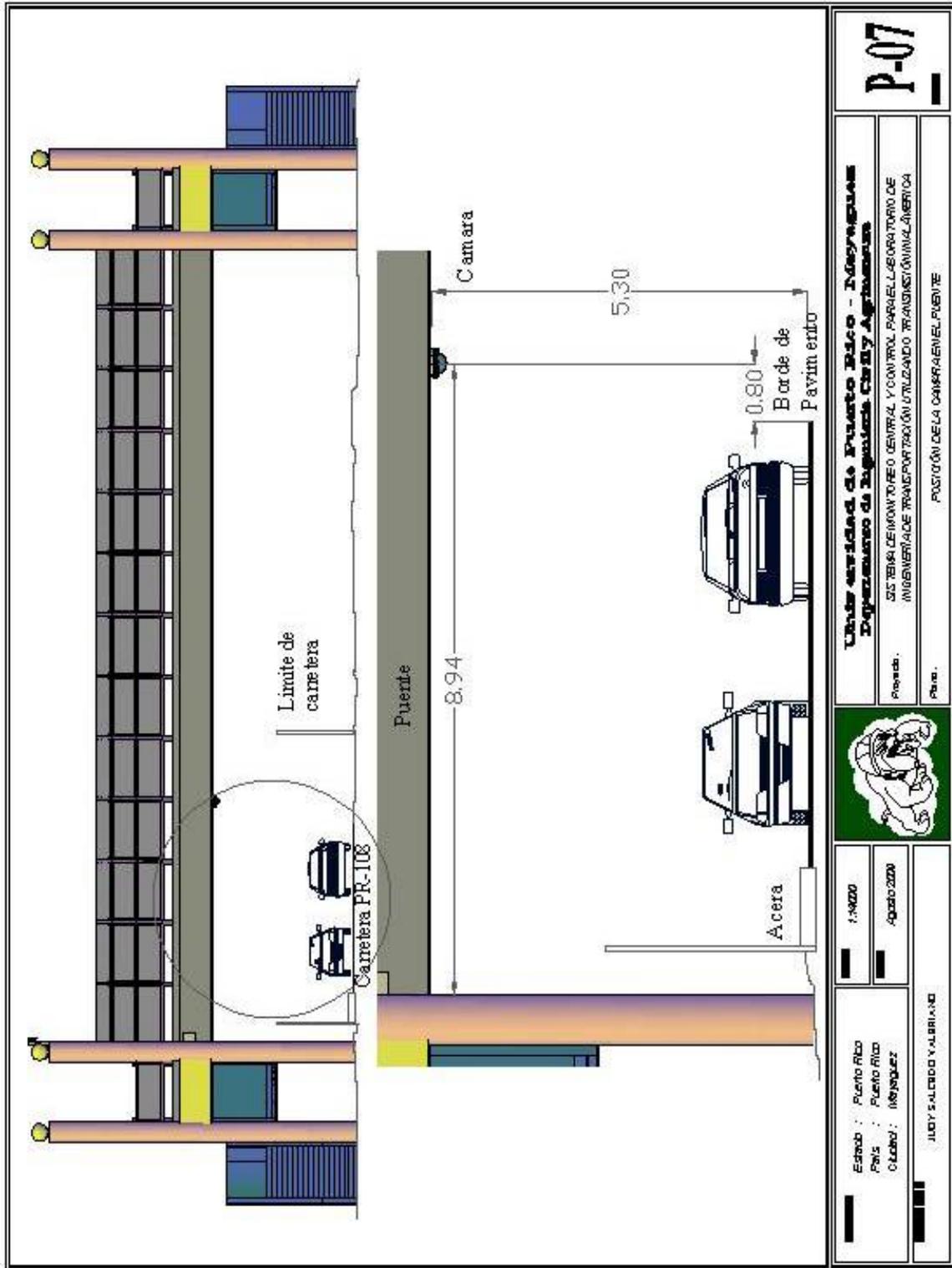
Para: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL UTILIZANDO TRANSMISION INALAMBRICA

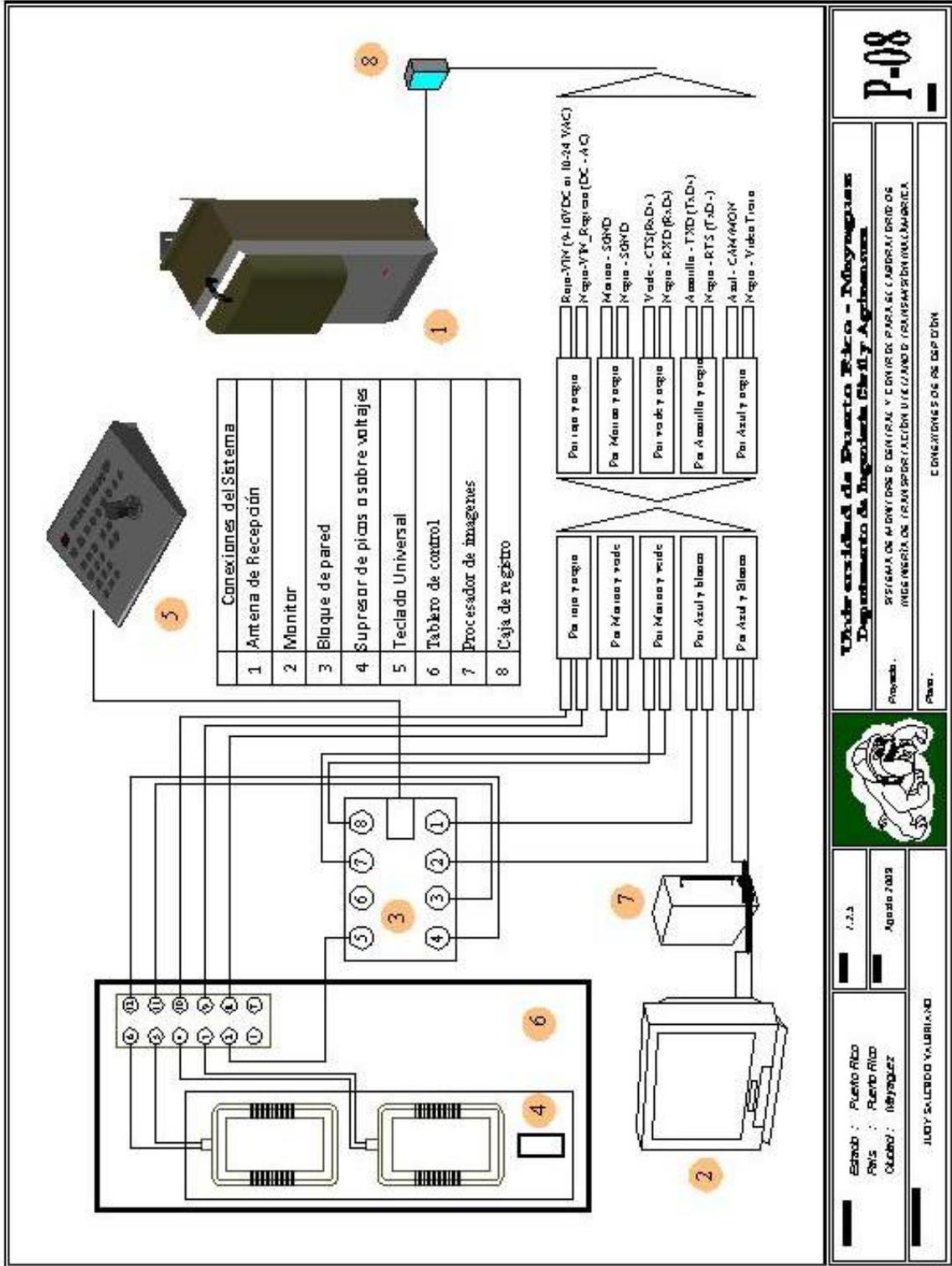
Estado : Puerto Rico
 País : Puerto Rico
 Ciudad : Mayaguez

Escala: 1:1000
 Fecha: Agosto 2008

Diseñado por: JULY SALECEDO Y ALBERTO

P-06





P-08

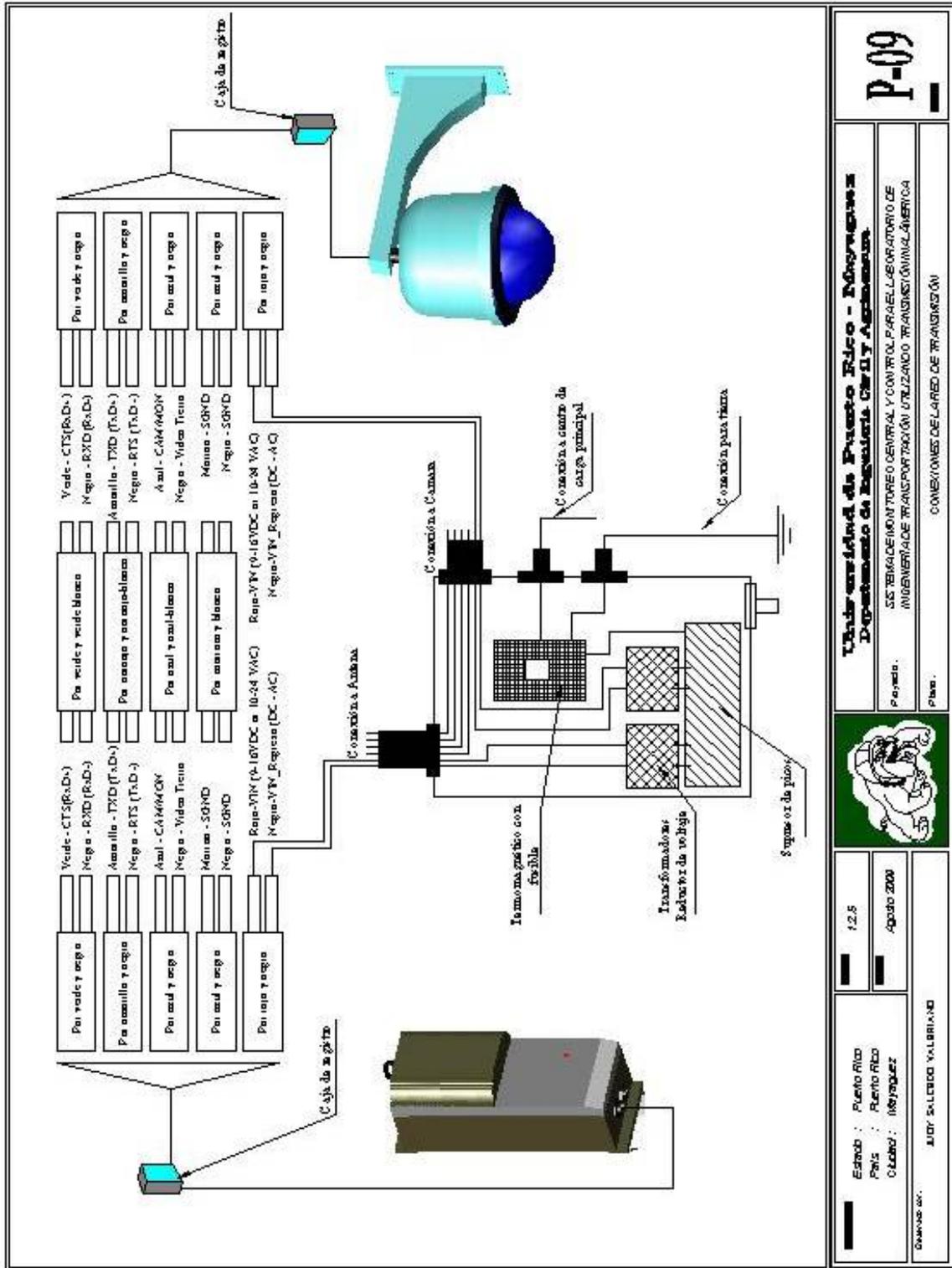
Universidad de Puerto Rico - Mayagüez
Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura

Proyecto: SISTEMAS DE MONITOREO DE CONDICIONES Y CONSIDERACIONES PARA EL OPERACIONAL DE LAS ANTENAS DE RECEPCION DE RADIO RECEPTORES DE ALTA FRECUENCIA

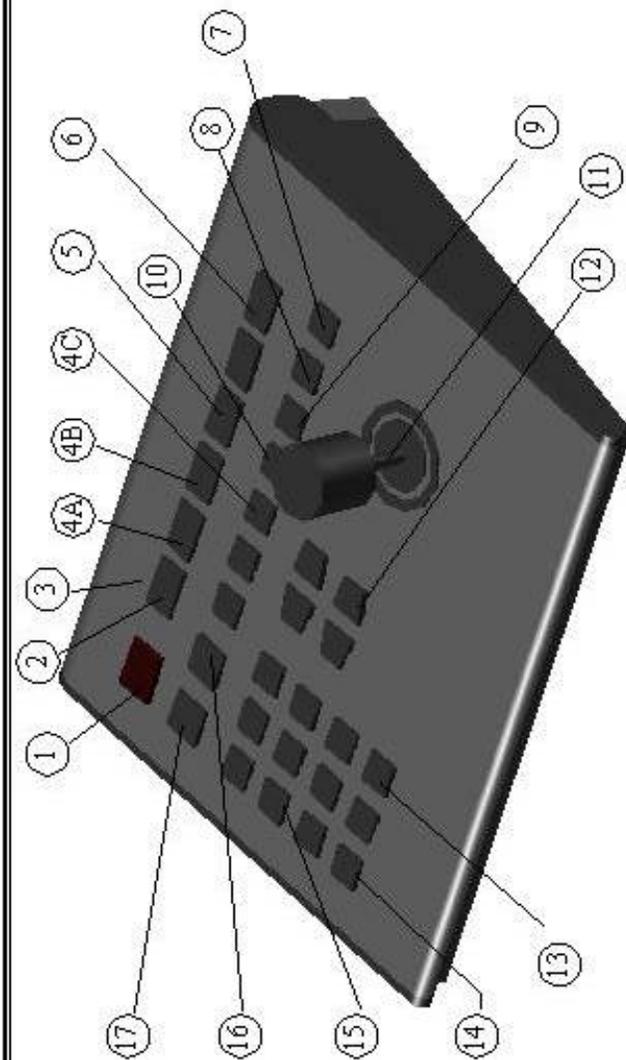
Para: CONEXIONES DE RECEPCION

1.1.1
 Agosto 2009

JUDY SALCEDO VALERIANO



P-09	
Universidad de Puerto Rico - Mayaguez Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura	
ESTEREA DE MONITOREO GENERAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTACIÓN UTILIZANDO TRANSMISIÓN AMERICANA	
CONEXIONES DEL AREA DE TRANSMISIÓN	
	
Estado : Puerto Rico País : Puerto Rico Ciudad : Mayaguez	12.5 Agosto 2008
Nombre del alumno : AURY SALCEDO VALERIANO	



Num. Referencia	Descripción	Num. Referencia	Descripción
1	Pantalla LED	9	Tecla de preset
2	Tecla shift	10	Tecla de patrón
3	LED de tecla shift	11	Palanca
4A-C	Tecla de secuencia. Previo, próximo, mantener	12	Tecla de foco e iris (Las teclas de iris pueden ser usadas para desplazarse a través de los menús, solo en la CM6800).
5	Teclas de funciones de control de auxiliares F1/Latch, F2/Off/F3/Mon. Con shift ellas controlan el des pliegue del multiplexor.	13	Tecla borrar
6	Las lebas AUX ON, AUX OFF, controlan las auxiliares del receptor	14	Tecla de selección de cámara
7	Con shift ellas controlan el des pliegue del multiplexor.	15	Teclado numérico (numero del 1 al 0)
	Tecla de programa	16	Tecla de reconocimiento
8	Tecla de secuencia de macro	17	Tecla de selección del monitor

Estado : Puerto Rico
 País : Puerto Rico
 Ciudad : Mayaguez

12.5
 Agosto 2000

LUIS SALCEDO VALERIANO

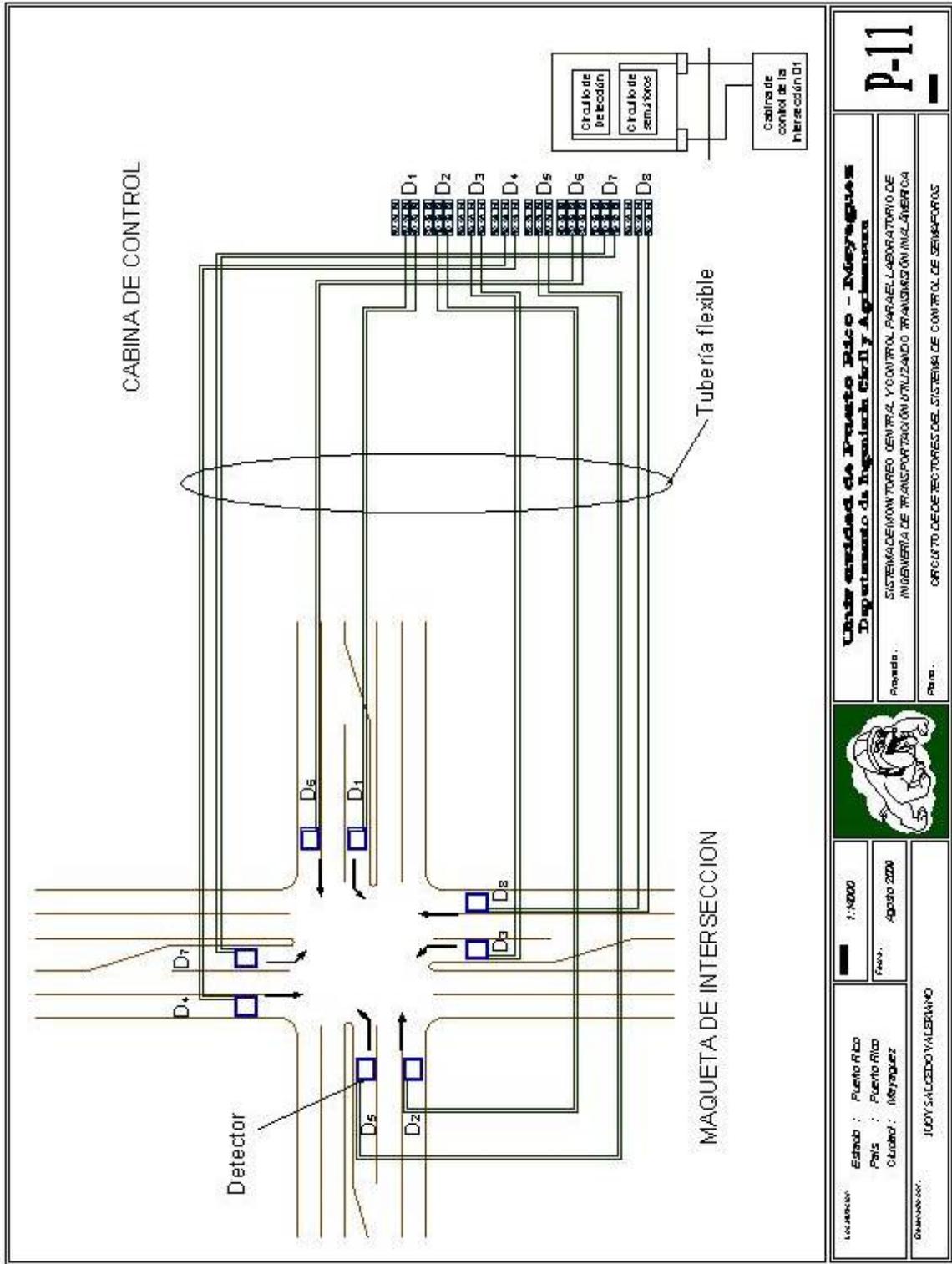
P-10

Univer sidad de Puerto Rico - Mayaguez
Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura

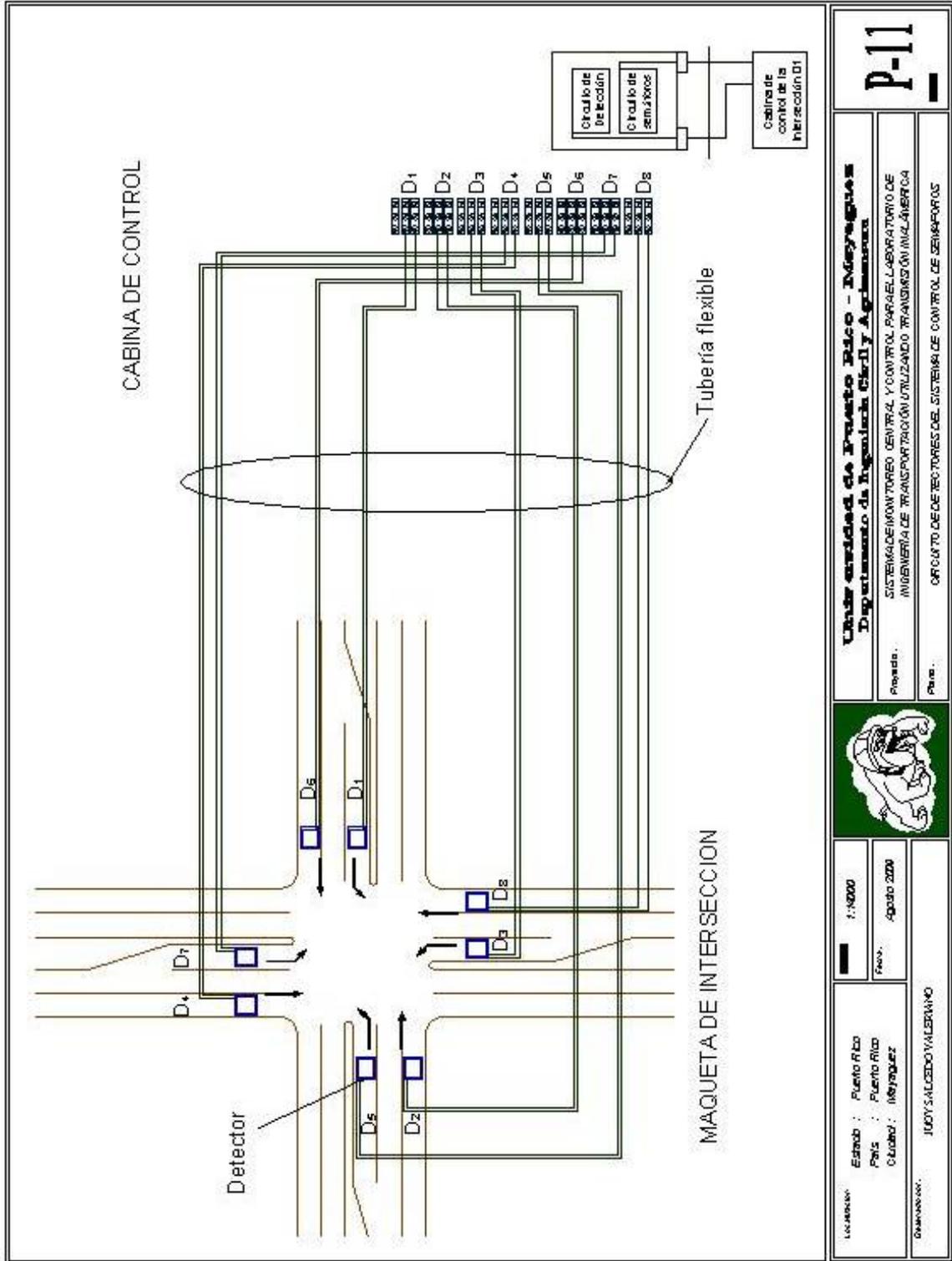
SISTEMAS DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSMISIÓN UTILIZANDO TRANSMISIÓN INALAMBRICA

PROYECTO: TECLADO DE TRANSMISIÓN UTILIZANDO TRANSMISIÓN INALAMBRICA

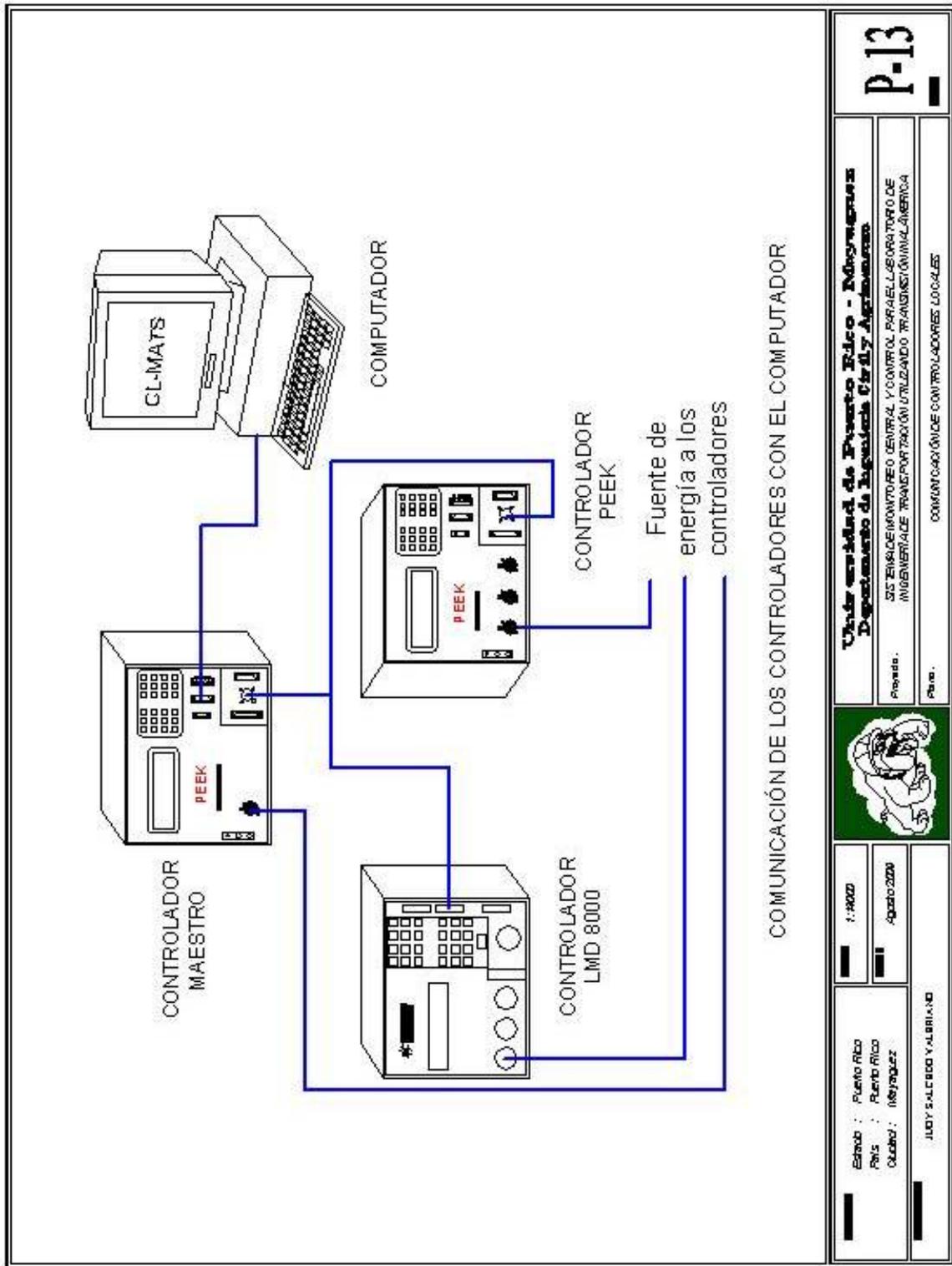
PÁGINA: TECLADO UNIVERSAL PARA LA CÁMERA



P-11	Universidad de Puerto Rico - Mayaguez Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura		
Proyecto:	SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSDUCIDORES INTELIGENTES		
País:	ORIGEN DE DETECTORES DE SISTEMA DE CONTROL DE SENSORES		
	Escala:	1:1000	
	Fecha:	Agosto 2020	
Elaborado por:	JOSÉ SALCEDO VALERIANO		



UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO - MAYAGUEZ Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura		P-11	
Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSDUCTORES INCLANERFCA			
País: PUERTO RICO		Circuito de Detectores del Sistema de Control de Semáforos	
Localidad: Puerto Rico	Escala: 1:1000		
País: Puerto Rico	Fecha: Agosto 2020		
Ciudad: Mayaguez			
Diseñado por: JUDY SALCEDO VALENTINO			



Estado : Puerto Rico País : Puerto Rico Ciudad : Mayaguez		1:1000 Agosto 2000	<h1 style="margin: 0;">P-13</h1>
Universidad de Puerto Rico - Mayaguez Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura			
Proyecto: SISTEMA MONITOREO CENTRAL Y CONTROL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION UTILIZANDO TRANSMISION INALAMBRICA			
Para: COMERCIALIZACIÓN DE CONTROLADORES LOCALES			
JUDY SÁLCEDO Y ALBRINO			

Apendice C: Manuales

MANUAL PARA LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LDM 8000

Para ingresar al menú principal se presiona la tecla “Main menu” y aparece su ventana de menú.

1.- En el MAIN MENU oprimir el número 2 para entrar a PROGRAM/READ MODE.

MAIN MENU	
1. RUN MODE	3. UTILITIES
2. PROGRAM/READ MODE	
USE HELP KEY FOR HELP	

2.- En el menú de PROGRAM/READ MODE oprimir el número 2 para entrar a CONTROLLER.

--PROGRAM/READ MODE--		
1. SECURITY CODE	4. TIME CLOCK	7. REPORTS
2. CONTROLLER	5. PRE-EMPTION	
3. COORDINATION	6. COMM SET-UP	

3.- Oprimir el número 1 para entrar a la sección de MEMORY/RECALL/CNA.

--CONTROLLER PROGRAM/READ MODE--			
1. MEMORY/RECALL/CNA	4. INITIALIZE/FLASH		
2. PHASE TIMING	5. OVERLAPS		
3. PHASING/SEQUENCE	6. DETECTORS/OPTIONS		

4.- En esta pantalla aparecen las opciones de MEMORY, EXT REC (Extendible Recall) y MAX REC (Maximum Recall).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
MEMORY	OFF							
EXT REC	ON							
MAX REC	OFF							

- ❖ MEMORY: Si se encuentra en OFF significa que la entrada del detector tiene que ser activada cuando se toma la decisión de la fase anterior. Ejemplo: Virajes a la derecha.

Si se encuentra en ON la llamada es recordada hasta que se sirva la fase aunque el detector haya sido pulsado.

- ❖ EXT REC: La fase asociada siempre llegará a verde mínimo y el tiempo verde adicional está conforme a la extensión del detector.
- ❖ MAX REC: La fase asociada siempre llegará a verde máximo sin importar entradas del detector.

5.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

6.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de PED REC (Pedestrian Recall), CNA I y CNA II (Call to Non-Actuated).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
PED REC	OFF							
CNA I	OFF							
CNA II	OFF							

- ❖ PED REC: Con la activación de esta opción, la caminata peatonal y los intervalos de separación para la fase se miden una vez por ciclo sin la necesidad de una impulsión del pulsador.
- ❖ CNA I y CNA II: Proveen un modo especial para operaciones no actuadas. Las fases se determinan dependiendo de los datos entrados por el programador.

7.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

8.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de FL WALK (Flashing Walk), SOFT REC (Soft Recall) y WLK RST (Walk Rest).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
FL WALK	OFF							
SOFT REC	OFF							
WLK RST	OFF							

- ❖ FL WALK: Tiempo de Intermitente de Walk.
- ❖ SOFT REC: Solo se utiliza si no existe ninguna llamada real en el sistema. Las llamadas reales son aquellas en las cuales el detector es activado por un vehículo.
- ❖ WLK RST: Tiempo de Descanso de Walk.

9.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

10.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de C. PED (Conditional Pedestrian Service) y FWTPCL (Flashing Walk Through Pedestrian Clearance).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
C. PED	OFF							
FWTPCL	OFF							
--END OF SELECTION--								

- ❖ C. PED: Permite hasta dos servicios de peatones luego del comienzo de la verde. Si no hay ninguna llamada para el servicio de peatones al comienzo de la verde, se encenderá el indicador de DON'T WALK.
- ❖ FWTPC: Esta característica enciende el indicador de WALK en el modo de intermitente al mismo tiempo que PED CLEAR.

11.- Oprimir PRIOR MENU en el panel del controlador para regresar al menú anterior.

12.- Oprimir el número 2 en el panel del controlador para entrar a PHASE TIMING.

--CONTROLLER PROGRAM/READ MODE--	
1. MEMORY/RECALL/CNA	4. INITIALIZE/FLASH
2. PHA SE TIMING	5. OVERLA PS
3. PHA SING/SEQUENCE	6. DETECTORS/OPTIONS

13.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de MGR (Minimum Green), PSG (Passage timer timing) y YEL (Yellow timer timing).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
MGR	3	5	3	5	3	5	3	5
PSG	3	3	3	3	3	3	3	3
YEL	3	3	3	3	3	3	3	3

- ❖ MGR: Es un tiempo garantizado de verde en una fase. Si se designa un control de fijar el tiempo como verde mínimo, el tiempo de verde no debe ser menor al ajustado.
- ❖ PSG: Es el tiempo permitido para que un vehículo viaje a cierta velocidad desde un detector hasta el punto de conflicto del tráfico. Es el tiempo que determina la expansión de la verde. Si no hay una llamada en el detector antes de que pase este tiempo, el controlador para a terminar ese tiempo de verde.
- ❖ YEL: Es el tiempo para la luz amarilla.

14.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

15.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de RED (Red timer timing), MX1 y MX2 (Maximum Green timings).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
RED	0	1	0	1	0	1	0	1
MX1	8	12	8	12	8	12	8	12
MX2	30	30	30	30	30	30	30	30

- ❖ RED: Es el tiempo para la luz roja en una fase. También se puede definir como el tiempo que pasa entre la terminación de la fase hasta que vuelva a comenzar la misma.
- ❖ MX1 y MX2: Son los límites superiores de las extensiones cuando hay llamadas en otras fases.

16.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

17.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de WLK (Walk timing), PCL (Pedestrian Clearance) y S/A (Seconds per Actuation).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
WLK	0	0	0	0	0	0	0	0
PCL	0	0	0	0	0	0	0	0
S/A	0	0	0	0	0	0	0	0

- ❖ WLK: Si hay una llamada en el sistema de peatones, se activará este indicador y el tiempo para peatones entra en efecto.
- ❖ PCL: Tiempo en que se le da a los peatones para que despejen el área de intersección que están utilizando.
- ❖ S/A: Tiempo que se extiende la verde mínima según las actuaciones que reciba el controlador.

18.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

19.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de TBR (Time Before Reduction), TTR (Time To Reduce) y MIN GAP (Minimum Gap).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
TBR	0	0	0	0	0	0	0	0
TTR	0	0	0	0	0	0	0	0
MIN GAP	0	0	0	0	0	0	0	0

- ❖ TBR: Es el tiempo que pasa antes de que el controlador se vaya a tiempo de reducción.
- ❖ TTR: Es el tiempo que pasa para llegar al tiempo de reducción. Se puede determinar diciendo que el passage (PSG) es igual a la brecha mínima (MIN GAP).
- ❖ MIN GAP: Es el tiempo menor en el cual el PSG se va a reducir.

20.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

21.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de MAX VI (Max Variable Initial), MAX EXT (Max Extend) y AUTO MX (Auto Max).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
MAX VI	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX EXT	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO MX	0	0	0	0	0	0	0	0

- ❖ MAX VI: Es el tiempo máximo en el cual puede ocurrir S/A.
- ❖ MAX EXT: Extensión Máxima.
- ❖ AUTO MX: Máxima Automática.

22.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

23.- En esta pantalla se podrán entrar los valores de AMR (Added Max Red).

PH/INT	1	2	3	4	5	6	7	8
AMR	0	0	0	0	0	0	0	0
--END OF SELECTION--								

- ❖ AMR: Roja Máxima Añadida

24.- Oprimir PRIOR MENU en el panel del controlador para regresar al menú anterior.

25.- Oprimir el número 3 en el panel del controlador para entrar a PHASING/SEQUENCE.

--CONTROLLER PROGRAM/READ MODE--	
1. MEMORY/RECALL/CNA	4. INITIALIZE/FLASH
2. PHA SE TIMING	5. OVERLAPS
3. PHA SING/SEQUENCE	6. DETECTORS/OPTIONS

26.- En esta pantalla se determina cuáles fases (PHASE) están en uso y cuáles no. Si la fase está OFF, es que la fase no está en uso, de lo contrario si está ON, es que la fase está en uso.

--PHASES USED--								
PHASE	1	2	3	4	5	6	7	8
ON/OFF	ON							
--PGDN TO SET SEQUENCE SELECTION--								

27.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

28.- En esta pantalla se escoge el tipo de fase y secuencia. Si se oprime el número 1 en el panel del controlador, se está escogiendo un sistema Secuencial. Si se oprime el número 2, se obtiene un sistema DUAL RING. Los números 3 al 7 representan Secuencias Especiales, y el número 8 representa un sistema LEAD/LAG.

THE PHASING SEQUENCE IS 2	
1. SEQUENTIAL	3-7. SPEC SEQUENCES
2. NEMA DUAL RING	8. LEAD/LAG
--PGDN FOR LEAD/LAG, PRIOR MENU IF NOT--	

- ❖ Sistema Secuencial: Sólo una fase puede activarse a la vez.
 - ❖ Sistema DUAL RING: Dos fases pueden activarse a la vez. Las mismas tienen que ser compatibles y secuenciales.
 - ❖ Secuencias Especiales:
 - ❖ Sistema LEAD/LAG: Este sistema permite invertir el orden de las fases dependiendo de pares. Los pares según el sistema son 1-2, 3-4, 5-6 y 7-8. Cuando se invierte, las fases impares van a ir después de las fases pares. La configuración principal es que las fases impares se activen primero que las pares.
- 29.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador si se decide usar un sistema Lead/Lag, de lo contrario oprimir PRIOR MENU.

--LEAD LAG--					
PAIRS	1&2	3&4	5&6	7&8	1. NO REVERSAL
CODE	2	2	1	2	2. ALWAYS REV
					3. REV BY C/S/O
--PGDN TO CONT--					OR CLK/INPUT

30.- Oprimir el número 4 en el panel del controlador para entrar a INITIALIZE/FLASH.

--CONTROLLER PROGRAM/READ MODE--	
1. MEMORY/RECALL/CNA	4. INITIALIZE/FLASH
2. PHASE TIMING	5. OVERLAPS
3. PHASING/SEQUENCE	6. DETECTORS/OPTIONS

31.- En esta pantalla se especifica en cuáles fases (R1 PH, R2 PH) el controlador se va a ir intermitente, y el intervalo (INTVL) en el cual sucede. Estos valores determinan las fases y los intervalos donde el controlador va a comenzar (INIT), entrar a intermitente (ENTER FL) y terminar la intermitente (EXIT FL).

	INIT	ENTER FL	EXIT FL	INTVL1 = RED
R1 PH	2	4	2	2 = YEL
R2 PH	6	8	6	3 = GRN
INTVL	3	1	3	--PGDN--

32.- Oprimir PAGE DOWN en el panel del controlador.

33.- En esta pantalla se decide cuándo comienzan los tiempos, luego de una interrupción de electricidad.

	--POWER UP/RESTART TIMINGS--
5	MINIMUM FLASH
3	FIRST ALL RED AFTER POWER-UP
	--END OF SECTION--

34.- Reiniciar

Utilice este comando para reiniciar el controlador después de los cambios se han hecho para asegurarse de que se están llevando a cabo.

- ❖ In para el menu principal.
- ❖ Presionar 3 /Utilities.
- ❖ Presionar 1 /Restart.
- ❖ Presionar 3 /Restart.

MANUAL PARA LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR CONTROLADORES 3000/300E

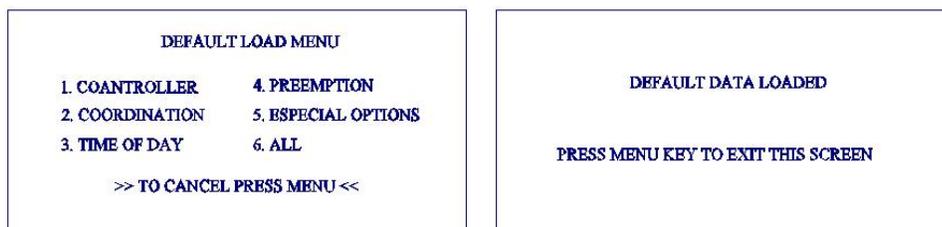
Inicialización del controlador

Antes de programar el controlador es necesario borrar toda la información existente en la memoria, cuando no se hace el vaciado de la memoria ocasiona problemas en configuraciones futuras. La manera más rápida para vaciar la memoria y comenzar la programación del controlador es cargando a la memoria los datos pre establecidos por defecto; esta tarea de inicio del controlador se describe a continuación:

Procedimiento a seguir

Menú principal/ 3. Cambiar los datos/ 6. Utilidades/ 1. Cargar datos por defecto, “Mainmenu/ 3. Change Data/ 6. Utilities/ 1. Default Data Load”.

En la última ventana seleccionada Default Data Load para el controlador local encontramos cinco opciones de selección diferentes, los cuales son:



Menú de configuración por defecto al controlador local

De esta ventana elige la opción seis la cual carga la configuración por defecto completa. En la figura se presenta la ventana de configuración por defecto, en el se nota que se puede cargar los datos por partes y no todo la data del controlador puede ser limpiado.

Resumen de s para la configuración de un controlador local

Configurar la unidad del controlador se resume en los siguientes s, accesorios a la apropiada pantalla mediante el teclado, donde: MM es el menú principal, el cual es obtenido presionando Shift +Menú. (Peek, 2009)

Tabla: Mínimo requerimiento para un controlador nuevo.

ITEM	DESCRIPCION	TECLEADO
1	Cargar el programa por defecto	MM-3-8-1-1-(1-6)
2	Editar la configuración de fases e intervalos	MM-3-1-1
3	Editar la secuencia de fases habilitadas	MM-3-1-1-PGDN
4	Editar modos de re llamadas de funciones de fases	MM-3-1-2-1 and/or 2
5	Editar el periodo de fases	MM-3-1-3

Tabla: Posible requerimiento adicional (comúnmente usado).

ITEM	DESCRIPCION	TECLEADO
6	Superposición	MM-3-1-5
7	Asignación de detectores para vehículos y peatones	MM-3-1-4-1
8	Entrada de operación dual	MM-3-1-6
9	Servicio condicional de operación	MM-3-1-7
10	Encendido de detectores y operaciones de copiado	MM-3-1-4-5
11	Operaciones de volumen densidad	MM-3-1-3-PGDN, 3-1-9-3
12	Programación de salida de brecha simultanea	MM-3-1-9-4
13	Usando sobre posición para conductores en la fase	MM-3-7-PGDN

Apendice D: Datos que exporta el procesador de imagen sin editar

```
20091026_0 - Notepad
File Edit Format View Help
Image Sensing Systems, Inc. Data Collector File, version 8.3.0
Detector ID List; 101;102;103;104;106;105;107;108;
0;1;2;3;4;5;6;7;9;10;
CPU Identifier;AutoScope Description;Detector ID;Detector Title;Date;Time;Duration;Status;Ticks (millisec.)
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:14 PM;00:00:00;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:14 PM;00:00:00;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:14 PM;00:00:00;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:14 PM;00:00:00;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:15 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:15 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:15 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:15 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:16 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:16 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:16 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:17 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:24 PM;00:00:07;201
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:24 PM;00:00:08;201
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:24 PM;00:00:09;201
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:24 PM;00:00:09;201
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:50 PM;00:00:26;;;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:50 PM;00:00:26;;;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:50 PM;00:00:26;;;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:50 PM;00:00:26;;;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:18 PM;;100;21299;1;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:18 PM;;100;21333;0;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:18 PM;;100;21366;0;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:18 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:20;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:20;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:38 PM;;207 (ISSCLAF
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:20;207
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;103;M3;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;108;V2;10/26/2009;10:12:38 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:41 PM;00:00:03;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:44 PM;00:00:06;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:44 PM;00:00:03;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:44 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:44 PM;00:00:00;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;107;V1;10/26/2009;10:12:45 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:45 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:46 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:47 PM;00:00:01;100;
ID -- PR-108 -- 1 -- None -- 0 -- 2 -- Rackvision -- 192.168.2.2;102;M1;10/26/2009;10:12:47 PM;00:00:00;100;
```