



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN.**

**TEMA**

**SEMÁFORO AVANZADO CON CONEXIÓN A RED INALÁMBRICA  
WSN PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA  
CIUDAD DE IBARRA**

**AUTORA: IRMA KARINA YÉPEZ REYES**

**DIRECTOR: ING. DAVID NARVÁEZ**

**IBARRA – ECUADOR**

**2014**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003001763		
APELLIDOS Y NOMBRES	YÉPEZ REYES IRMA KARINA		
DIRECCIÓN	ATUNTAQUI BARRIO STO. DOMINGO CALLE BOLÍVAR 4-71		
EMAIL	<a href="mailto:kary.yepez@gmail.com">kary.yepez@gmail.com</a>		
TELÉFONO FIJO:	062908126	TELÉFONO MÓVIL:	0993749120
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	SEMÁFORO AVANZADO CON CONEXIÓN A RED INALÁMBRICA WSN PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE IBARRA.		
AUTOR:	YÉPEZ REYES IRMA KARINA		
FECHA: AAAAMMDD	2014-06-03		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN		
DIRECTOR:	ING. DAVID NARVÁEZ		

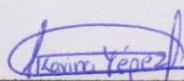
Firma:

*Karina Yépez*



## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo Irma Karina Yépez Reyes, con cedula de identidad Nro. 100300176-3, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma:  \_\_\_\_\_

Nombre: Irma Karina Yépez Reyes

Cedula: 100300176-3

Fecha: Junio, 03 del 2014

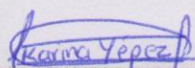




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Irma Karina Yépez Reyes, con cedula de identidad Nro. 100300176-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4,5, y 6, en calidad de autora de la obra trabajo de grado denominado: SEMÁFORO AVANZADO CON CONEXIÓN A RED INALÁMBRICA WSN PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE IBARRA, que ha sido desarrollado para optar el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: 

Nombre: Irma Karina Yépez Reyes

Cedula: 100300176-3

Fecha: Junio, 03 del 2014





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Certifico que bajo mi dirección el trabajo **SEMÁFORO AVANZADO CON CONEXIÓN A RED INALÁMBRICA WSN PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE IBARRA** fue desarrollado en su totalidad por la Srta. Irma Karina Yépez Reyes, siendo un trabajo inédito.

En la ciudad de Ibarra, Junio 03 del 2014.

---

Ing. David Narváez

**DIRECTOR DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CONSTANCIAS**

Yo, Irma Karina Yépez Reyes declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la institución vigente.

Ibarra, a los 3 días del mes de Junio del 2014

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, reading 'Irma Karina Yépez Reyes', is written over a horizontal line.

Irma Karina Yépez Reyes

CI: 100300176-3





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto a mi madre Narcisa quien ha sido el pilar fundamental y el motor de mi vida, quien ha estado conmigo en todo momento y que gracias a su dedicación y esfuerzo me ha impulsado a seguir adelante y a superar cada uno de los obstáculos que se me han presentado, gracias a usted llegue a ser lo que soy y todo lo que soy se lo debo a mi madre, este logro va dedicado para usted con todo mi cariño.*



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### AGRADECIMIENTOS

*A Dios por darme el don de la vida, por acompañarme y guiar mi camino a lo largo de todas las etapas de mi existencia, por brindarme fortaleza y sabiduría para saber enfrentar los obstáculos que se presentan en la vida y seguir adelante.*

*A mis padres Narcisa y Bolívar, a mis hermanos Santiago y César, a toda mi familia quienes a lo largo de mi carrera universitaria me han brindado su apoyo incondicional, gracias por su amor, cariño y comprensión que me han dado en todo momento.*

*Un agradecimiento especial a Diego González quien ha estado a mi lado brindándome su cariño, amistad, confianza, apoyo incondicional y la fuerza necesaria para seguir adelante y cumplir otra etapa en mi vida.*

*Al Ing. David Narváez, director de Tesis, por sus aportes para la elaboración de este proyecto, a todos y cada uno de los docentes de la carrera quienes supieron guiarme en mi formación académica.*

*Un agradecimiento especial al GAD Ibarra al Departamento de Tránsito y Transporte por haberme permitido desarrollar este proyecto de titulación, su apoyo fue fundamental para la culminación del mismo.*

*Irma Karina Yépez R.*



## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVII</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1.SISTEMA ACTUAL DE SEMAFORIZACIÓN.</b> .....	<b>1</b>
1.1.INTRODUCCIÓN. ....	1
1.2.SEMAFORIZACIÓN EN LA CIUDAD DE IBARRA. ....	2
1.2.1.ANTECEDENTES.....	2
1.2.2.ESTADO ACTUAL DE LA SEMAFORIZACIÓN DE LA CIUDAD DE IBARRA. ....	3
1.2.3.SISTEMA ACTUAL DE SEMAFORIZACIÓN INSTALADO EN LA CIUDAD DE IBARRA. ....	4
1.2.3.1.Semáforos programados con Logo SIEMENS.....	4
1.2.3.1.1Programación a través del computador.....	5
1.2.3.1.2Programación a través del Logo.....	6
1.2.3.2.Sistema de Centralización del Trafico ADIMOT.....	9
1.2.3.2.1.Características del sistema ADIMOT.....	10
1.2.3.3.Semáforos Peatonales.....	14
1.2.4.COMPARACIÓN DE LOS SEMÁFOROS INSTALADOS ACTUALMENTE. ....	14
1.3.VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SEMAFORIZACIÓN. ....	16
1.4.ZONA DE ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	17
1.4.1.SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA. ....	18
1.4.2.ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO EN HORAS PICO .....	18
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>23</b>
<b>2.DISEÑO DEL SEMÁFORO AVANZADO BASADO EN MICROCONTROLADOR.</b> .....	<b>23</b>
2.1.REQUISITOS DEL SISTEMA.....	23
2.1.1.REQUISITOS EN BASE DEL AMBIENTE DE TRABAJO.....	23
2.1.2.REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA.....	23
2.1.3.REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO .....	24
2.2.DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA. ....	24
2.3.ESPECIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS. ....	25
2.3.1.SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO .....	25
2.3.2.SUBSISTEMA DE CONFIGURACIÓN.....	26
2.3.3.SUBSISTEMA DE RESPUESTA. ....	26
2.3.4.SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN. ....	26
2.4.CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE .....	27
2.4.1.SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO. ....	27
2.4.1.1.Unidad de procesamiento .....	27
2.4.1.2.Reloj en tiempo real RTC .....	31
2.4.1.3.Visualización.....	34
2.4.2.SUBSISTEMA DE CONFIGURACIÓN.....	35
2.4.2.1.Unidad de Procesamiento.....	35
2.4.2.2.Comunicación inalámbrica.....	38
2.4.2.3.Interfaz Humano – Maquina .....	45
2.4.3.SUBSISTEMA DE RESPUESTA .....	46
2.4.3.1.Interfaz de potencia.....	46
2.4.3.2.Relevadores de estado solido .....	48
2.4.4.SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	49
2.4.4.1.Fuentes conmutadas .....	50
2.5.DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL.....	51
2.6.DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FIRMWARE.....	53
2.6.1.LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	53
2.6.2.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COMPILADOR PCW CCS .....	54
2.6.3.FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR DE PROCESAMIENTO .....	54
2.6.3.1.Programa principal .....	54
2.6.3.2.Subrutinas .....	57

2.6.3.2.1.Subrutina de encendido y apagado de las luces del semáforo .....	57
2.6.3.2.2Subrutina para ejecutar comandos .....	59
2.6.3.2.3.Subrutina para actualizar configuración de estados. ....	60
2.6.3.2.4.Subrutina graba flash.....	61
2.6.3.3.Interrupciones.....	63
2.6.3.3.1.Interrupción por desbordamiento del Timer1 .....	63
2.6.3.3.2.Interrupción por módulo UART .....	65
2.7.DISEÑO DE LAS PLACAS DEL CIRCUITO. ....	66
2.8.DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA .....	69
2.8.1.PANTALLA PRINCIPAL DE LA INTERFAZ .....	71
2.8.2.MODOS DE TRABAJO DEL SEMÁFORO.....	74
2.8.2.1.Modos Constantes .....	75
2.8.2.2.Modos de Intermitencias.....	76
2.8.2.2.1.Modos Intermitentes .....	77
2.8.2.2.2.Modos Intermitentes Intermitente Rojo .....	77
2.8.2.2.3.Modos Intermitentes Intermitente Rojo – Amarillo .....	78
2.8.2.2.4.Modos Intermitentes Intermitente Amarillo – Rojo .....	78
2.8.2.3.Modos Constantes .....	78
2.8.2.3.1.Modos Constantes Constante Rojo.....	78
2.8.2.3.2.Modos Constantes Constante Amarillo .....	79
2.8.2.3.3.Modos Constantes Constante Rojo – Amarillo.....	79
2.8.2.3.4.Modos Constantes Constante Amarillo – Rojo.....	79
2.8.2.4.Modos Constantes Apagado.....	79
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>80</b>
<b>3.IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>80</b>
3.1.MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA.....	80
3.1.1.MONTAJE DE LA PLACA DEL SEMÁFORO PRINCIPAL.....	80
3.1.2.MONTAJE DE LA PLACA PARA EL MÓDULO USB UTILIZADO PARA LA INTERFAZ GRÁFICA ..	81
3.1.3.MONTAJE DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN COMPLETO.....	81
3.2.CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO XBEE PRO ZB 2S .....	84
3.2.1.ESTABLECER EL TIPO DE NODO CON EL QUE TRABAJARA .....	85
3.2.2.IDENTIFICADOR DEL NODO.....	85
3.2.3.IDENTIFICADOR DE RED.....	85
3.2.4.ESCANEAR EL CANAL (SC) .....	85
3.3.PRUEBAS.....	88
3.3.1.PRUEBAS DE VOLTAJE APLICADO AL DISPOSITIVO .....	89
3.3.2.PRUEBAS DE ALCANCE.....	89
3.3.3.PRUEBA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL DISPOSITIVO PRINCIPAL Y LOS SECUNDARIOS.....	91
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>95</b>
<b>4.ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO .....</b>	<b>95</b>
4.1.DETERMINACIÓN DE INGRESOS.....	95
4.2.DETERMINACIÓN DE EGRESOS .....	95
4.2.1.COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	96
4.2.1.1.Materia Prima.....	96
4.2.2.MANO DE OBRA DIRECTA .....	97
4.2.3.GASTOS GENERALES DE FABRICACIÓN.....	98
4.3.DEPRECIACIÓN .....	99
4.4.HOJA DE COSTOS .....	100
4.5.ANÁLISIS DE COSTOS .....	100
4.6.ESTADOS FINANCIEROS .....	101
4.6.1.ESTADO DE SITUACIÓN INICIAL .....	101
4.6.2.ESTADO DE RESULTADOS.....	102
4.7.COSTO DE CAPITAL Y TASA DE RENDIMIENTO MEDIO .....	102
4.7.1.ESTADO DE FLUJO DE CAJA .....	103
4.8.EVALUACIÓN FINANCIERA .....	103



4.8.1.CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	103
4.8.2.CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO ( TIR ) .....	104
4.8.3.RAZÓN BENEFICIO COSTO B/C.....	104
4.8.4.PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	105
4.9.PUNTO DE EQUILIBRIO .....	105
4.10. BENEFICIOS .....	107
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>110</b>
<b>5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
5.1.CONCLUSIONES .....	110
5.2.RECOMENDACIONES .....	112
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>113</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO C .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO D .....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO E .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO F .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO G .....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO H .....</b>	<b>165</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calles de la ciudad de Ibarra que utilizan semáforos programados mediante Logos SIEMENS. ....	9
Tabla 2. Calles de la Ciudad de Ibarra que utilizan el sistema de semaforización ADIMOT. ....	13
Tabla 3. Calles de la Ciudad de Ibarra que utilizan el sistema de semaforización ADIMOT. ....	13
Tabla 4. Comparación de semáforos instalados en la ciudad de Ibarra. ....	15
Tabla 5. Rutas de Transporte Público que circulan por la calle Guaranda. ....	18
Tabla 6. Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 6:00 am y 12:00 pm. ....	19
Tabla 7. Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 13:00 pm y 18:00 pm. ..	20
Tabla 8. Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y Santa Isabel entre la 6:00 am y 12:00 pm. ....	20
Tabla 9. Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 13:00 pm y 18:00 pm. ..	21
Tabla 10. Comparación de características de microcontroladores. ....	29
Tabla 11. Configuración de puertos del microcontrolador de procesamiento. ....	30
Tabla 12. Comparación de Reloj en tiempo Real. ....	31
Tabla 13. Configuración de los puertos del RTC DS1307. ....	32
Tabla 14. Descripción de los pines de conexión de la pantalla LCD. ....	34
Tabla 15. Comparación de microcontroladores. ....	36
Tabla 16. Configuración de los puertos del microcontrolador de procesamiento. ....	37
Tabla 17. Características del módulo XBee ZB PRO S2. ....	39
Tabla 18. Campos de trama de configuración de día y hora. ....	42
Tabla 19. Recepción de datos de la trama de selección de modo de trabajo. ....	43
Tabla 20. Recepción de datos de la trama de fecha. ....	44
Tabla 21. Recepción de datos de la trama de reloj. ....	45
Tabla 22. Comparación de drivers de potencia. ....	46
Tabla 23. Modos de Operación del semáforo. ....	63
Tabla 24. Modos de trabajo del microcontrolador. ....	66
Tabla 25. Funciones de configuración y actualización del dispositivo de semaforización. ....	73
Tabla 26. Comandos de configuración y envío de datos para el módulo ZigBee. ....	88
Tabla 27. Voltajes medidos en el dispositivo de semaforización. ....	89
Tabla 28. Datos obtenidos mediante la prueba de alcance. ....	90
Tabla 29. Datos obtenidos de las pruebas de alcance entre los dispositivos esclavos y el dispositivo principal. ....	91
Tabla 30. Proyección de ingresos. ....	95
Tabla 31. Materia prima. ....	96
Tabla 32. Proyección de egresos. ....	97
Tabla 33. Crecimiento de salario mínimo vital por años. ....	97
Tabla 34. S.B.U. de la Mano de Obra Directa. ....	98
Tabla 35. Gastos generales de Fabricación. ....	98
Tabla 36. Gastos generales de fabricación durante 5 años. ....	98
Tabla 37. Depreciación de activos fijos. ....	99
Tabla 38. Balance general. ....	101
Tabla 39. Estado De Resultados. ....	102
Tabla 40. Costo de capital y tasa de rendimiento medio. ....	102
Tabla 41. Flujo de caja. ....	103
Tabla 42. Valor actual neto. ....	103
Tabla 43. Tasa interna de retorno. ....	104
Tabla 44. Beneficio costo. ....	105
Tabla 45. Período de recuperación de la inversión. ....	105
Tabla 46. Identificación de costos. ....	106
Tabla 47. Punto de equilibrio. ....	106
Tabla 48. Análisis punto de equilibrio. ....	107



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo SIEMENS.....	5
Figura 2. Constantes para programar Logo Siemens. ....	6
Figura 3. Funciones Básicas para programar un Logo SIEMENS.....	6
Figura 4. Representación de la programación del tiempo de encendido y apagado de un semáforo. ....	7
Figura 5. Relé Camsco MK3P-1. ....	8
Figura 6. Relé Siemens LZX: PT370615 .....	8
Figura 7. Caja metálica. ....	9
Figura 8. Localización de las cámaras instaladas en la Av. Mariano Acosta e intersecciones. . ....	11
Figura 9. Localización de las cámaras instaladas en la Av. Mariano Acosta e intersecciones.. ....	11
Figura 10. Zona de Estudio calle Guaranda e intersecciones. ....	17
Figura 11. Diagrama de bloques del sistema de semaforización avanzado. ....	25
Figura 12. Circuito de conexión del microcontrolador .....	30
Figura 13. Circuito de conexión del RTC DS1307 .....	33
Figura 14. Pantalla LCD 16X2.....	34
Figura 15. Conexión de la pantalla lcd con el microcontrolador.....	35
Figura 16. Circuito de conexión del microcontrolador PIC 18F2550 .....	37
Figura 17. Módulo XBee PRO S2B .....	39
Figura 18. Conexión del microcontrolador con el módulo XBee PRO S2.....	40
Figura 19. Diagrama de Red para la comunicación entre la PC y el semáforo. ....	41
Figura 20. Trama para envío de información entre Labview – microcontrolador.....	42
Figura 21. Trama de Selección del modo de trabajo.....	42
Figura 22. Trama de configuración de fecha.....	43
Figura 23. Trama de hora actual del reloj del semáforo.....	44
Figura 24. Conexión del integrado de potencia ULN 2803 para el manejo de los SSR.....	47
Figura 25. <i>Relevadores de estado sólido</i> . ....	48
Figura 26. Circuito de regulador de voltaje para alimentación de 5v.....	49
Figura 27. Fuente de <i>alimentación Conmutada</i> . ....	51
Figura 28. Diagrama General del circuito módulo USB .....	51
Figura 29. Diagrama esquemático General del Circuito .....	52
Figura 30. Diagrama de flujo del Programa Principal del microcontrolador .....	56
Figura 31. Subrutina para el cambio de estado de las luces del semáforo.....	58
Figura 32. Subrutina de ejecución de comandos.....	59
Figura 33. Subrutina de actualización de configuración. ....	60
Figura 34. Subrutina graba flash .....	62
Figura 35. Subrutina de funcionamiento del Timer1 .....	64
Figura 36. Subrutina de interrupción por UART .....	65
Figura 37. Ruteo del circuito del dispositivo principal. ....	66
Figura 38. Elementos que componen el dispositivo principal.....	67
Figura 39. Diseño de la placa del dispositivo principal.....	67
Figura 40. Ruteo de la placa del dispositivo USB .....	68
Figura 41. Elementos que contiene el dispositivo USB .....	68
Figura 42. Diseño de la placa del dispositivo USB .....	69
Figura 43. Diagrama principal del funcionamiento de la interfaz Labview .....	70
Figura 44. Pantalla Principal de la interfaz gráfica de Labview.....	71
Figura 45. Dispositivo de Comunicación para la selección del puerto USB.....	72
Figura 46. Selección del día de la semana .....	72
Figura 47. Funciones que se realiza la interfaz para configuración del CPU.....	73
Figura 48. Indicador de progreso que realiza una determinada función.....	74
Figura 49. Modos de trabajo para el cambio de estado de las luces del semáforo. ....	75
Figura 50. Valores de tiempo para el encendido y apagado de luces del semáforo. ....	75
Figura 51. Montaje de la placa del semáforo principal .....	80
Figura 52. Montaje del circuito USB para la comunicación entre la PC el semáforo y la interfaz gráfica. ....	81
Figura 53. Caja metálica o armario .....	82

Figura 54. Montaje de los SSRs y la fuente .....	82
Figura 55. Montaje final del proyecto de semaforización con todos sus elementos. ....	83
Figura 56. Montaje final del circuito para el dispositivo USB .....	83
Figura 57. Sistema de Semaforización trabajando en modo Normal. ....	84
Figura 58. Sistema de Semaforización instalado en la vía publica trabajando en modo Normal. ....	84
Figura 59. Configuración de parámetros en el módulo ZigBee .....	86
Figura 60. Configuración del módulo XBee PRO ZB S2 .....	87
Figura 61. Datos obtenidos de la prueba de alcance entre los dispositivos de semaforización y USB .....	90
Figura 62. Datos obtenidos de la prueba de enlace entre dispositivo principal y secundarios. ....	92
Figura 63. Comunicación entre módulos ZigBee.....	92
Figura 64. Respuesta de comunicación de los módulos ZigBee conectados.....	93
Figura 65. Envío de respuesta desde el microcontrolador mediante Hyperterminal. ....	94
Figura 66. Punto de Equilibrio .....	107



**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Calculo del voltaje del transceptor. ....	40
Ecuación 2. Calculo del voltaje de entrada al módulo ZigBee.....	41
Ecuación 3. Calculo del crecimiento de salario mínimo vital. ....	97
Ecuación 4. Cálculo del valor Actual Neto. ....	103
Ecuación 5. Cálculo de la Tasa de Retorno (TIR).....	104
Ecuación 6. Cálculo del Punto de equilibrio. ....	106

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de control de semaforización compuesto por una interfaz gráfica, un dispositivo USB para el intercambio de información entre la interfaz y el dispositivo de semaforización, basado en módulos ZigBee y un dispositivo de semáforo que contiene un reloj en tiempo real además comprende de salidas de potencia de estado sólido.

Para el desarrollo del proyecto se realiza un análisis del sistema de semaforización instalado actualmente en la ciudad de Ibarra con el fin de determinar los parámetros necesarios para el desarrollo de dicho dispositivo, una vez realizada la recopilación de datos se procede al diseño del sistema de semaforización en base a los requerimientos, los cuales se describen mediante diagrama de bloques. Así poder seleccionar de manera adecuada cada uno de los dispositivos electrónicos que componen el sistema, para luego diseñar los diagramas esquemáticos juntamente con el software del microcontrolador.

Una vez terminado este procedimiento se inicia con el desarrollo de la interfaz gráfica mediante el software Labview, la misma que permite la configuración y actualización del cambio de estado de luces y del funcionamiento del dispositivo del semáforo.

También se incluye un estudio de análisis costo beneficio el cual permite verificar la rentabilidad del proyecto, finalmente se realiza las pruebas de funcionamiento del sistema de semaforización con las que se obtiene las conclusiones para aplicar los mejores resultados al proyecto realizado.

## ABSTRACT

This project consists of the development of a traffic control system composed of a graphical interface, a USB device for the exchange of information between the interface and the traffic light device, based on ZigBee modules, a traffic light device containing a real time clock that also comprehends solid state power outputs.

For the development of the project there was analysis of the traffic light system currently installed in the city of Ibarra in order to determine the parameter necessary for the development of the above mentioned device. As soon as the data collection is complete, one can proceed to the design of the traffic light system based on the results described in the block diagrams. This one can select each of the electronic devices that comprise the system to then design the schematics together with the microcontroller software.

Once this is completed, one can initiate the development of the graphical interface using the Labview software, which allows the configuration and the status update of the lights as well as the functioning of the traffic light device.

Also included is a cost benefit analysis which allows verification of the profitability of the project, and finally there are test of the functioning of the traffic light system, with which the conclusions are obtained to apply the best results to the finished project

## PRESENTACIÓN

Hoy en día la sociedad está inmersa a numerosos cambios los cuales afectan al convivir diario de cada una de las actividades sociales, humanas y como no mencionar al cambio que atraviesa el sector vehicular debido al aumento del parque automotor por la necesidad que tiene el ser humano de dirigirse a cada uno de sus labores diarias, es por esto que es de gran importancia el mejorar el flujo vehicular que habitualmente existe en las calles de la ciudad de Ibarra.

Actualmente la ciudad de Ibarra cuenta con sistemas de semaforización, dentro de los cuales uno de ellos aun utiliza logos para su programación, además el software que manejan para su configuración mantiene cierto nivel de dificultad para la persona encargada de operar este sistema.

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema que permita desarrollar un dispositivo de semaforización que maneja electrónica sólida, es decir utiliza relés de estado sólido para el manejo del estado de encendido y apagado de luces, además de utilizar un dispositivo USB que permite la comunicación entre el semáforo y la PC para realizar cambios, actualizaciones y configuraciones en el funcionamiento del semáforo mediante una interfaz gráfica, de tal manera que dicha interfaz sea fácil de manejar para el operador del sistema.



## **CAPITULO I**

### **1. SISTEMA ACTUAL DE SEMAFORIZACIÓN.**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

Con el paso de los años y el notorio crecimiento de la población dentro de la ciudad de Ibarra, los habitantes han visto la necesidad de aumentar el parque automotor con el fin de desplazarse de una manera rápida y eficiente a sus distintos sitios de trabajo y diversión, generando muchas veces congestión vehicular y diversos inconvenientes como accidentes de tránsito, excesivo tiempo para trasladarse de un lugar a otro, etc.

Hoy en día la semaforización es un factor fundamental para el control del tráfico vehicular en las calles de la ciudad de Ibarra, usar semáforos en las vías ha logrado controlar y prevenir varios accidentes no solo de vehículos que circulan a lo largo de una calle, sino que además de los peatones quienes transitan por las mismas.

El uso de un sistema de control de tráfico vehicular en la ciudad, permite brindar mayor seguridad al peatón, al vehículo y al conductor del mismo, por lo que es necesario que el mismo se ajuste a cada una de las condiciones que requiere la ciudad de Ibarra.

Dentro de este capítulo se especifica el estado actual de la semaforización en la ciudad de Ibarra, además de los tipos de semáforos que hoy por hoy se encuentran instalados dentro de la urbe con su respectiva ubicación y funcionamiento de acuerdo a cada sistema que corresponde, a más de las ventajas y desventajas que implica el uso de los mismos para el control del tráfico vehicular en las vías.

## **1.2. SEMAFORIZACIÓN EN LA CIUDAD DE IBARRA.**

Ibarra es una de las ciudades de Imbabura con mayor crecimiento poblacional, de acuerdo a datos proporcionados por el Censo 2010 de población y vivienda realizado por el INEC<sup>1</sup>, esta cuenta aproximadamente con 153.256 habitantes, los mismos que se movilizan diariamente a sus distintos sitios de trabajo u ocupaciones ya sea a través de un medio público o privado, lo que con lleva al crecimiento del tráfico vehicular y malestar en quienes transitan por las calles de la ciudad.

### **1.2.1. ANTECEDENTES.**

El desarrollo de la tecnología en los dispositivos de semaforización en los últimos años ha llevado a que los encargados de la semaforización en la ciudad de Ibarra realicen un análisis de la tecnología instalada en los mismos, con el propósito de determinar si son los más adecuados o si se los debe mejorar.

Hasta el 19 de Octubre del año 2010 el mantenimiento de los semáforos y la señalización vial de la ciudad de Ibarra estuvo a cargo del Departamento de Semaforización y Señalización de Imbabura, a partir de esa fecha y por disposición del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), se designó al Departamento de Tránsito y Transporte del GAD Ibarra la administración de la semaforización.

Según entrevista realizada al señor Fernando Terán Técnico de Mantenimiento de Semáforos, de la Unidad de Tránsito y Transporte del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, se establece que el estado de ciertos dispositivos de semaforización se encuentran en estado obsoleto, los mismos que presentan problemas de funcionamiento, además uno de los inconvenientes que aqueja al personal de mantenimiento es la dificultad que cada

---

<sup>1</sup> INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

sistema presenta al momento de su configuración para los estados de encendido y apagado de las luces.

Para ello y debido a la gran importancia que tiene un sistema de semaforización dentro de la ciudad de Ibarra, se propone el diseño e implementación de un nuevo dispositivo de semaforización que se ajuste a las necesidades del tráfico vehicular, que ayude a mejorar el fluido vehicular y además a la prevención de accidentes de tránsito en las calles de la ciudad de Ibarra.

### **1.2.2. ESTADO ACTUAL DE LA SEMAFORIZACIÓN DE LA CIUDAD DE IBARRA.**

Anteriormente la ciudad de Ibarra contaba con sistema de semaforización poco eficiente la cual tuvo un periodo de duración de casi 40 años con tecnología obsoleta, lo que ha ocasionado una serie de inconvenientes en varias calles y avenidas de la ciudad, según el reporte del Diario La Hora publicación del Domingo 22 de Abril del 2012, Diario El Comercio publicación del Miércoles 03 de Octubre del 2012, algunos accidentes de tráfico han dejado fatales consecuencias produciendo pérdidas materiales y hasta pérdidas humanas.

Las calles principales de la ciudad como son Simón Bolívar, Gabriel García Moreno, José Joaquín Olmedo, Antonio José de Sucre, Sánchez y Cifuentes y las avenidas Mariano Acosta, Jaime Rivadeneira y Alfredo Pérez Guerrero, presentaban una grave problemática a causa del deficiente sistema de semaforización lo cual causaba un gran malestar en peatones y conductores.

Hoy en día la ciudad de Ibarra cuenta con nuevo sistema de semaforización, el cual ha remplazado la anterior tecnología ya obsoleta, la cual permite nuevas mejoras en cuanto al control del tráfico de la ciudad de Ibarra.

### **1.2.3. SISTEMA ACTUAL DE SEMAFORIZACIÓN INSTALADO EN LA CIUDAD DE IBARRA.**

Debido al aumento del parque automotor y la gran necesidad de los peatones de transitar por las calles de la ciudad, se ha instalado un nuevo sistema de semaforización con el cual se pretende mejorar la circulación del tránsito vehicular y de los peatones. Se pueden hacer mención de algunas características de los sistemas de semaforización que hoy por hoy se utiliza en las calles de la ciudad de Ibarra.

Dentro de los sistemas de semaforización instalados en la ciudad de Ibarra se mencionan dos tipos los semáforos que utilizan Logos SIEMENS y el sistema de centralización de Tráfico vehicular denominado ADIMOT los cuales se describen a continuación.

#### **1.2.3.1. Semáforos programados con Logo SIEMENS**

El Logo es un módulo lógico universal fabricado por la familia SIEMENS, este sistema de control logo es utilizado con frecuencia en proyectos de automatización y además en aplicaciones industriales y de control, contiene fuente de alimentación, integrados de control, interfaz para módulos de ampliación, interfaz para módulos de programación, cables para PC, etc.

Contiene 34 funciones integradas que facilitan su manejo, sus funciones básicas son 8 las cuales permiten elaborar programas simples que se pueden crear desde el mismo logo o a través



de un computador, las 26 funciones especiales permiten crear programas más complejos de forma rápida y sencilla.

Logo SIEMENS presenta ciertas funciones básicas las cuales se utilizan para la programación del mismo, entre las cuales podemos mencionar AND, NOT , OR, NAND NOR, XOR, cada una de las mismas permite establecer los parámetros de funcionamiento de cada una de las luces del semáforo y demás configuraciones que necesitan para el funcionamiento del mismo.



**Figura 1.** Logo SIEMENS. Fuente [http://www.sudel.com.uy/sitioWeb/productos\\_detalle/835](http://www.sudel.com.uy/sitioWeb/productos_detalle/835)

El logo SIEMENS presenta tres modos de funcionamiento, modo programación, modo RUN y modo parametrización.

- **Modo programación.-** En el cual se elaboran los programas.
- **Modo RUN.-** Para poner en marcha el logo.
- **Modo parametrización.-** Permite modificar los parámetros de algunas de las funciones La Autoras del logo como ejemplo el tiempo.

#### *1.2.3.1.1 Programación a través del computador*

La programación del logo se la realiza mediante el programa SIEMENS LOGO!Soft control , el cual incluye un simulador que permite comprobar que el resultado del programa sea el más adecuado.

### 1.2.3.1.2 Programación a través del Logo

Se realiza mediante los botones y flechas del teclado que tiene el logo, para su programación es necesario establecer rutinas de funcionamiento, además de varios parámetros internos tales como temporizadores, contadores, etc., mediante la utilización de letras y programación simbólica a través de compuertas lógicas, a continuación se indica algunos de los símbolos que se utilizan dentro de la programación.

I	Entradas	X	Conectores abiertos
C	Teclas con flecha	M	Marca
F	Teclas de función del LOGO! TD	AI	Entradas analógicas
S	Bits de registro de desplazamiento	AQ	Salidas analógicas
lo hi	Nivel fijo	AM	Marcas analógicas
Q	Salidas		

**Figura 2.** Constantes para programar Logo Siemens. Fuente: [https://615583d1-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/idomoticas/apuntes/IDOM\\_TEMA3\\_LOGO.pdf](https://615583d1-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/idomoticas/apuntes/IDOM_TEMA3_LOGO.pdf)

En la figura 2 y figura 3 se muestran los signos mencionados anteriormente lo cuales se utiliza para la programación.

&	AND	$\geq 1$	O (OR)
&↑	AND con evaluación de flancos	$\geq 1 \cdot$	NOR
&·	NAND	=1	XOR
&↓	NAND con evaluación de flancos	1·	NOT

**Figura 3.** Funciones Básicas para programas un Logo SIEMENS. Fuente: [https://615583d1-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/idomoticas/apuntes/IDOM\\_TEMA3\\_LOGO.pdf](https://615583d1-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/idomoticas/apuntes/IDOM_TEMA3_LOGO.pdf).

Para programar el funcionamiento de semáforos, es decir el tiempo de cambio de estado de las luces y los días de duración del programa a través de logos SIEMENS, se utiliza además las variables de tiempo y días de la semana las cuales permiten programar tiempos de acuerdo a las necesidades de tráfico, los días de la semana en los cuales el programa funcionará y el instante de activación y desactivación de los semáforos.

A continuación se indica la representación de los días de la semana y del tiempo que se utiliza en la programación de los logos SIEMENS.

- Lunes: M (Monday)
- Martes: T (Tuesday)
- Miércoles: W (Wednesday)
- Jueves: T (Thursday)
- Viernes: F (Friday)
- Sábado: S (Saturday)
- Domingo: S (Sunday)

<b>D=MTWTFSS</b> <b>On =05:30</b> <b>Off=07:40</b>
--

**Figura 4.** Representación de la programación del tiempo de encendido y apagado de un semáforo.  
Fuente: [http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA\\_16527461\\_HB/Logo\\_s.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf)

Los semáforos que se encuentran instalados en la ciudad de Ibarra además de utilizar el logo SIEMENS, contiene relés para el proceso de cambio de estado de las luces de los semáforos, existe dos tipos de relé, Camsco MK3P-1 y el relé Siemens LZX: PT370615.

- **Relé Camsco MK3P-1.-** Contiene patas circulares tipo bulbo, 11 Pines, de 10A, 250 VAC, montaje enchufable, atornillable y con botón de prueba manual de contactos.



**Figura 5.** Relé Camsco MK3P-1. Fuente: [www.ingenieriaselca.com/tienda/index.php?cPath=27](http://www.ingenieriaselca.com/tienda/index.php?cPath=27)

- **Relé Siemens LZX: PT370615.-** 115v, 10A, 22,5 mm de ancho, 3 conmutadores para contactos auxiliares, contiene 11 pines.



**Figura 6.** Relé Siemens LZX: PT370615 Fuente: <http://www.relkocz.com/dt/siemens/plug-in-relay-3-co-contacts-115v-ac-10a-width-22-5mm/lzx-pt370615.html>

El uso frecuente de estos elementos produce un desgaste en los contactos causando problemas de funcionamiento en los semáforos, lo que ocasiona un sin número de dificultades en el fluido del tráfico vehicular.

La tarjeta instalada en los semáforos de algunas calles de la ciudad de Ibarra está compuesta por el logo SIEMENS PLC, el cual va colocado en una caja metálica de color blanco, mediante relés se encienden las luces de señalización del semáforo y además contiene varios elementos electrónicos como resistencias, condensadores, etc.



Como se puede observar en la Figura 7 se indica la una de las cajas en las cuales se encuentran los logos SIEMENS con sus respectivos elementos.



**Figura 7.** Caja metálica. Fuente: <http://www.ndu.cl/caja-metalica-1000x800x300mm-ral7032-placa-ral2004-ft>

Según datos recopilados de la entrevista ANEXO A, alrededor del 15% de los semáforos instalados en las calles de la ciudad de Ibarra utilizan logos SIEMENS para su programación, como se puede observar mediante la siguiente Tabla 1.

**Tabla 1.** Calles de la ciudad de Ibarra que utilizan semáforos programados mediante Logos SIEMENS  
Fuente: La Autora.

<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Tipo de</b>
Av. Eugenio Espejo	Av. Pérez Guerrero	Logo Siemens
	Obispo Mosquera	Logo Siemens
	Av. Fray Vacas Galindo	Logo Siemens
Av. Mariano Acosta	Av. Fray Vacas Galindo	Logo Siemens
Av. Cristóbal de Troya	Av. Fray Vacas Galindo	Logo Siemens
Av. Cristóbal de Troya	Rafael Troya	Logo Siemens

### 1.2.3.2. Sistema de Centralización del Tráfico ADIMOT

El sistema ADIMOT es una aplicación para el control de tráfico el cual utiliza una tecnología multialgoritmica, ADIMOT proviene del inglés Adaptive Multialgorithmic Optimisation Technique (Técnicas de Optimización Multialgoritmica Adaptativa).

Este sistema utiliza información en tiempo real, mediante la cual se ajustan de una manera continua tanto los ciclos y el cambio de estado de las luces del semáforo adaptándose a las condiciones de tráfico vehicular.

#### *1.2.3.2.1. Características del sistema ADIMOT*

Mediante observaciones y la información brindada por el personal del GAD Ibarra se determinan a continuación algunas de las características básicas del sistema ADIMOT<sup>2</sup> instalado en la ciudad de Ibarra el cual abarca casi el 70% de la misa de acuerdo al ANEXO A.

El nuevo sistema está compuesto por controladores o reguladores, los cuales controlaran el encendido y apagado de las luces del semáforo en función del tráfico que existe durante el día, cuenta con cámaras aforadoras<sup>3</sup> las cuales estarán conectadas mediante un cableado de red de fibra óptica y semáforos tipo LEDs, además cuenta con un centro de control y vigilancia.

Las cámaras se encuentran ubicadas en ciertas zonas estratégicas, las cuales cuentan el número de vehículos por hora en cada intersección donde se encuentran instaladas, permitiendo así que mediante el cableado de red de fibra óptica llegue la información en tiempo real hasta el centro de control en el cual se verificará y de ser necesario se programará los ciclos de encendido y apagado de las luces, permitiendo regular el tráfico de la intersección y su entorno.

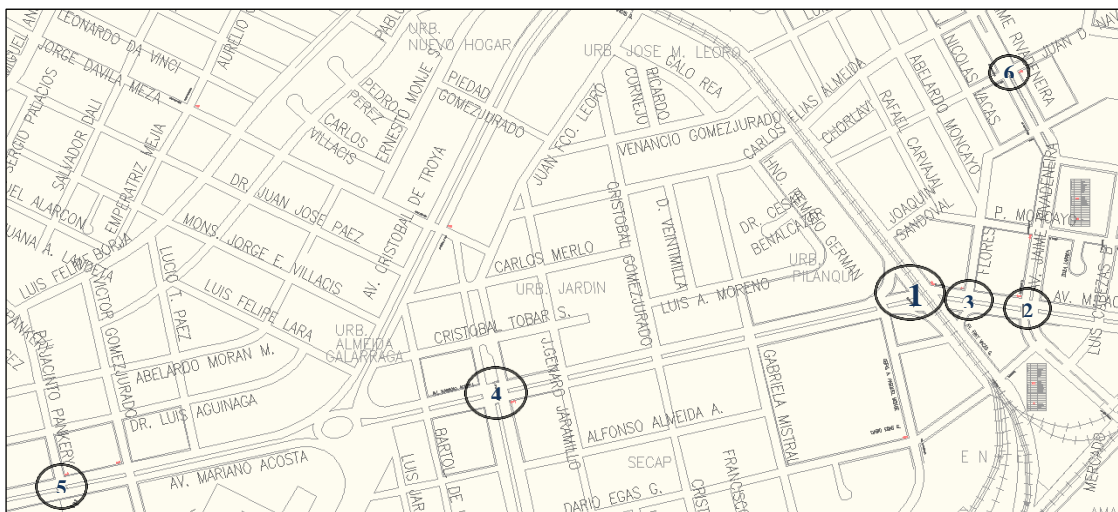
Las cámaras se encuentran ubicadas en ciertas intersecciones de las calles de la ciudad de Ibarra a continuación se muestra mediante la Figura 8 la Avenida Mariano Acosta y sus intersecciones en las cuales se encuentran instaladas las mismas.

---

<sup>2</sup>Técnicas de Optimización Multialgoritmica Adaptativa

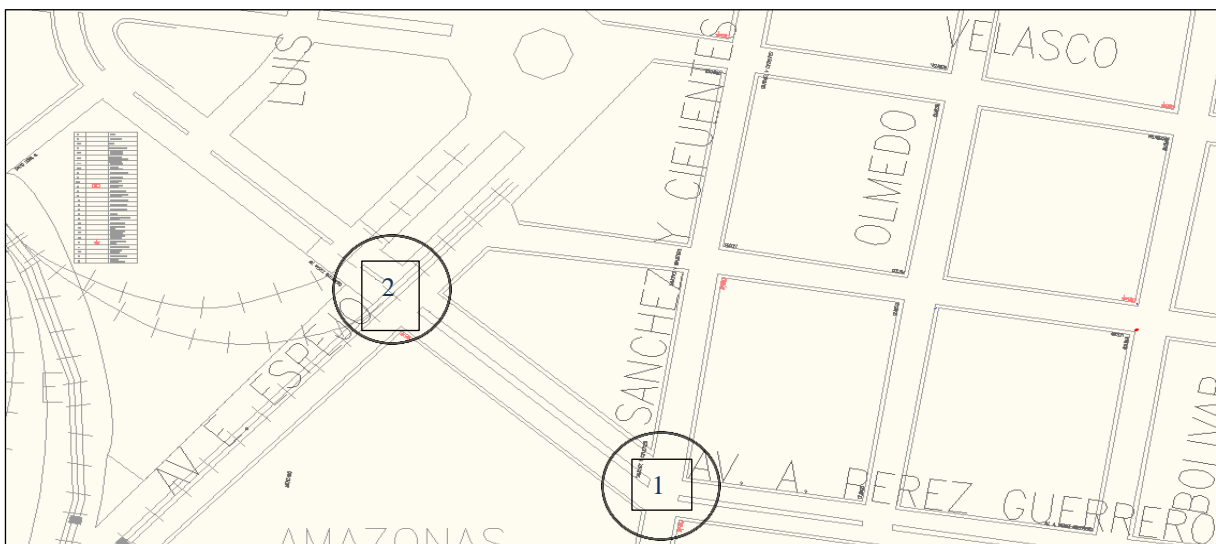
<sup>3</sup>Cámaras aforadoras: Brindan información en tiempo real lo cual permiten al semáforo actuar en forma dinámica para dar fluidez en las zonas de mayor congestión.

Como se puede observar en la siguiente figura las intersecciones en las cuales se ubican las cámaras son: Av. Mariano Acosta y Av. Fray Vacas Galindo (indicador 1), Av. Mariano Acosta y Av. Jaime Rivadeneira (indicador 2), Av. Mariano Acosta y Juan José Flores (indicador 3), Av. Mariano Acosta y Av. Ingeniero Eleodoro Ayala (indicador 4), Av. Mariano Acosta y Padre Jacinto Pankery (indicador 5). Av. Jaime Rivadeneira y Juan de Dios Navas (indicador 6),



**Figura 8.** Localización de las cámaras instaladas en la Av. Mariano Acosta e intersecciones. **Fuente:** Recuperado del Archivo AutoCAD del GAD Ibarra.

En la Figura 9 se indican las cámaras instaladas en la Av. Alfredo Pérez Guerrero y Sánchez y Cifuentes (indicador 1), Av. Alfredo Pérez Guerrero y Av. Eugenio Espejo (indicador 2).



**Figura 9.** Localización de las cámaras instaladas en la Av. Alfredo Pérez Guerrero e intersecciones. **Fuente:** Recuperado del Archivo AutoCAD del GAD Ibarra.

A continuación se listan otros lugares en las cuales también se encuentran ubicadas las cámaras aforadoras.

- Panamericana Norte y Puruhanta (Sector Yahuarcocha)
- Av. Cristóbal de Troya y Obispo Jesús Yerovi
- Víctor Manuel Guzmán y Av. José Miguel Vaca
- Pedro Moncayo y José Joaquín de Olmedo
- Av. Teodoro Gómez y Simón Bolívar

El centro de control se encuentra ubicado en el antiguo edificio del 911 en la Calle Darío Egas Almeida y Alejandro Pasquel Monje, desde donde se controlará el sistema de semaforización. Según los archivos Privados del Departamento de Tránsito y Transporte del GAD Ibarra al centro de control se integrarán los semáforos mediante un cableado de fibra óptica y anillos redundantes<sup>4</sup> permitiendo así que si uno de estos se rompe, por el otro anillo pueda pasar la información hasta el centro de control y detectar las fallas.

En el ANEXO B se adjunta el plano de la ciudad de Ibarra con el recorrido de Fibra Óptica.

El centro de control permite el monitoreo y la gestiona de los controladores, semáforos y cámaras aforadoras que se encuentran instalados en las calles de la ciudad de Ibarra, permitiendo así brindar mayor fluidez del tráfico vehicular.

A continuación se muestra la Tabla 2 y la Tabla 3 en la cual se indica las calles en las cuales se encuentra instalado el sistema de semaforización ADIMOT.

---

<sup>4</sup> **Anillos redundantes:** Permiten que la comunicación entre dispositivos sea constante es decir que la comunicación se lo realice por el anillo principal o secundario manteniendo la disponibilidad de la red.



**Tabla 2.** Calles de la Ciudad de Ibarra que utilizan el sistema de semaforización ADIMOT. Fuente La Autora

<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Tipo de Controlador</b>
Sánchez y Cifuentes	• Rafael Troya	Sistema ADIMOT
	• Gabriel García Moreno	
	• Juan José Flores	
	• Miguel Oviedo	
	• Pedro Moncayo	
	• Juan de Velasco	
	• Cristóbal Colón	
	• Av. Alfredo Pérez Guerrero	
	• Obispo Mosquera	
	• Av. Teodoro Gómez de la Torre	
José Joaquín Olmedo	• Tobías Mena	Sistema ADIMOT
	• Juan José Flores	
	• Miguel Oviedo	
	• Pedro Moncayo	
	• Juan de Velasco	
	• Cristóbal Colón	
Simón Bolívar	• Av. Alfredo Pérez Guerrero	Sistema ADIMOT
	• Rafael Troya	
	• Cristóbal Colón	
	• Juan José Flores	
	• Miguel Oviedo	
	• Pedro Moncayo	
	• Juan de Velasco	
	• Gabriel García Moreno	
Av. Atahualpa	• Av. Alfredo Pérez Guerrero	Sistema ADIMOT
	• Av. Teodoro Gómez de la Torre	
	• Ricardo Sánchez	
	• Tobías Mena	
	• Hernán González de Saa	
Antonio José de Sucre	• Princesa Cory Cory	Sistema ADIMOT
	• Miguel Oviedo	
	• Pedro Moncayo	
	• Juan de Velasco	
	• Cristóbal Colón	
	• Obispo Mosquero	
Vicente Rocafuerte	• Av. Teodoro Gómez de la Torre	Sistema ADIMOT
	• Gabriel García Moreno	
	• Juan José Flores	
	• Miguel Oviedo	
	• Pedro Moncayo	
	• Juan de Velasco	
	• Cristóbal Colón	
• Obispo Mosquera		

**Tabla 3.** Calles de la Ciudad de Ibarra que utilizan el sistema de semaforización ADIMOT. Fuente La Autora

<b>Calle Principal</b>	<b>Intersección</b>	<b>Tipo de</b>
Pedro Vicente Maldonado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedro Moncayo</li> <li>• Juan José Flores</li> <li>• Miguel Oviedo</li> <li>• Juan de Velasco</li> <li>• Cristóbal Colón</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Juan de Salinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juan José Flores</li> <li>• Miguel Oviedo</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Juan Montalvo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miguel Oviedo</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Manuel de la Chica Narváez	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juan José Flores</li> <li>• Pedro Moncayo</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Luis Cabezas Borja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedro Moncayo</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Av. Jaime Rivadeneira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedro Moncayo</li> <li>• Av. Mariano Acosta</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Av. El Retorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Av. Teodoro Gómez de la Torre</li> <li>• Rio Tahuando</li> <li>• Ricardo Sánchez</li> <li>• Rio Chinchipe</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Av. Capitán Cristóbal de Troya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rafael Troya</li> <li>• Luis Gómez Jurado</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Av. Mariano Acosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Av. Fray Vacas Galindo</li> <li>• Av. Eleodoro Ayala</li> <li>• Padre Jacinto Pankery</li> </ul>	Sistema ADIMOT
Av. 17 de Julio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• General José María Córdova</li> <li>• Padre Aurelio Espinoza Polit</li> </ul>	Sistema ADIMOT

### 1.2.3.3. Semáforos Peatonales

Actualmente la ciudad cuenta con semáforos peatonales en todas las calles e intersecciones en las cuales se encuentra instalado el sistema de semaforización ADIMOT el cual se puede observar en las Tablas 2 y 3, estos controladores activan o desactivan el momento en el cual entran en funcionamiento los semáforos peatonales y el tiempo que se quedan en uso mediante un contador que nos permite visualizar los segundos en los cuales el peatón puede cruzar la calle.

### 1.2.4. COMPARACIÓN DE LOS SEMÁFOROS INSTALADOS ACTUALMENTE.

Cada uno de los semáforos instalados actualmente en las calles de la ciudad de Ibarra tiene ciertas características además ventajas y desventajas con respecto a otros, para realizar la

comparativa de los mismos es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros los cuales ayudarán posteriormente al desarrollo del proyecto, los cuales se indican a continuación:

Es importante tener muy en cuenta la programación del semáforo porque es con el cual los operadores del sistema trabajan para configuración de los tiempos de cambio de estado del semáforo, es necesario que la misma no sea compleja al contrario sea sencilla de manipular.

Para que un sistema de semaforización no presente inconvenientes es importante que posea su La Autora fuente de alimentación resistente que permita el funcionamiento adecuado del mismo.

Finalmente se debe considerar que la interfaz de potencia brinde la tensión suficiente para que el semáforo pueda soportar el funcionamiento de focos incandescentes y diodos LEDs.

A continuación se indica mediante la tabla 4 una comparación de los dos sistemas de semaforización que se encuentran instalados en la ciudad de Ibarra, posteriormente se procederá a determinar las ventajas y desventajas.

**Tabla 4.** Comparación de semáforos instalados en la ciudad de Ibarra. Fuente: Entrevista ANEXO B.

	<b>Semáforo con Logo SIEMENS</b>	<b>Sistema de Semaforización ADIMOT</b>
<b>Programación</b>	La programación del Logo es bastante compleja	Permite el cambio de ciclos y de encendido y apagado de las luces de acuerdo a las necesidades del tráfico.
<b>Fuente de alimentación</b>	Utiliza una batería	Tiene una fuente de alimentación
<b>Tipo de Focos que soporta</b>	Soporta Focos Incandescentes	Soporta Focos LEDs

Como se indica mediante la tabla anterior existen ciertas características las cuales hacen que un sistema sea mejor que otro con el cual podemos citar lo siguiente:

El semáforo con Logo Siemens presenta la ventaja de que en caso de pérdida de energía permite guardar la configuración de funcionamiento hasta durante 5 horas, aunque su principal desventaja tiene que ver con su programación ya que es demasiado compleja y además posee una fuente de alimentación no tan resistente.

El sistema ADIMOT tiene la ventaja de permitir una comunicación en tiempo real mediante el cableado de fibra óptica, para monitorización en el centro de control, como desventaja los semáforos que se encuentran fuera del anillo de fibra óptica no se pueden monitorear, no todos los semáforos cuentan con conexión a F.O, y su programación es demasiada extensa y compleja.

Gracias a esta comparación se establecen los parámetros en los cuales se basará en proyecto a desarrollarse.

### **1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SEMAFORIZACIÓN.**

Dentro de una ciudad la semaforización proporciona grandes ventajas aunque en muchos casos presenta algunas desventajas dependiendo del mal estado en que se encuentra, a continuación se indica las principales ventajas de la semaforización:

- Resuelve algunos de los problemas de congestión vehicular que se presentan durante la circulación a lo largo de una calle tanto de vehículos y peatones.
- Permiten interrumpir periódicamente el tránsito intenso de una vía, para permitir el paso de vehículos y peatones que se encuentran en la otra vía.
- En algunos casos el uso de semáforos en las calles reduce ciertos tipos de accidentes tales como choques, arrollamientos a peatones que circulan por las calles.
- Permiten ordenar la circulación de tránsito vehicular, y muchas veces aumenta la capacidad para que el peatón transite adecuadamente por las calles.

Dentro de las desventajas se pueden citar las siguientes:

- Detención innecesaria de la circulación vehicular cuando el flujo de vehículos es demasiado corto.
- Pueden aumentar la frecuencia de accidentes debido a los giros que dan en determinadas intersecciones.

#### 1.4. ZONA DE ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la implementación del proyecto se ha determinado como zona de estudio la calle Guaranda ubicada en el barrio Azaya de la parroquia de Alpachaca de la ciudad de Ibarra.

La calle Guaranda cuenta con las siguientes intersecciones Isla Santa Isabel, Isla San Salvador y la Avenida José Miguel Vaca, en las cuales se tiene prevista la instalación del plan piloto para semáforos que permitan la conexión a una red inalámbrica WSN.



**Figura 10.** Zona de Estudio calle Guaranda e intersecciones. Fuente: Aplicación Google Earth online 2013 Recuperado de <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es-419&tab=wl>

En la figura 10 se puede observar la calle Guaranda y las intersecciones que se tomaran como parte del estudio para la implementación del proyecto cabe recalcar que en la calle Guaranda la circulación vehicular es en doble sentido es decir esta calle es doble vía.



### 1.4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA.

Es importante determinar el estado actual en el que se encuentra la calle e intersecciones donde se aplicará el proyecto, la información receptada permite establecer el sentido de circulación vehicular, el flujo de tráfico durante todo el día, además de las unidades de transporte Público Urbano que transitan por dicha calle e intersecciones.

Como se había mencionado anteriormente el sentido de circulación de la zona de estudio es doble vía, por dicha calle circulan varias unidades de transporte Público las cuales se pueden apreciar mediante la siguiente tabla 5 en la que se resume las rutas de transporte que circulan por la zona de estudio.

**Tabla 5.** Rutas de Transporte Público que circulan por la calle Guaranda. Fuente: La Autora

Ruta de transporte Público		Cooperativa
Numero de ruta	Nombre de la ruta	
Línea 8	San Cristóbal - Talleres del Ferrocarril	28 de Septiembre
Línea 10	San Antonio – Azaya	28 de Septiembre
Línea 11	Azaya - La Campiña	28 de Septiembre

Como se puede apreciar en la Tabla 5 son tres rutas de transporte público que circulan por dicha vía, las tres líneas de trasportes pertenecen al a Cooperativa de Transporte Público Urbano 28 de Septiembre, las cuales atraviesan por la calle Guaranda para llegar al destino correspondiente.

### 1.4.2. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO EN HORAS PICO

Para determinar las horas pico<sup>5</sup> en las cuales esta vía produce mayor congestión vehicular se ha realizado una investigación de campo obteniendo la información mediante fichas de observación, la cual ha permitido determinar ciertas horas en las cuales se produce mayor

<sup>5</sup> **Hora pico:** Se la denomina también hora punta y se refiere a las distintas horas en la que regularmente se congestiona una vía pública, por lo general la hora pico se produce en horarios de ingreso y salida de oficinas, escuelas y colegios.

congestión en la vía y además ciertas horas en las que el flujo de tráfico vehicular no es tan concurrido.

Por lo cual para obtener datos reales del número de vehículos que circulan por la calle Guaranda e intersecciones se ha tomado una muestra en intervalos de 15 min, a continuación se indica mediante la tabla 6, la tabla 7. La tabla 8 y la tabla 9 el resultado obteniendo de la investigación de campo.

**Tabla 6.** Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 6:00 am y 12:00 pm. Fuente La Autora

Calle Guaranda y San Salvador				
Hora	Vehículos	Vehículos Pesados	Motos	Total
06:00-06:15	48	8	9	65
06:15-06:30	87	11	13	111
06:30-06:45	122	8	17	147
06:45-07:00	145	11	20	176
07:00-07:15	169	11	26	206
07:15-07:30	195	15	18	228
07:30-07:45	142	13	12	167
07:45-08:00	123	12	16	151
08:00-08:15	114	16	13	143
08:15-08:30	107	19	15	141
08:30-08:45	98	13	13	124
08:45-09:00	96	11	12	119
09:00-09:15	65	12	7	84
09:15-09:30	73	14	7	94
09:30-09:45	83	11	5	99
09:45-10:00	79	9	7	95
10:00-10:15	64	15	2	81
10:15-10:30	36	9	1	46
10:30-10:45	98	14	5	117
10:45-11:00	98	12	6	116
11:00-11:15	56	8	7	71
11:15-11:30	100	8	7	115
11:30-11:45	89	9	8	106
11:45-12:00	79	13	4	96
12:00-12:15	90	12	10	112
12:15-12:30	103	11	7	121
12:30-12:45	118	15	11	144
12:45-13:00	108	11	17	136

**Tabla 7.** Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 13:00 pm y 18:00 pm. Fuente La Autora

<b>Calle Guaranda y San Salvador</b>				
Hora	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Motos	Total
13:00-13:15	123	17	22	162
13:15-13:30	148	11	14	173
13:30-13:45	124	12	7	143
13:45-14:00	72	13	10	95
14:00-14:15	37	10	11	58
14:15-14:30	42	10	9	61
14:30-14:45	43	12	10	65
14:45-15:00	43	8	8	59
15:00-15:15	39	12	7	58
15:15-15:30	34	12	5	51
15:30-15:45	36	12	10	58
15:45-16:00	34	8	8	50
16:00-16:15	82	12	10	104
16:15-16:30	76	12	5	93
16:30-16:45	106	10	6	122
16:45-17:00	70	9	3	82
17:00-17:15	78	9	12	99
17:15-17:30	80	11	5	96
17:30-17:45	97	10	4	111
17:45-18:00	104	13	9	126

**Tabla 8.** Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y Santa Isabel entre la 6:00 am y 12:00 pm. Fuente La Autora

<b>Calle Guaranda y Santa Isabel</b>				
Hora	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Motos	Total
06:00-06:15	68	10	15	93
06:15-06:30	50	10	10	70
06:30-06:45	57	10	7	74
06:45-07:00	56	10	10	76
07:00-07:15	38	9	12	59
07:15-07:30	39	9	9	57
07:30-07:45	44	9	10	63
07:45-08:00	43	11	8	62
08:00-08:15	50	9	13	72
08:15-08:30	42	10	6	58
08:30-08:45	50	8	7	65
08:45-09:00	53	14	3	70
09:00-09:15	44	9	8	61
09:15-09:30	47	9	2	58
09:30-09:45	45	12	5	62
09:45-10:00	51	8	9	68
10:00-10:15	58	13	6	77
10:15-10:30	50	8	7	65
10:30-10:45	54	9	8	71
10:45-11:00	50	11	7	68
11:00-11:15	37	9	6	52
11:15-11:30	47	8	7	62
11:30-11:45	34	9	7	50
11:45-12:00	40	11	8	59
12:00-12:15	33	10	6	49
12:15-12:30	37	10	7	54
12:30-12:45	29	10	6	45
12:45-13:00	33	9	10	52

**Tabla 9.** Promedio de vehículos que circulan en la calle Guaranda y San Salvador entre la 13:00 pm y 18:00 pm. Fuente La Autora

<b>Calle Guaranda y Santa Isabel</b>				
<b>Hora</b>	<b>Vehículos Livianos</b>	<b>Vehículos Pesados</b>	<b>Motos</b>	<b>Total</b>
13:00-13:15	37	11	7	55
13:15-13:30	39	9	6	54
13:30-13:45	36	9	8	53
13:45-14:00	70	11	7	88
14:00-14:15	51	4	8	63
14:15-14:30	50	6	5	61
14:30-14:45	48	5	6	59
14:45-15:00	45	6	4	55
15:00-15:15	47	6	6	59
15:15-15:30	40	6	4	50
15:30-15:45	34	9	9	52
15:45-16:00	60	5	5	70
16:00-16:15	48	11	10	69
16:15-16:30	43	10	7	60
16:30-16:45	52	8	6	66
16:45-17:00	47	13	8	68
17:00-17:15	43	9	7	59
17:15-17:30	46	10	8	64
17:30-17:45	51	8	5	64
17:45-18:00	33	10	6	49

La recopilación de datos del número vehículos que circulan en la calle Guaranda y sus intersecciones se lo realizó por un lapso de dos semanas de 7:00 hasta las 18:00 horas, los cuales se promediaron permitiendo obtener los resultados que se muestran en las tablas de información adjuntas en el ANEXO C.

De los resultados obtenidos de la investigación de campo, se puede observar que existen intervalos de tiempo en las cuales el flujo vehicular aumenta y otras en las cuales disminuye, lo cual podemos determinar las horas que se consideran horas pico en la calle Guaranda y sus intersecciones, como se observa dichos intervalos son aquellas en las que la gente se traslada a sus distintos sitios de trabajo y estudio como son:

- De 7:15 hasta 7:30
- De 13:15 hasta 13:30

A partir de los datos obtenidos se determina los modos en los cuales funcionará el nuevo dispositivo de semaforización.

Luego de haber realizado la investigación necesaria para determinar la situación actual de la semaforización de la ciudad de Ibarra y además de la zona de estudio en la cual se pretende colocar el nuevo proyecto, se observa que es importante diseñar un nuevo sistema que se ajuste a las necesidades de tráfico y además del personal quien lo va a operar, por lo que se considera al proyecto una prioridad el cual se debe implementar en los sitios que se requiera.

## **CAPITULO II**

### **2. DISEÑO DEL SEMÁFORO AVANZADO BASADO EN MICROCONTROLADOR.**

En este capítulo se detalla la información relacionada con el hardware y software del diseño del sistema de semaforización, además se especifican los componentes y elementos que forman parte del nuevo dispositivo de semaforización.

#### **2.1. REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los requisitos del nuevo sistema de semaforización se basan en ciertas condiciones del ambiente de trabajo, además de las funciones y actividades que realiza y las especificaciones de potencia.

##### **2.1.1. REQUISITOS EN BASE DEL AMBIENTE DE TRABAJO**

- Capacidad de manejar y controlar el tráfico vehicular de acuerdo a las necesidades del tráfico en determinadas horas las cuales se considerada como hora pico.
- Impacto mínimo de implementación con respecto a otros dispositivos de semaforización instalados anteriormente.
- Capacidad de funcionamiento por fallas de energía eléctrica, es decir que no se producirá falta de sincronización con respecto al reloj en tiempo real en caso de producirse cortes de energía eléctrica.

##### **2.1.2. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA**

- Protección contra conexión invertida y picos de voltaje, para evitar daños prematuros y permanentes en los módulos lógicos del dispositivo.



- Entrega de potencia eficiente por parte de los relevadores de estado sólido, para permitir el funcionamiento seguro de las luces que forman parte del dispositivo.

### **2.1.3. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO**

- Alta velocidad de adquisición, procesamiento y ejecución de tareas.
- Adquisición de elementos e implementación del proyecto con costos relativamente bajos.
- Mayor vida útil del dispositivo con un mínimo mantenimiento.
- Interfaz gráfica explícita, legible y fácil de manejar para el control de opciones de cambio de estado de los semáforos.

## **2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.**

El sistema de semáforo avanzado trabaja en función del tiempo y el tráfico, es decir que permite el cambio de estado de las luces del semáforo, dependiendo de las necesidades de tráfico que se presenten en la calle Guaranda e intersecciones donde se encuentra ubicado el nuevo sistema de semaforización.

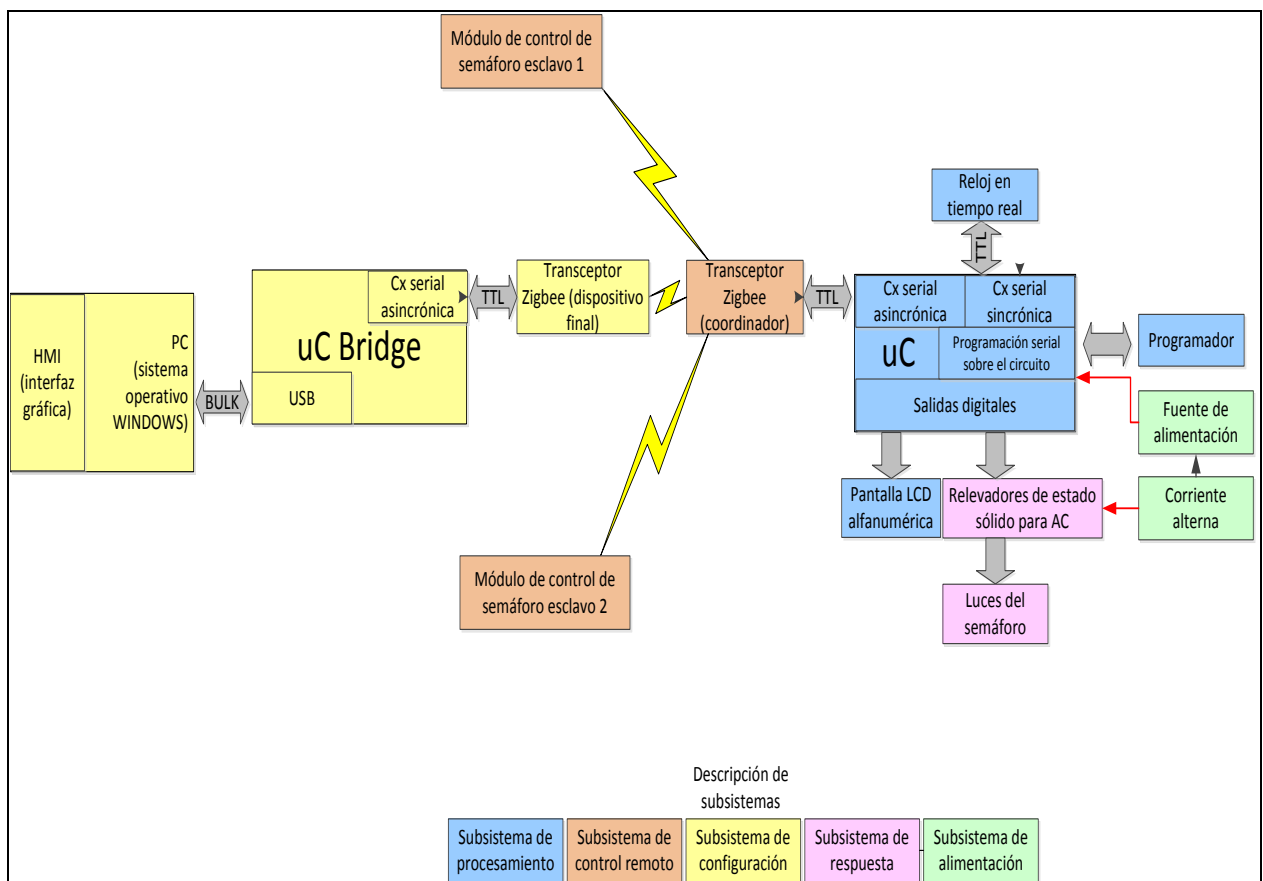
Mediante la interfaz Humano – Máquina el sistema de semaforización permite al operador modificar los tiempos en los que cada modo cambia el estado de cada una de las luces del semáforo.

El sistema se basa en una configuración Maestro – Esclavo, el Maestro permite la ejecución de diversas funciones las cuales se realizan en la interfaz gráfica, para luego enviar toda la información necesaria al Esclavo a través de una conexión inalámbrica.

El programa principal controla la configuración del dispositivo Master, gestionando la comunicación con los dispositivos Esclavos para mantener la sincronización de los cambios de estado de las luces del semáforo.

### 2.3. ESPECIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS.

A continuación se muestra en la Figura 11 el diagrama de bloques, que representa el sistema de semaforización y los subsistemas en los cuales están subdivididos, los mismos que se agrupan de acuerdo a cada una de las funciones: procesamiento, control remoto, configuración, respuesta y alimentación.



**Figura 11.** Diagrama de bloques del sistema de semaforización avanzado. **Fuente:** La Autora

#### 2.3.1. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO

La base fundamental del subsistema de procesamiento es el microcontrolador, el cual maneja la programación serial sobre el circuito. Posee hardware y firmware precisos para realizar las siguientes funciones:

- Manejar un reloj en tiempo real mediante comunicación serial sincrónica a través de interrupciones de prioridad.
- Permitir la conexión a un módulo ZigBee a través de la comunicación serial asincrónica.
- Convertir valores para enviarlos a un sistema de visualización conformado por una pantalla LCD.

### **2.3.2. SUBSISTEMA DE CONFIGURACIÓN**

Dentro del subsistema de configuración se encuentra un microcontrolador que administra la comunicación desde la interfaz USB<sup>6</sup> – CDC<sup>7</sup> hacia la interfaz Humano Máquina, así como también la comunicación asincrónica del microcontrolador hacia el dispositivo final ZigBee el cual mediante conexión inalámbrica se comunica con el transceptor ZigBee Coordinador.

### **2.3.3. SUBSISTEMA DE RESPUESTA.**

Está conformado por relevadores de estado sólido de corriente alterna, los cuales permiten conectarse a las luces del semáforo permitiendo mayores ventajas como:

- Resistencia a choques y duraciones.
- Son de respuesta rápida, silenciosos y livianos.
- No se desgastan fácilmente.

### **2.3.4. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN.**

Este subsistema está conformado por fuentes de alimentación conmutables de 12 V, debido a sus ventajas tales como:

- Menor tamaño y calentamiento.

---

<sup>6</sup> **USB:** Universal Serial Bus (Bus universal en serie)

<sup>7</sup> **CDC:** Class Device Communication (Clase de dispositivo de Comunicación)

- Baja emisión de EMIs.<sup>8</sup>
- Su voltaje puede ser regulado sin afectar su funcionamiento.

## **2.4. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE**

Se ha diseñado el dispositivo para que trabaje de forma que pueda acoplarse a las distintas horas donde existe mayor y poco tráfico vehicular, además de manejar una interfaz fácil de entender para la reprogramación de nuevos modos de operación al dispositivo de semaforización.

A continuación se realiza la selección de los componentes y determinación de su configuración, de manera que puedan acoplarse a los requisitos del sistema y a las funciones concebidas en el diagrama de bloques.

### **2.4.1. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO.**

El subsistema de procesamiento se basa en el microcontrolador PIC18F452, el cual permite manejar interrupciones de prioridad, además está compuesto por RTC<sup>9</sup> y una pantalla LCD que permite la visualización de ciertos datos de configuración.

#### **2.4.1.1. Unidad de procesamiento**

Existe una gran variedad de microcontroladores en la actualidad cada uno con incomparables características las cuales permiten la ejecución de diferentes aplicaciones, quizá la clasificación más importante que se da entre ellos es la que los clasifica de acuerdo a 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las prestaciones de cada uno de estos son superiores dependiendo de su número de bits.

---

<sup>8</sup> EMIs: Interferencia Electromagnética.

<sup>9</sup> RTC: Real Time Clock (Reloj en Tiempo Real)

Debido al ambiente donde se desarrolla el sistema de semaforización se requiere un microcontrolador que cuente con ciertas características especiales, las cuales se detallan a continuación:

Es necesario tener el número suficiente de Entradas/Salidas digitales para que el procesador pueda comunicarse de la manera más adecuada con la parte exterior, es decir que pueda procesar cada una de las funciones que el sistema de semaforización necesite realizar.

Voltaje y Frecuencia de Oscilación: es importante conocer la velocidad a la cual el microcontrolador procesará la información transmitida entre módulos, además del voltaje al que trabajará el mismo y sobre el cual se diseñará cada una de las placas.

Otra de las características más importantes para la elección del microcontrolador es la Memoria de Programa o Memoria Flash en la que se almacenará las instrucciones que realice el programa, para el este diseño se necesita una capacidad mayor para lo cual se considera que el microcontrolador posea una memoria de 32 Kbytes.

Es fundamental que el microcontrolador permita trabajar de una manera segura con la memoria EEPROM en la que se almacenará la información base para el funcionamiento del sistema y la memoria SRAM que es la que permite utilizar un espacio de memoria para el almacenamiento de datos que se modifican durante la ejecución del programa principal.

El número adecuado de Interrupciones que pueda realizar el microcontrolador dentro del proyecto es un parámetro fundamental ya que durante la ejecución de programa se realizará una serie de operaciones las mismas que se trabajarán mediante interrupciones de prioridad.

Además se necesita un módulo que permita la transferencia de información de forma serial, con el cual se transmitirá los datos obtenidos de los módulos inalámbricos hacia el microcontrolador, por ello es necesario que el microcontrolador contenga un módulo de comunicación USART (Transmisor Receptor Asincrónico - Sincrónico Universal)

A continuación se presenta en la tabla 10 una comparación de microcontroladores los cuales existen en el mercado y que además cuentan con las características ya descritas.

**Tabla 10.** Comparación de características de microcontroladores. Fuente: Adaptado Datasheet de cada microcontrolador

Microcontrolador	Memoria Flash	Memoria EEPROM	Memoria SRAM	Interrupciones	USART	Entradas/Salidas Digitales	Frecuencia Oscilación	Voltaje de Operación
Atmega 8	8 Kbytes	512 bytes	2 Kbytes	3	1	3 Puertos 28 pines	16 MHz	2,7 - 5,5 v
PIC 16F877A	8 Kbytes	256 bytes	368 bytes	15	1	4 puertos 40 pines	20 MHz	2,5 - 5,5 v
PIC 18F242	16 Kbytes	256 bytes	1 Kbyte	15	1	3 puertos 28 pines	40 MHz	2,5 - 5,5 v
PIC 18F452	32 Kbytes	256 Bytes	1,5 Kbytes	18	1	5 puertos 40 pines	40 MHz	2,5 - 5,5 V

Cabe mencionar que por estas funciones y demás características descritas anteriormente, las cuales permiten realizar varias aplicaciones se ha escogido el microcontrolador PIC18F452 para la realización del sistema de semaforización. En el ANEXO D se presenta mayor información acerca del mismo.

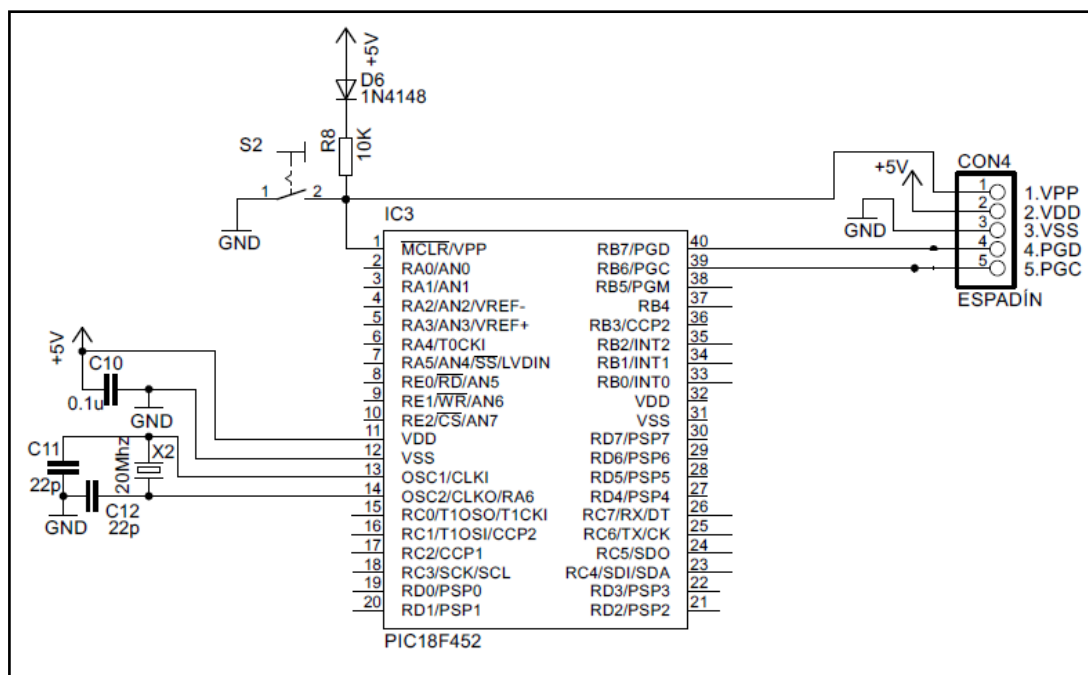
#### 2.4.1.1.1. Conexión del microcontrolador

A continuación se muestra la Tabla 11 en la que se indica la conexión de cada uno de los pines del microcontrolador, además se define si los pines utilizados en el proyecto son E/S (Entradas/Salidas) y el tipo de entrada que cada uno de los pines representa es decir si son analógico o digital.



**Tabla 11.** Configuración de puertos del microcontrolador de procesamiento. **Fuente:** La Autora

CONFIGURACIÓN DE PUERTOS MICROCONTROLADOR PIC18F452					
	NOMBRE	PIN	E/S	A/D	OBSERVACIÓN
PORTA	RA0/AN0	2	-	-	---
	RA1/AN1	3	-	-	---
	RA2/AN2/VREF-	4	-	-	---
	RA3/AN3/VREF+	5	-	-	---
	RA4/T0CKI	6	-	-	---
	RA5/SS/AN4/LVDIN	7	-	-	---
	RA6/OSC2/CLKO	14	E	D	Conexión del oscilador de 20 MHz
PORTB	RB0/INT0	33	S	D	RS LCD
	RB1/INT1	34	S	D	RW LCD
	RB2/INT2	35	S	D	E LCD
	RB3/CCP2(3)	36	-	-	---
	RB4	37	S	D	D4 LCD
	RB5/PGM(5)	38	S	D	D5 LCD
	RB6/PGC	39	S	D	D6 LCD
PORTC	RC0/T1OSO/T1CKI	15	S	D	I1 ULN 2803
	RC1/T1OSI/CCP2	16	S	D	I2 ULN 2803
	RC2/CCP1	17	S	D	I3 ULN 2803
	RC3/SCK/SCL	18	S	D	SCL DS 1307
	RC4/SDI/SDA	23	-	-	---
	RC5/SDO	24	S	D	I8 ULN 2803
	RC6/TX/CK	25	S	D	TX ZigBee Módulo Inalámbrico
PORTD	RC7/RX/DT	26	E	D	RX ZigBee Modulo Inalámbrico
	RD0/PSP0	19	S	D	I4 ULN 2803
	RD1/PSP1	20	S	D	I5 ULN 2803
	RD2/PSP2	21	S	D	I6 ULN 2803
	RD3/PSP3	22	S	D	I7 ULN 2803
	RD4/PSP4	27	-	-	---
	RD5/PSP5	28	-	-	---
POR TE	RD6/PSP6	29	-	-	---
	RD7/PSP7	30	-	-	---
	RE0/RD/AN5	8	-	-	---
	RE1/WR/AN6	9	-	-	---
	RE2/CS/AN7	10	-	-	---



**Figura 12.** Circuito de conexión del microcontrolador. **Fuente:** La Autora

En la figura 12 se indica las conexiones del microcontrolador de acuerdo al detalle de la Tabla 11, además en dicha figura se muestra el circuito para la actualización del firmware del microcontrolador, sin que sea necesario el desmontaje del mismo para que pueda ser reprogramado.

#### 2.4.1.2. Reloj en tiempo real RTC

Existen dos tipos de RTC disponibles en el mercado los cuales cumplen con las características que se necesita para desarrollar el proyecto, dentro de estas se menciona la facilidad de adquirir la fecha y hora actual, que contenga año bisiesto, que posea una batería y lo más importante que posea mayor almacenamiento de datos. A continuación se muestra mediante la tabla 12 una comparación entre los dos RTC existentes es decir RTC DS1302 y RTC DS1307.

**Tabla 12.** Comparación de Reloj en tiempo Real. **Fuente:** Adaptado de Datasheet de los dispositivos.

Dispositivo	Memoria Flash	# de Pines	Año Bisiesto	Voltaje	Compensación Valida
RTC DS1302	31 Bytes	8	Si	2v - 5,5 v	hasta 2100
RTC DS1307	56 Bytes	8	Si	2v - 5,5 v	hasta 2100

Como se indica en la tabla anterior los dos dispositivos cumplen casi con las mismas características a excepción de la memoria RAM que en uno de ellos es mayor, por tal motivo se decide utilizar el RTC DS1307 ya que dicha característica es importante en el desarrollo de proyecto de semaforización.

El DS1307 Real-Time-Clock en español Reloj en Tiempo reloj es un dispositivo de bajo consumo de energía, posee una memoria SRAM<sup>10</sup> no volátil de más de 56 bytes, los datos son transferidos a través de 2 hilos serie es decir es bidireccional, es un reloj calendario el cual contiene información de horas, minutos, segundos, fecha, día, mes, año, y además tiene año bisiesto.

<sup>10</sup> SRAM: Memoria Estática de Acceso Aleatoria

El Ds1307 posee un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y el cual permite automáticamente cambiar a la batería de respaldo, esta batería dura alrededor de 2 años, a continuación se detallan algunas de las características ya mencionadas anteriormente que posee dicho integrado.

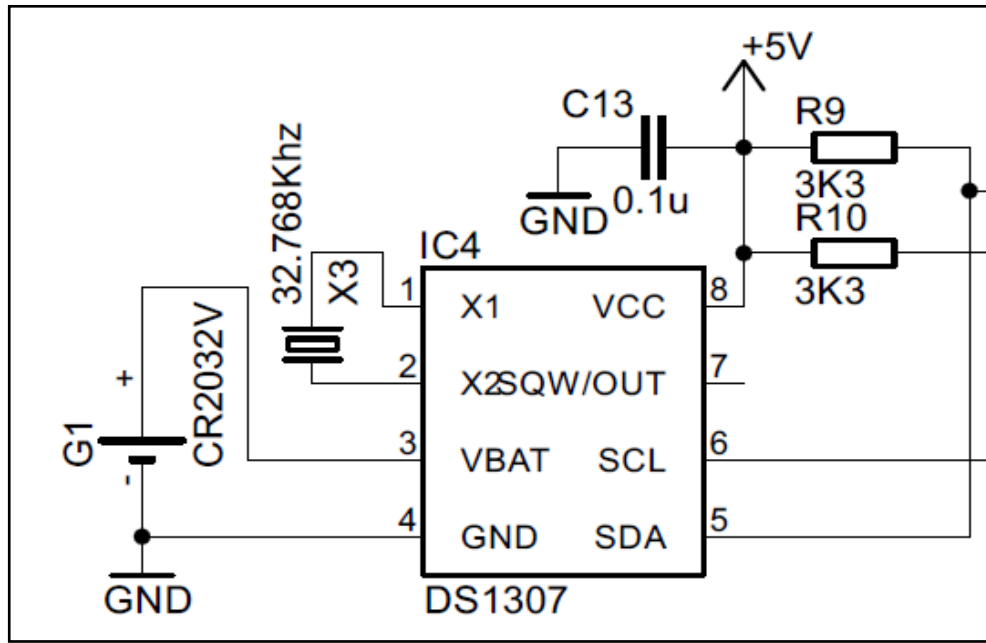
- Reloj en tiempo real (RTC) Cuenta segundos, Minutos, horas, fecha del mes, día de la semana, y año con año bisiesto Compensación Válido hasta 2100.
- Detector Automático Fallo-Energía y Circuito Conmutación.
- Consume menos de 500nA en la batería.
- Rango de temperatura Industrial Opcional: -40 ° C a +85 ° C
- Interface Serie I2C.
- Onda-Cuadrada programable de la señal de salida.
- Disponible en 8-Pin Plástico DIP o SO

En la tabla 13 se indica los pines de conexión del RTC DS 1307 los cuales se utilizan en el proyecto.

**Tabla 13.** Configuración de los puertos del RTC DS1307

<b>CONFIGURACIÓN DE PUERTOS RTC Ds1307</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>PIN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
X1	1	Conexión del cristal de 32.768khz
X2	2	Conexión del cristal de 32.768khz
VBAT	3	Entrada de batería de +3V
GND	4	Tierra
VCC	5	Fuente de alimentación principal
SQW/OUT	6	Driver de salida
SLC	7	Reloj serial
SDA	8	Datos en serie

Como se observa en la figura 13 el RTC DS1307 tiene una conexión ligeramente sencilla y fácil de realizar. La elección de este integrado se lo ha realizado por varias razones las cuales son importantes para la elaboración del diseño.



**Figura 13.** Circuito de conexión del RTC DS1307. **Fuente:** La Autora

El RTC DS1307 permite configurar y leer el día de la semana de lunes a domingo, la fecha completa es decir mes y año permitiendo manejar año bisiesto, además posee una batería CR2032 que tiene una duración de 2 años aproximadamente, la cual permite que el RTC siga trabajando cuando exista falta de energía eléctrica, es decir sirve para conservar la memoria y que siga trabajando.

El RTC DS1307 trabaja con un oscilador de 32.768 KHz el cual permite realizar un conteo de 32768, es decir en hexadecimal 8000 y se obtiene un segundo, el valor de este oscilador es estratégico.

El microcontrolador y el RTC se comunican a través de comunicación I<sup>2</sup>C, el microcontrolador trabaja por hardware a través de interrupciones.

### 2.4.1.3. Visualización

Para la visualización de datos se utiliza una pantalla de cristal líquido LCD que sirve como interfaz humano – máquina, para indicar los valores que se están generando, mediante los procesos que realiza el microcontrolador.



**Figura 14.** Pantalla LCD 16X2.

**Fuente:** <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/14962069/pinguino-project-con-display-LCD.html>

La LCD utilizada dispone de 2 filas , cada fila de 16 caracteres es decir es 16X2, permite utilizar caracteres ASCII, Kanji y Griegos, el desplazamiento de los caracteres pueden realizarse hacia la izquierda o hacia la derecha, además proporciona la posición del carácter ya sea absoluta o referente.

A continuación se muestra mediante la tabla 14, la descripción de los pines para la conexión de la pantalla LCD.

**Tabla 14.** Descripción de los pines de conexión de la pantalla LCD. Fuente: <http://www.x-robotics.com/rutinas.htm#LCD>

Descripción de Pines		
1	Vss.	Tierra de alimentación
2	Vdd.	Alimentación de +5VCC
3	Vo.	Contraste de cristal Líquido. (0 a +5V)
Selección del Registro de control / registro de datos:		
4	Rs.	RS = 0 Selección registro de control RS = 1 Selección Registro de datos
Señal de lectura / escritura:		
5	R/W	R/W = 0 Escritura (Write) R/W = 1 Lectura (Read)
Habilitación del módulo:		
6	E	E = 0 Modulo desconectado E = 1 Modulo conectado
7 – 14	D0 - D7	Bus de datos bidireccional

En la figura 15 se observa la conexión de la pantalla lcd con el microcontrolador, en la pantalla lcd se visualiza la fecha, la hora, las temporizaciones y las luces que se encuentran encendidas al momento del funcionamiento, además al encender el sistema e iniciar la lcd se muestra la dirección del módulo ZigBee al que se está conectando es decir la identificación del nodo que se comunica a través del módulo ZigBee, además del nombre que se le da al dispositivo ZigBee.

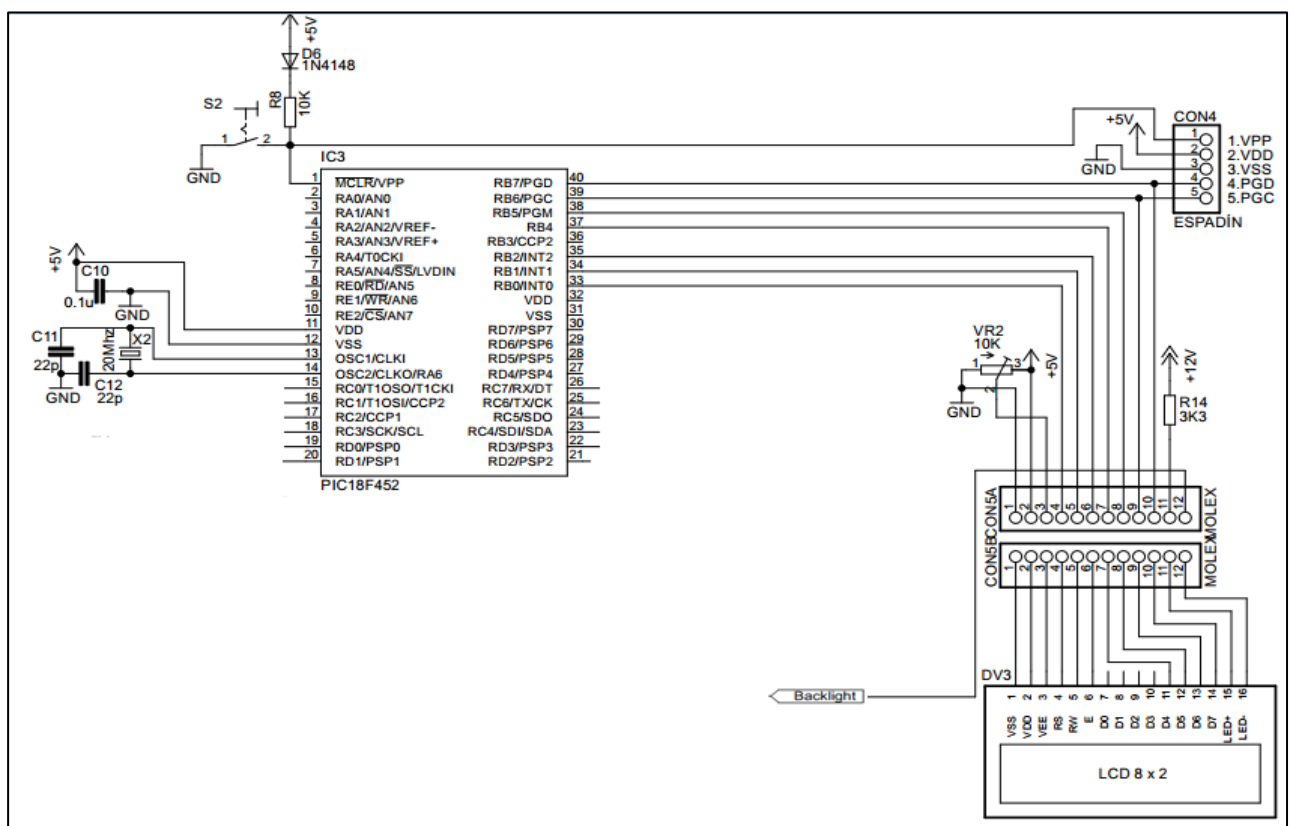


Figura 15. Conexión de la pantalla lcd con el microcontrolador. Fuente: La Autora

## 2.4.2. SUBSISTEMA DE CONFIGURACIÓN

Este subsistema de configuración se basa en un microcontrolador, que permita el manejo de comunicación USB para la administración del sistema mediante la interfaz humana – máquina, en la que se procede a la configuración de los datos del sistema de semafORIZACIÓN.

### 2.4.2.1. Unidad de Procesamiento

Para el procesamiento de datos a través del módulo USB es necesario elegir un microcontrolador que cumpla con las características requeridas para el desarrollo del proyecto y



que además exista disponibilidad en el mercado, entre las particularidades se puede mencionar las siguientes: que el microcontrolador permita trabajar bajo el protocolo USB versión 2.0, que posea el número necesario de entradas/salidas para el control de todo el sistema y que contenga la memoria flash necesaria para el almacenamiento de las instrucciones a ser ejecutadas en el programa. En la tabla 15 se muestra una comparación entre los microcontroladores que manejan las características mencionadas con anterioridad.

**Tabla 15.** Comparación de microcontroladores. **Fuente:** Adaptado de los Datasheet de cada microcontrolador.

Microcontrolador	Memoria Flash	Memoria EEPROM	Memoria SRAM	Librerías PIC CCS	Entradas/Salidas Digitales	Módulo USB	Voltaje de Operación
PIC 18F2455	24 Kbytes	256 bytes	256 bytes	NO	28 pines 3 puertos	Versión 2.0	2v - 5,5 v
PIC 18F2550	32 Kbytes	256 bytes	256 bytes	NO	28 pines 3 puertos	Versión 2.0	2v - 5,5 v
PIC 18F4455	24 Kbytes	256 bytes	256 bytes	SI	40 pines 4 puertos	Versión 2.0	2v - 5,5 v

Como se observa en la tabla anterior los 3 microcontroladores cumplen con el requisito para trabajar bajo USB versión 2.0, la principal diferencia está en la capacidad de almacenamiento de la memoria RAM.

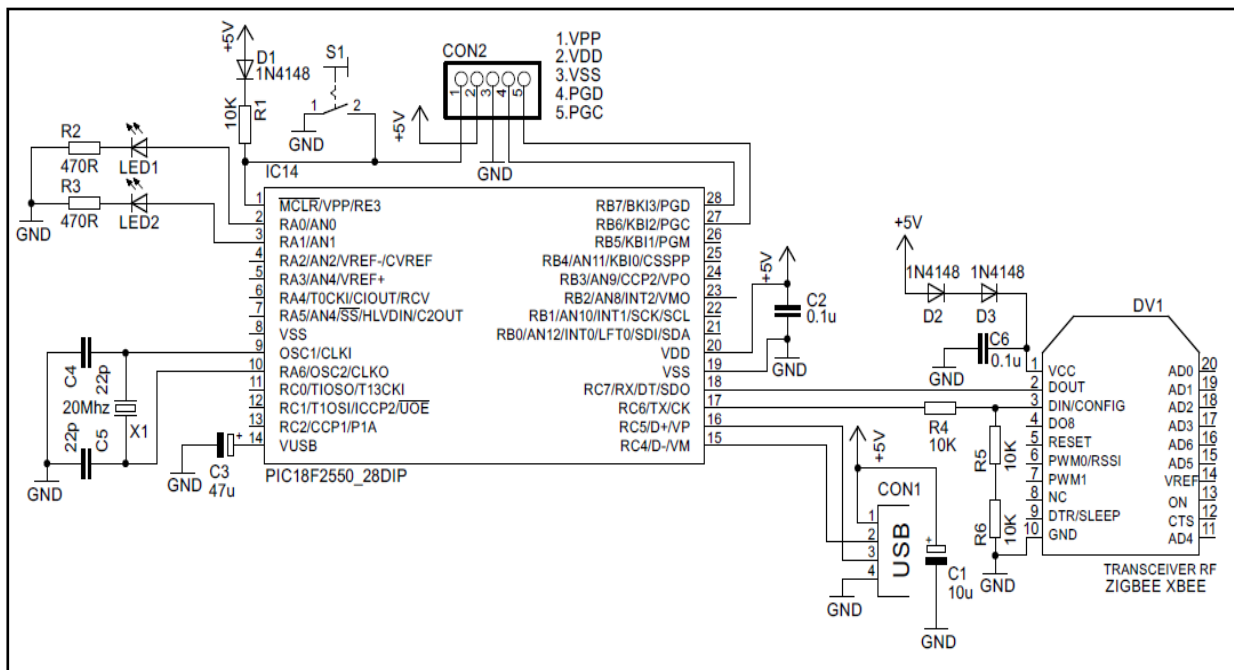
Para el proceso de datos y el manejo de la interfaz humano-máquina se ha seleccionado el microcontrolador PIC18F2550 debido a la comparación realizada anteriormente en la que se puede observar que posee mayor memoria RAM que se necesita para el desarrollo del proyecto, además se seleccionó este microcontrolador por que posee una de las características más importantes que es el de manejar su las librerías de USB para ser programadas a través del software PIC CCS Compiler, lo cual hace que la programación resulte un poco más sencilla.

En el ANEXO E se detallan algunas de las características principales que posee el integrado, las cuales permitieron su elección.

**Tabla 16.** Configuración de los puertos del microcontrolador de procesamiento. **Fuente:** La Autora.

CONFIGURACIÓN DE PUERTOS MICROCONTROLADOR PIC18F2550_28DIP					
	NOMBRE	PIN	E/S	A/D	OBSERVACIÓN
PORTA	RA0/AN0	2	S	D	Led indicador rojo
	RA1/AN1	3	S	D	Led indicador amarillo
	RA2/AN2/VREF-/CVREF	4	-	-	---
	RA3/AN4/VREF+	5	-	-	---
	RA4/T0CKI/CIOUT/RCV	6	-	-	---
	RA5/SS/AN4/HLVDIN/C2OUT	7	-	-	---
	RA6/OSC2/CLKO	10	E	D	Oscilador de 20 MHz.
PORTB	RB0/AN12/INT0/LTF0/SDI/SDA	21	-	-	---
	RB1/AN10/INT1/SCK/SCL	22	-	-	---
	RB2/AN8/INT2/VM0	23	-	-	---
	RB3/AN9/CCP2/VPO	24	-	-	---
	RB4/AN11/KBI0/CSSPP	25	-	-	---
	RB5/KBI1/PGM	26	-	-	---
	RB6/KBI2/PGC	27	E	D	Señal de reloj para la conexión ICSP
RB7/BKI3/PGD	28	E	D	Entrada de datos programación ICSP	
PORTC	RC0/TIOSO/T13CKI	11	-	-	---
	RC1/TIOSI/ICCP2/UOE	12	-	-	---
	RC2/CCP1/P1A	13	-	-	---
	RC3/VUSB	14	-	-	---
	RC4/D-/VM	15	E	D	Entrada externa VM negativa transceptor USB 2.0
	RC5/D+/VP	16	E	D	Entrada externa VP positiva transceptor USB 2.0
	RC6/TX/CK	17	S	D	Transmisión ZigBee Módulo Inalámbrico
RC7/RX/DT/SDO	18	E	D	Recepción ZigBee Módulo Inalámbrico	

En la tabla 16 que se muestra a continuación se describe las conexiones que se desglosan de cada uno de los pines del microcontrolador, además se indican si el pin utilizado es Entrada/Salida y si es Analógico/Digital,



**Figura 16.** Circuito de conexión del microcontrolador PIC 18F2550. **Fuente:** La Autora.

En la Figura 16 se observan las conexiones del microcontrolador descritas en la tabla anterior, para evitar el desmontaje del microcontrolador de la placa base para su reprogramación se cuenta con un circuito que permite la actualización del firmware mediante conexión ICSP<sup>11</sup>.

En dicha figura se observa la conexión de dos diodos LEDs, el diodo LED1 (color Rojo) indica la transmisión o recepción de información, el diodo LED2 (color amarillo) se utiliza para indicar la existencia de portadora cuando se establece la comunicación, utiliza un reloj de 20 MHz y la alimentación de 5 voltios se toma del puerto USB.

La comunicación del puerto USB 2.0 es half-duplex, es decir indican un solo bus de comunicación, es un puerto por voltaje diferencial la diferencia de voltaje entre los dos indica un 0 lógico o un 1 lógico, este voltaje diferencial permite que sea más resistente a la interferencia.

El puerto USB se encuentra conectado a dos señales del módulo que se utilizan para comunicarse y controlar un transceptor externo VP y VM las cuales son entradas de un solo extremo una positiva y la otra negativa respectivamente.

#### **2.4.2.2. Comunicación inalámbrica**

El envío y recepción de datos del sistema de semaforización se lo realiza a través de comunicación inalámbrica, con el fin de utilizar los recursos del trabajo de fin de carrera denominado INTERCONEXIÓN Y SINCRONIZACIÓN INALÁMBRICA DE SEMÁFOROS MEDIANTE REDES WSN BASADOS EN MÓDULOS ZIGBEE, propuesto por Pablo Alejandro Salazar Amuy de la facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas, Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación, es por ello que para realizar la administración del sistema a través de la interfaz se utiliza un módulo

---

<sup>11</sup> ICSP: Circuit Serial Program (Programación Serial sobre el circuito) mediante esta programación permite la actualización del firmware.

ZigBee el cual permite la comunicación entre el computador y el dispositivo de configuración para el funcionamiento de todo el sistema, el módulo que se utiliza es el módulo XBee PRO ZB S2 del fabricante Digi, mismo que se utiliza en el trabajo compartido mencionado anteriormente.

Este módulo se basa en el protocolo ZigBee 802.15.4 estándar IEEE, además proporciona bajo consumo de energía, uso de bandas de radio libres, una instalación simple, redes flexibles además del bajo costo.

Entre las principales características del módulo XBee PRO ZB S2 podemos citar las siguientes mediante la tabla 17.

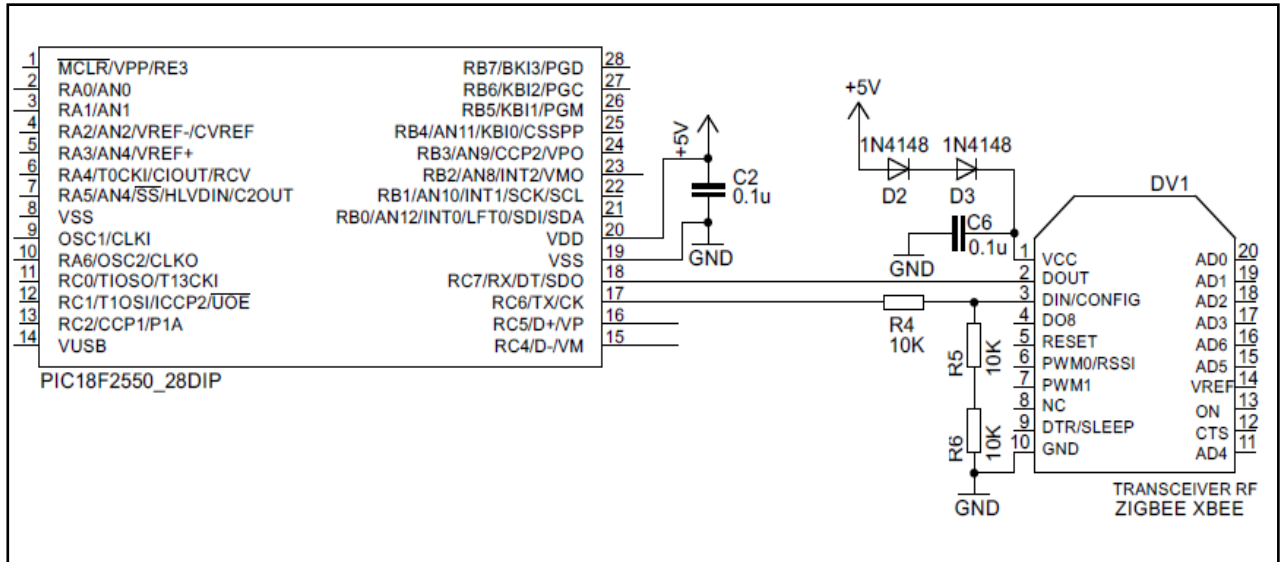
**Tabla 17.** Características del módulo XBee ZB PRO S2. **Fuente:** Adaptado de [ftp://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976\\_F.pdf](ftp://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_F.pdf)

Características del Módulo XBee S2	
Potencia de Transmisión	63mV(+18dbm)
Cobertura en interiores	hasta 90m
Cobertura en exteriores con línea de vista	hasta 3200 m
Voltaje de alimentación	2.7 - 3.8 V
Corriente de transmisión	205 mA.
Corriente de recepción	47 mA.
Corriente en reposo	3.5 mA.
Frecuencia	ISM 2.4 GHz
Opciones de antena	RPSMA, PCB, Integrated Whip, U.FL
Número de canales	15 canales de secuencia directa (11 a 25)
Topología de red	Punto a Punto, Punto - multipunto, Peer to
Velocidad de Datos RF	250 Kbps
Transferencia de datos	hasta 35 Kbps



**Figura 17.** Módulo XBee PRO S2B **Fuente:** <http://www.bricogeeek.com/shop/modulos-radiofrecuencia/229-xbee-pro-63mw-serie-2b-rpsma.html>

Como se puede observar en la Figura 18 se indica la conexión entre el microcontrolador y el módulo ZigBee se lo realiza a través de comunicación serial asincrónica.



**Figura 18.** Conexión del microcontrolador con el módulo XBee PRO S2 **Fuente:** La Autora elaborado en EAGLE. **Fuente:** La Autora.

La alimentación del módulo ZigBee debe ser máximo 3,6 voltios por lo tanto es necesario realizar una fuente reguladora de voltaje ya que todo el circuito maneja un voltaje de 5 V, para lo cual se conecta dos diodos D2 y D3 (1N4148) en serie para reducir el voltaje a 3.6 V, la caída de tensión típica para el diodo 1N4148 es de 0.7 V con lo cual determinamos el voltaje del transceptor mediante la siguiente fórmula indicada en la ecuación 1:

$$V_{ccTransceptor} = V_{DD} - V_{Diodos}$$

$$V_{ccTransceptor} = 5V - 2(0.7V)$$

$$V_{ccTransceptor} = 3.6V$$

**Ecuación 1.** Calculo del voltaje del transceptor.

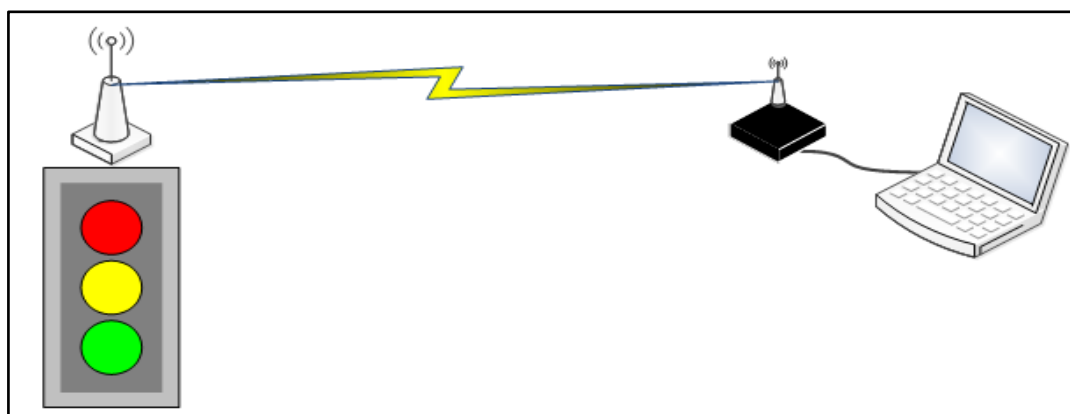
En la fórmula anterior se observa un divisor de voltaje 2/3 formado con tres resistencias R4, R5, y R6 de 10K, con el propósito de ajustar los voltajes de operación del microcontrolador para evitar daños el transceptor, este divisor está calculado mediante la ecuación 2:

$$V_{Rx \text{ ZigBee}} = V_{Tx \text{ Micro}} \left[ \frac{R_4 + R_6}{(R_4 + R_6) + R_5} \right]$$

$$V_{Rx \text{ ZigBee}} = 5.12 \text{ V} \left[ \frac{(10+10) \text{ K}\Omega}{((10+10) + 10) \text{ K}\Omega} \right] = 3.41 \text{ V}$$

**Ecuación 2.** Cálculo del voltaje de entrada al módulo ZigBee

Los datos de configuración y actualización que se envían hacia el semáforo principal son transmitidos a 2400 bps a través de tramas mediante la interfaz humana – máquina, el módulo USB y el enlace inalámbrico con los módulos ZigBee como se observa en la Figura 19.



**Figura 19.** Diagrama de Red para la comunicación entre la PC y el semáforo. **Fuente:** La Autora.

Los datos que se transmiten en la trama están formados por seis campos, cada campo contiene alrededor de 3 bytes de carga útil los cuales son manejados por partes mediante datos hexadecimales, estos datos son transmitidos a 9600 bps.

Todas las tramas se transmiten 3 veces con el fin de evitar que exista la pérdida de alguna de ellas, por lo que se maneja como mecanismo de seguridad este reenvío de trama y así no tener pérdida de información.

A continuación se detallan las tramas que se envían desde el dispositivo USB mediante la interfaz Labview hasta el microcontrolador del dispositivo del semáforo principal.

- **Trama entre Labview – microcontrolador:** Esta trama sirve para la configuración en un día y hora específico, como se puede observar en la figura 20 es necesario que esta indique específicamente un solo día de la semana y la hora.

L	1	0	0	\$
---	---	---	---	----

**Figura 20.** Trama para envío de información entre Labview – microcontrolador. **Fuente:** La Autora

A continuación se muestra la Tabla 18 en la que se indican el significado de cada uno de los campos que componen la trama.

**Tabla 18.** Campos de trama de configuración de día y hora. **Fuente:** La Autora.

Campos de la trama	
Lectura de configuración	L
Días de la semana	1: Domingo
	2: Lunes
	3: Martes
	4: Miércoles
	5: Jueves
	6: Viernes
	7: Sábado
Horas del día	van desde las 0 hasta las 23 horas
\$	Fin de trama

- **Trama microcontrolador – Labview:** La trama que se envía es de configuración de los modos de trabajo el semáforo, como se observa en la figura 21 los campos de la trama contienen un identificador con el cual se diferencia los datos que se envían a través de la misma.

A	B	R	M	V	O
---	---	---	---	---	---

**Figura 21.** Trama de Selección del modo de trabajo. **Fuente:** La Autora



**Tabla 19.** Recepción de datos de la trama de selección de modo de trabajo. **Fuente:** La Autora

Campos de la Trama		
Identificador de día a modificar	<b>A</b>	<b>1:</b> Domingo <b>2:</b> Lunes <b>3:</b> Martes <b>4:</b> Miércoles <b>5:</b> Jueves <b>6:</b> Viernes <b>7:</b> Sábado
Identificador de hora a modificar	<b>B</b>	comprende de las 00 horas hasta las 23 horas
Identificador de tiempo del estado en Rojo del semáforo	<b>R</b>	Periodo de Rojo de 00 a 99
Identificador de tiempo del estado en Amarillo del semáforo	<b>M</b>	Periodo de Amarillo de 00 a 99
Identificador de tiempo del estado en Verde del semáforo o duración del ciclo de trabajo	<b>V</b>	Periodo de Verde de 00 a 99 y del ciclo de trabajo
Identificador del modo de trabajo del semáforo	<b>O</b>	<b>0:</b> Modo Normal <b>1:</b> Intermitente Rojo <b>2:</b> Intermitente Amarillo <b>3:</b> Intermitente Rojo – Amarillo <b>4:</b> Intermitente Amarillo – Rojo <b>5:</b> Constante Rojo <b>6:</b> Constante Amarillo <b>7:</b> Constante Rojo – Amarillo <b>8:</b> Constante Amarillo Rojo <b>9:</b> Apagado

Mediante la tabla 19 se indican el significado de cada uno de los campos que conforman esta trama de Selección del modo de trabajo.

- **Trama de configuración de fecha:** Como su nombre lo indica esta trama que se envía configura la fecha es decir el día, el mes, el año y además la hora incluidos los minutos y segundos.

<b>E</b>	<b>1</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>A</b>	<b>\$</b>
----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------

**Figura 22.** Trama de configuración de fecha. **Fuente:** La Autora.

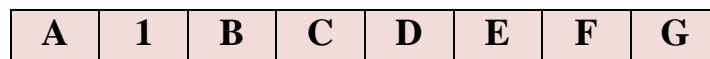
La Tabla 20 indica lo que contiene cada uno de los campos que se envían desde Labview al microcontrolador para la configuración y actualización de hora y fecha.

**Tabla 20.** Recepción de datos de la trama de fecha. **Fuente:** La Autora.

<b>Campos de la Trama</b>	
Escritura de Configuración	<b>E</b>
Ajuste del reloj Interno del semáforo RTC	<b>1</b>
Horas	<b>00 - 23:</b> desde 00 a 23 horas
Minutos	<b>00 - 59:</b> desde 00 a 59 minutos
Segundos	<b>00 - 59:</b> desde 00 a 59 segundos
Día de la semana expresado en números	<b>01 - 31:</b> día del me desde 1 a 31
Mes	<b>01 - 12:</b> de Enero a Diciembre
Año	<b>01 - 99:</b> del 2000 a 2099
	<b>1:</b> Domingo
	<b>2:</b> Lunes
	<b>3:</b> Martes
Día de la semana expresado en letras	<b>4:</b> Miércoles
	<b>5:</b> Jueves
	<b>6:</b> Viernes
	<b>7:</b> Sábado
Fin de trama	<b>\$</b>

- **Trama de envío de hora actual del semáforo:** esta trama es enviada desde el microcontrolador hacia la interfaz gráfica de Labview, la cual permite saber la hora en la que se encuentra el semáforo es decir la hora que está manejando el RTC.

- 

**Figura 23.** Trama de hora actual del reloj del semáforo. **Fuente:** La Autora.

En la Figura 23 se muestran los campos que envía la trama los cuales indican en qué hora se encuentra el semáforo es decir la hora en la que se encuentra el RTC.

En la Tabla 21 se describen cada uno de ellos que es lo que se envía a través del microcontrolador.

**Tabla 21.** Recepción de datos de la trama de reloj. **Fuente:** La Autora.

<b>Campos de la Trama</b>		
Respuesta a petición	A	
Identificador de día de la semana a modificar	1	1: Domingo 2: Lunes 3: Martes 4: Miércoles 5: Jueves 6: Viernes 7: Sábado
Identificador de hora a modificar	B	Comprende de las 00 horas hasta las 23 horas
Identificador de minutos a modificar	C	Comprende de las 00 min hasta 59 min.
Identificador de segundos a modificar	D	Comprende de las 00 seg. hasta 59 seg.
Identificador de día del mes a modificar	E	A partir del primer día del mes 1 hasta el ultimo día 31
Identificador del mes a modificar	F	Desde Enero a Diciembre
Identificador del año a modificar	G	a partir del año 2000 hasta el año 2099

### 2.4.2.3. Interfaz Humano – Maquina

La interfaz humano – máquina (HMI) comprende la interfaz gráfica que maneja el dispositivo de semaforización, esta interfaz está desarrollada en el software Labview, este software está diseñado para desarrollar aplicaciones de pruebas, control y monitoreo.

La HMI mediante la interfaz gráfica permite configurar los modos de funcionamiento de las fases del semáforo, la hora, fecha, además de varias funciones como son: resetear el dispositivo, guardar valores en la base de datos y en microcontrolador, leer valores tanto de la base de datos como del microcontrolador, simular el funcionamiento del encendido y apagado de las luces del semáforo de acuerdo a la configuración del modo, verificar la información que se encuentra almacenada en el microcontrolador, sincronizar reloj de la PC con el reloj del dispositivo, y finalmente permite la sincronización de semáforos.

### 2.4.3. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

El subsistema de respuesta abarca la interfaz de potencia para el control de encendido y apagado de las luces del semáforo, es decir que la información que procesa el microcontrolador se envía a través de señales digitales para posteriormente ser visualizadas a través de este subsistema.

#### 2.4.3.1. Interfaz de potencia

Para manejar el subsistema de respuesta es necesario utilizar un driver de potencia que permita obtener la tensión necesaria para los SSR<sup>12</sup> los cuales realizan el encendido y apagado de las luces, para elegir este driver se realiza a continuación una comparación de dos integrados el ULN2803 y ULN 2001, con el fin de determinar el más idóneo para la realización del proyecto, los dos dispositivos cumplen con la principal función de activar los SSR.

**Tabla 22.** Comparación de drivers de potencia. **Fuente:** Adaptado del Datasheet de cada uno de los integrados.

Características	Integrado	
	ULN 2001	ULN 2803
Voltaje de entrada	30 V.	30 V.
Voltaje de salida	50 V.	50 V.
Corriente continua en colector	500 mA.	500 mA.
Corriente continua en la base	25 mA.	25 mA.
Rango de temperatura de ambiente	-20 a 85 °C	0 a 70 °C
Rango de temperatura de retención	-55 a 150 °C	-55 a 150 °C
Arreglo Darlington	empaqueta 7 transistores NPN por paquete	empaqueta 8 transistores NPN por paquete

Como se puede observar en la tabla 22 cualquiera de los dos integrados pueden utilizarse en el desarrollo del proyecto, pero se ha optado por el driver ULN2803 ya que tiene una característica que difiere del otro que es el empaquetado de transistores de arreglo Darlington y además es de menor costo.

<sup>12</sup> **SSR:** Solid State Relay (Relé de Estado Sólido)

El ULN 2803 es un array de buffer de potencia el cual se utiliza como interface para ajustar señales digitales de baja intensidad de tal modo que puedan mover componentes que requieren mayor voltaje e intensidad, a continuación se indica algunas de las características principales de este integrado:

- Voltaje de entrada de 30 Voltios.
- Voltaje salida de 50 voltios.
- Corriente continua del colector de 500mA.
- Corriente continua de la base 25mA.

En la Figura 24 se observa la conexión del integrado ULN 2803 con el microcontrolador, cuando el microcontrolador envía 0 voltios en sus salidas este integrado coloca alta impedancia o desconexión y para 5 voltios que manda el microcontrolador este coloca tierra en sus salidas, esta parte del subsistema es la conexión entre la parte lógica del dispositivo y el segmento de potencia, es decir mediante este circuito se previene los daños en la parte lógica del dispositivo por incremento de voltaje.

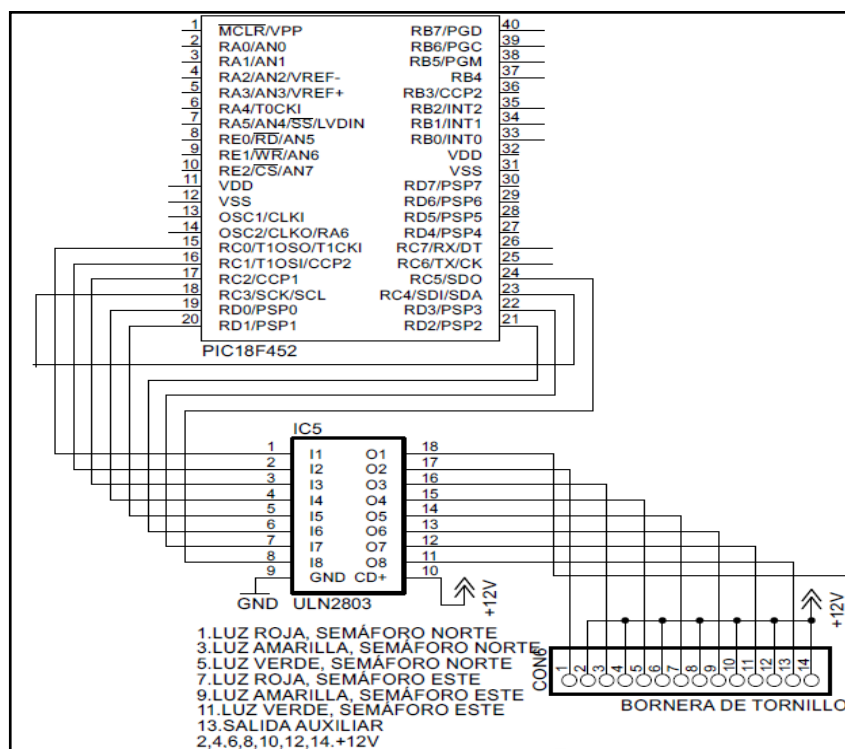


Figura 24. Conexión del integrado de potencia ULN 2803 para el manejo de los SSR. Fuente: La Autora.

### 2.4.3.2. Relevadores de estado solido

Al integrado ULN2803 van conectados los SSRs D4840 mediante borneras como se indica en la Figura 24, estos SSRs consumen lo que consume un led, es decir su consumo de potencia es relativamente bajo, los SSRs utilizados en el proyecto son para corriente alterna de 40 A y las protecciones de estos dispositivos se basan en redes snubber<sup>13</sup> a través de una resistencia en paralelo con un condensador.

A continuación se enumeran ciertas ventajas de los SSRs que han llevado a su utilización en el proyecto.

- Posee una gran resistencia al choque de vibraciones.
- Vida de trabajo óptima.
- Facilidad de mantenimiento.
- Frecuencia de conmutación elevada.
- Proporcionan un funcionamiento silencioso.
- No poseen contactos móviles que presenten rebotes o se desgasten con el uso.
- Los SSRs no se ven afectados por los campos electromagnéticos.



**Figura 25.** Relevadores de estado sólido. **Fuente:** Fotografía tomada a los SSRs.

En la Figura 25 se observa los SSRs utilizados en el proyecto de semaforización los cuales son para corriente alterna, la corriente de carga es de 40 A, la tensión de carga de voltaje de salida se encuentra entre 24 - 480vac, la temperatura del ambiente que soporta está en un rango de -30 a 80 grados centígrados y estos SSRs trabajan a una frecuencia de 60Hz.

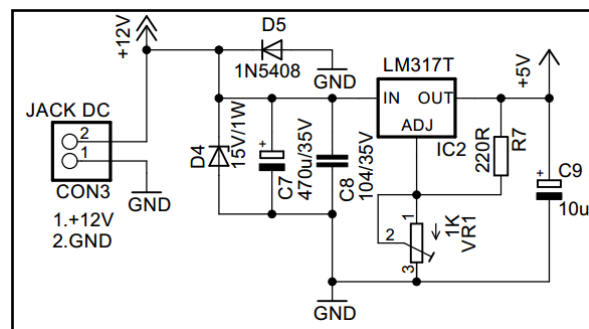
<sup>13</sup> **Redes snubber:** Son redes de protección que se utilizan para proteger los elementos activos de sobre tensiones producidas por cargas inductivas, se conecta en paralelo con el dispositivo que se desee proteger.

Finalmente para terminar este subsistema de respuesta se conectan las luces del semáforo a los relevadores de estado sólido para así visualizar la culminación del proyecto total.

#### 2.4.4. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El subsistema de alimentación cuenta con un regulador de voltaje LM317, este regulador maneja un rango de voltaje de salida que va desde 1,25 hasta 37 voltios, es un regulador variable al cual se le puede configurar el voltaje exacto con el que se desee trabajar a través de un potenciómetro, entre sus características principales podemos mencionar la protección por cortocircuito es decir cuando existe exceso de consumo de corriente se protege y se apaga.

Este regulador transforma la corriente alterna tomada desde la línea de baja tensión de 110 v a 12 voltios de corriente continua (DC), finalmente y para la alimentación del sistema se utilizan 5 voltios para lo cual se utiliza un circuito de regulación de voltaje.



**Figura 26.** Circuito de regulador de voltaje para alimentación de 5v. **Fuente:** La Autora.

Como se observa en la Figura 26 existe un diodo zener para este caso D4 el cual sirve de protección al circuito de variaciones de voltaje, a través de este circuito se filtra la señal de tal manera que se evita el paso de frecuencias altas las cuales pueden causar interferencia el trabajo del microcontrolador.



#### **2.4.4.1. Fuentes conmutadas**

Las fuentes de alimentación conmutada utilizan transformadores que trabajan a 50/60 Hz en el caso de nuestro país trabajan a una frecuencia de 60Hz, este tipo de fuentes operan directamente por el lado de alta tensión con un rendimiento del 70 % y 80%, además son fuentes de bajo costo y volumen que utilizan pocos componentes que brindan mayor confiabilidad.

Las fuentes conmutadas disipan menor energía y son capaces de proporcionar voltajes de salida mayores o menores al voltaje de entrada, las fuentes proporcionan protecciones las que se mencionan a continuación:

- Sobrecargas
- Interferencias E.M.I
- Picos de corriente
- Perdidas en conmutación
- Sobretensiones en las salidas
- Arranque lento.

Las fuentes conmutadas básicamente constan de dos bobinas que se encuentran totalmente aisladas una de las bobinas conocida como primaria es la que recibe la corriente de entrada y la induce electromagnéticamente a la segunda bobina que es la que entrega la tensión reducida.

Las fuentes de alimentación conmutadas constan de un circuito rectificador de entrada, un circuito oscilador de frecuencia, un transformador chopper, un circuito de rectificación de salida para cada una de las bobinas del transformador y estabilizadores de tensión en cada salida para evitar las fluctuaciones de voltaje en el dispositivo.

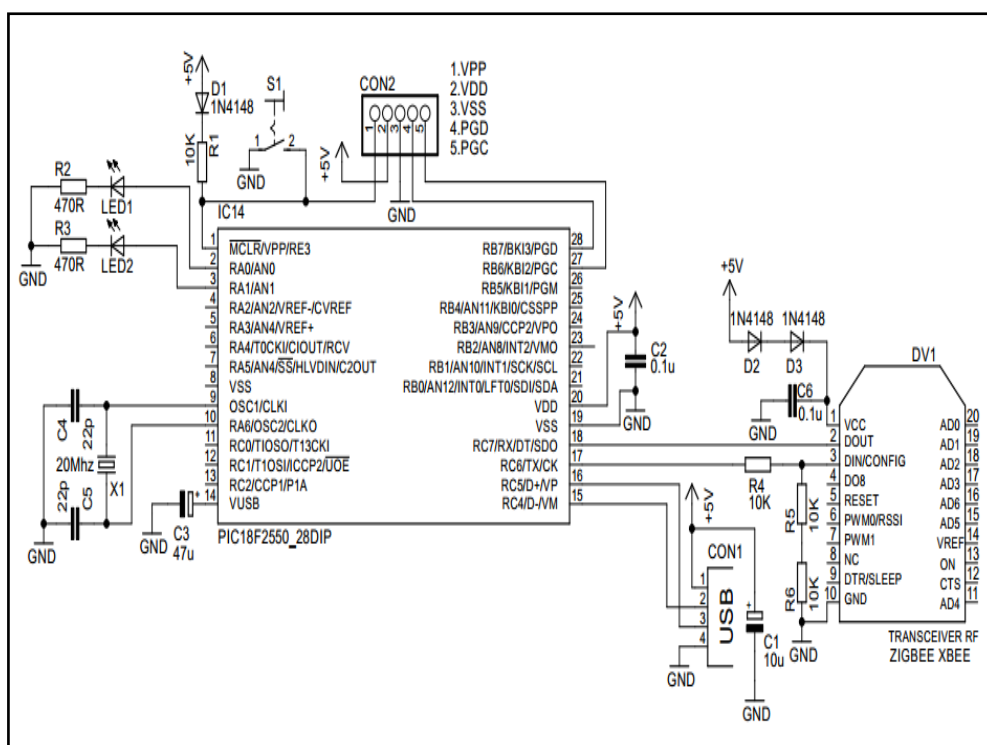
En la Figura 27 se indica la fuente utilizada en la realización del proyecto esta fuente trabaja a 50Hz, es para uso interno, voltaje de entrada de 100 – 240 VAC, y salida 12V – 3A, modelo 1N-12V-36W-240V.



**Figura 27.** Fuente de alimentación Conmutada. **Fuente:** Fotografía tomada a la fuente a utilizar

## 2.5. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL.

A continuación se muestran mediante las Figuras 28 y 29 los diagramas esquemáticos generales los cuales asocian todos los subsistemas descritos anteriormente, además de ciertos elementos electrónicos que se utilizan para el funcionamiento del hardware, y elementos que se utilizan para la implementación física del dispositivo tales como conectores, borneras, etc.. Los diagramas se realizan con la ayuda del simulador Proteus Professional v6.



**Figura 28.** Diagrama General del circuito módulo USB **Fuente:** La Autora

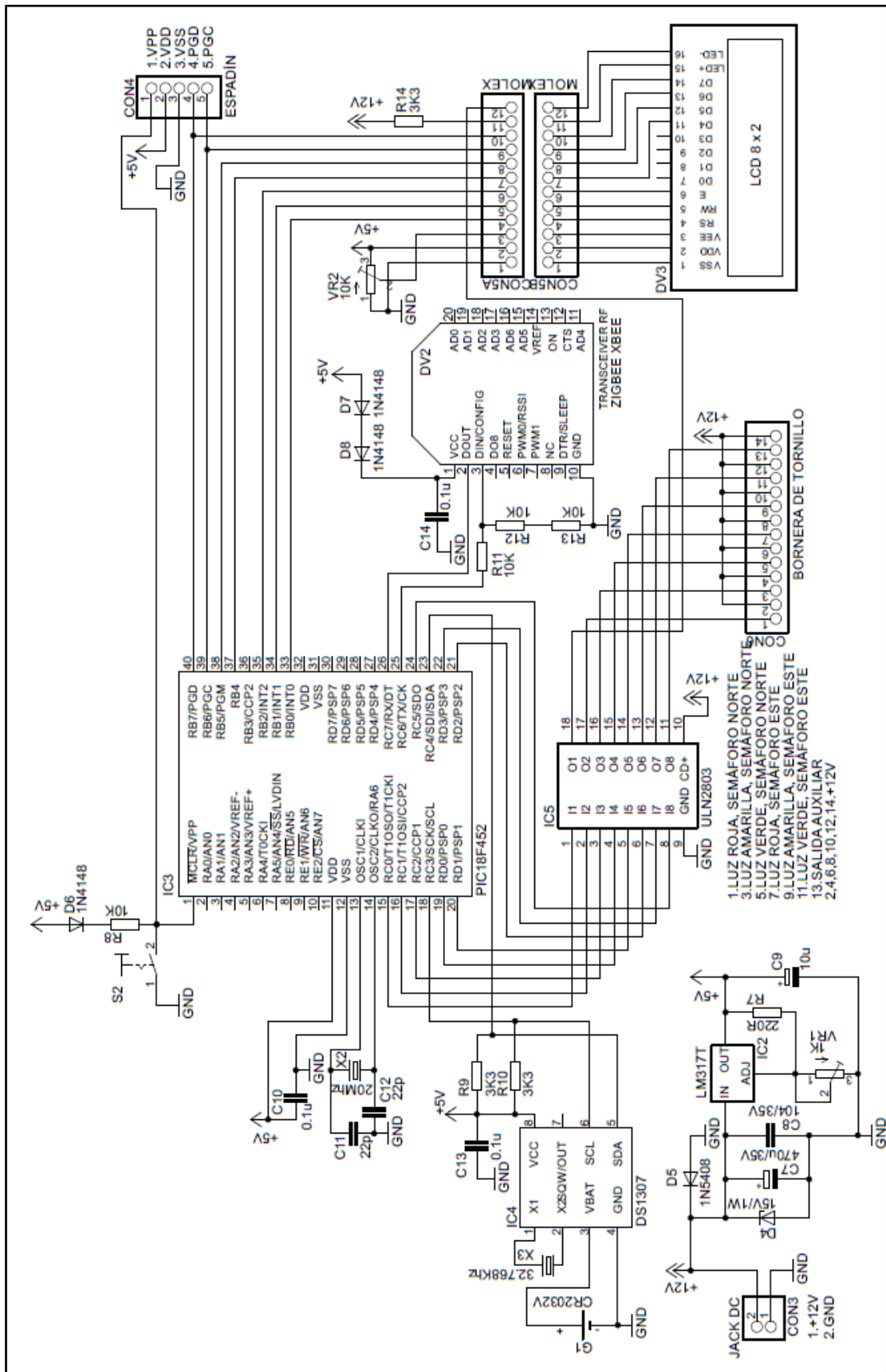


Figura 29. Diagrama esquemático General del Circuito. Fuente: La Autora

## **2.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FIRMWARE.**

A continuación se presenta la descripción del firmware la cual abarca el lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo del sistema, el compilador y finalmente el firmware del microcontrolador, el cual incluye las instrucciones de máquina que controlan el hardware del dispositivo.

### **2.6.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.**

Actualmente en lo que respecta a la programación de microcontroladores en cualquier marca y tipo, se utiliza los compiladores en lenguaje C, al lenguaje C se lo considera como un lenguaje de nivel intermedio ya que incorpora muchos elementos propios del ensamblador, además que permite utilizar estructuras de datos entre otras características La Autoras de los lenguajes de alto nivel.

La utilización del lenguaje C en el desarrollo de programas para microcontroladores proporciona una alternativa muy interesante debido a su rapidez, facilidad y portabilidad, a continuación se indican algunas de las ventajas del uso de este lenguaje:

- Fácil mantenimiento de programas.
- Fácil de programar pues contiene un conjunto de operadores, datos y comandos lo que permite que el tiempo de desarrollo sea menor al empleado con un lenguaje ensamblador.
- Permite desarrollar un sin número de programas estructurados mediante bloques, funciones y procedimientos.

El lenguaje C incorpora el uso de constructores de alto nivel así como la posibilidad de poder manejar actividades de bajo nivel y generar programas eficientes gracias al uso extensivo de llamadas a funciones y a la utilización de comando breves a través del lenguaje estructurado.

### **2.6.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COMPILADOR PCW CCS**

Para el desarrollo del firmware del microcontrolador se utiliza el compilador<sup>14</sup> PCW CCS basado en lenguaje C el cual permite generar un código máquina compacto y eficiente para la inicialización de periféricos internos y externos de los microcontroladores PIC.

El compilador CCS contiene alrededor de 307 funciones integradas que simplifican el acceso al hardware del microcontrolador tales como: temporizadores y módulos PWM, conversores Análogo/Digital, controladores de pantallas LCD, entre otros.

Para el manejo del hardware de los dispositivos externos este compilador incluye bibliotecas y librerías, es decir pequeños programas que funcionan de interfaz entre el dispositivo hardware el programa que se desarrolla, las librerías existentes están diseñadas de acuerdo a la familia de microcontroladores.

### **2.6.3. FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR DE PROCESAMIENTO**

A continuación se presentan la descripción del programa principal y de las subrutinas desarrolladas para la ejecución del sistema así como los diagramas de flujo.

#### **2.6.3.1. Programa principal.**

El diagrama de flujo presentado en la Figura 30 detalla el funcionamiento del programa principal, este abarca en su mayoría las subrutinas e interrupciones que realizan las operaciones respectivas para el funcionamiento de todo el proyecto.

---

<sup>14</sup> **Compilador:** Aplicación que se encarga de traducir el lenguaje de alto nivel al código de máquina para una determinada estructura.

El programa principal que administra el microcontrolador se basa en una máquina de estados, es decir permite realizar un cambio de estado de ejecución de alguna acción, condición o evento.

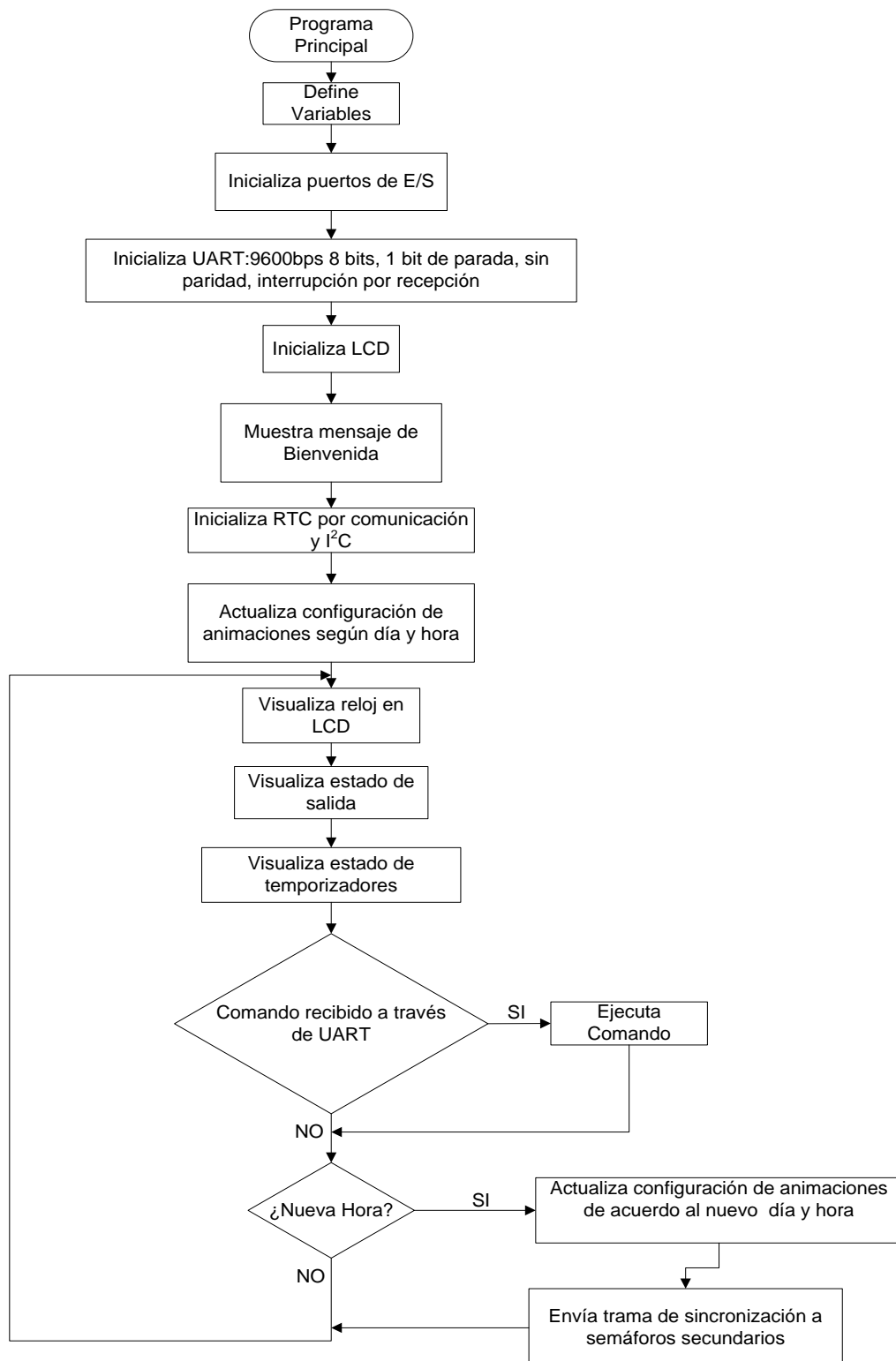
El programa principal inicializa las variables y registros necesarios para seguidamente proceder a la configuración de los módulos internos del microcontrolador y a la activación de las interrupciones, para la inicialización del reloj en tiempo real (RTC) el microcontrolador maneja comunicación I<sup>2</sup>C y además permite la visualización del funcionamiento del proyecto a través de una pantalla LCD,

Para el envío y recepción de comandos que se realiza de forma inalámbrica hacia el microcontrolador se utiliza comunicación serial asincrónico UART<sup>15</sup>, la misma que activa las interrupciones con las que esta trabaja, los parámetros que se configuran dentro de la comunicación UART son los siguientes:

- **Módulo UART:** 9600bps, 8 bits, 1 bit de parada, sin paridad, interrupción por recepción de 1 byte.
- **Comunicación Inalámbrica:** 2400 bps, 8 bits, 1 bit de parada, sin paridad, interrupción por recepción de 1 byte.
- El desbordamiento del timer se lo realiza cada 100ms a través de interrupción por desbordamiento.

---

<sup>15</sup> **UART:** Transmisor-Receptor Asincrónico Universal (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)



**Figura 30.** Diagrama de flujo del Programa Principal del microcontrolador. **Fuente:** La Autora.

Toda acción que realice el microcontrolador en el programa principal, lo realiza mediante las rutinas especiales configuradas en el mismo, las cuales inician con la configuración de puertos E/S hasta la configuración del manejo de encendido y apagado de las luces del semáforo.

### **2.6.3.2. Subrutinas**

Como se mencionó anteriormente el programa principal maneja una serie de subrutinas para la realización de determinadas funciones las cuales se describen a continuación.

#### *2.6.3.2.1. Subrutina de encendido y apagado de las luces del semáforo*

Esta subrutina permite realizar el encendido y apagado de las tres luces del semáforo es decir de la luz roja, verde y amarilla la cual se ejecuta en la interrupción por desbordamiento del Timer1, el estado de las salidas del microcontrolador ya sean activadas o desactivadas se almacenan en la memoria RAM del integrado para luego ser visualizadas en la pantalla LCD de acuerdo al cambio de estado de las luces.

A continuación se indica en la Figura 31 el diagrama de flujo acerca del funcionamiento de la subrutina descrita anteriormente.



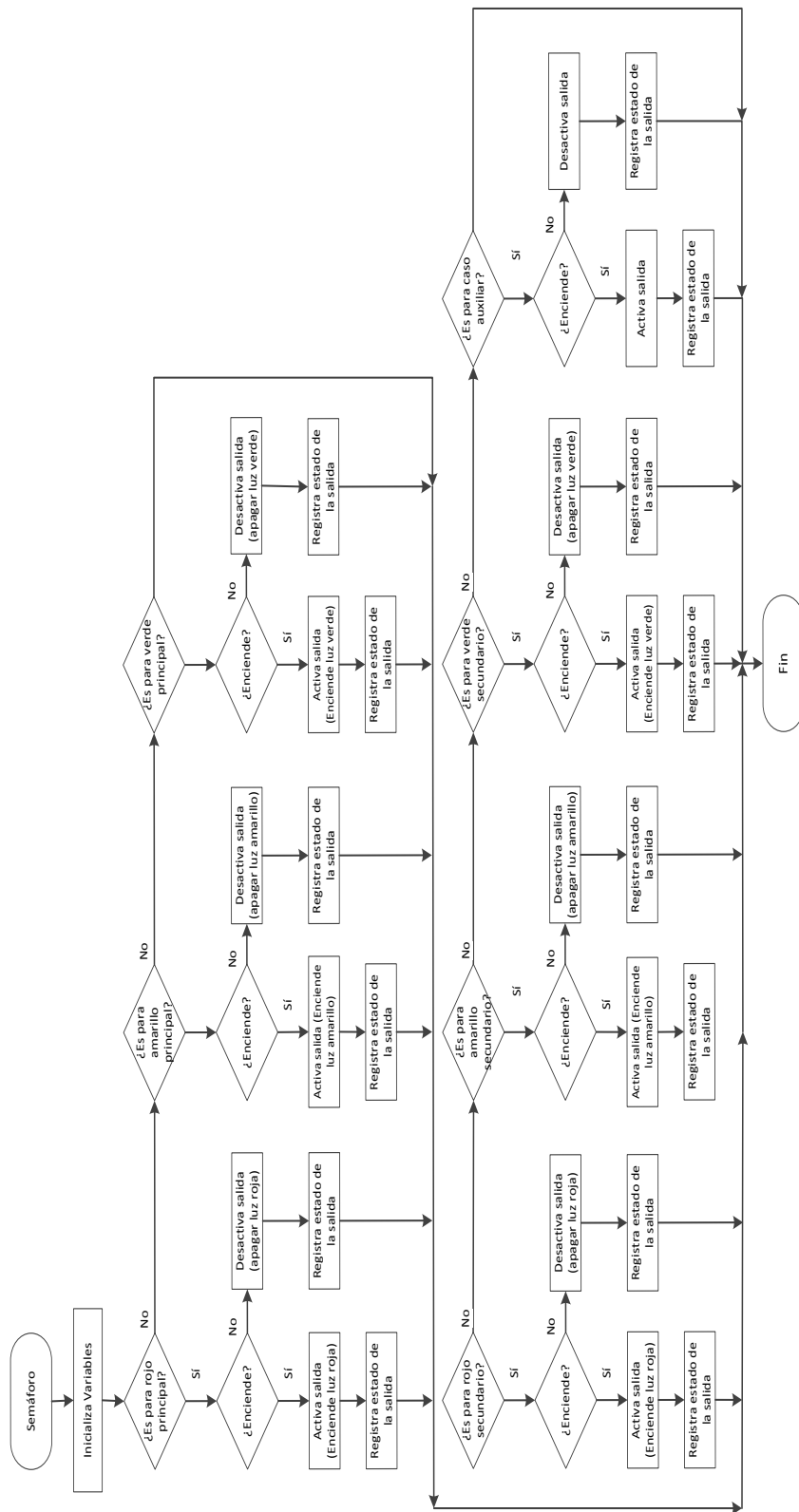
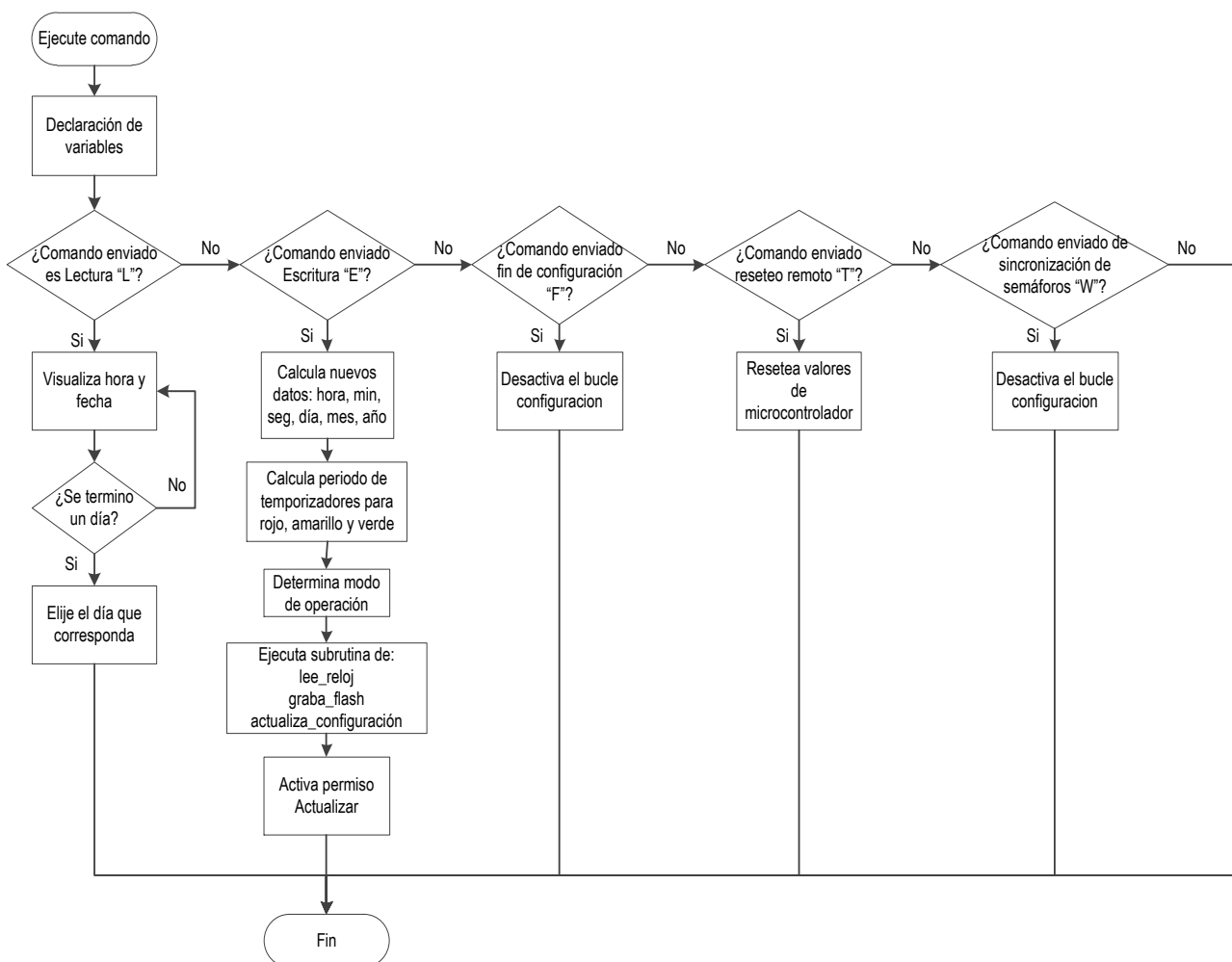


Figura 31. Subrutina para el cambio de estado de las luces del semáforo. Fuente: La Autora.

### 2.6.3.2.2. Subrutina para ejecutar comandos

En la Figura 32 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina ejecuta comando mediante la cual se maneja los comandos de lectura, escritura, configuración, reseteo del microcontrolador y sincronización semáforos, los cuales permiten realizar ciertos cambios en el funcionamiento del sistema de semaforización, además realiza cierto procesamiento de datos para determinar los tiempos de temporización para las luces del semáforo.

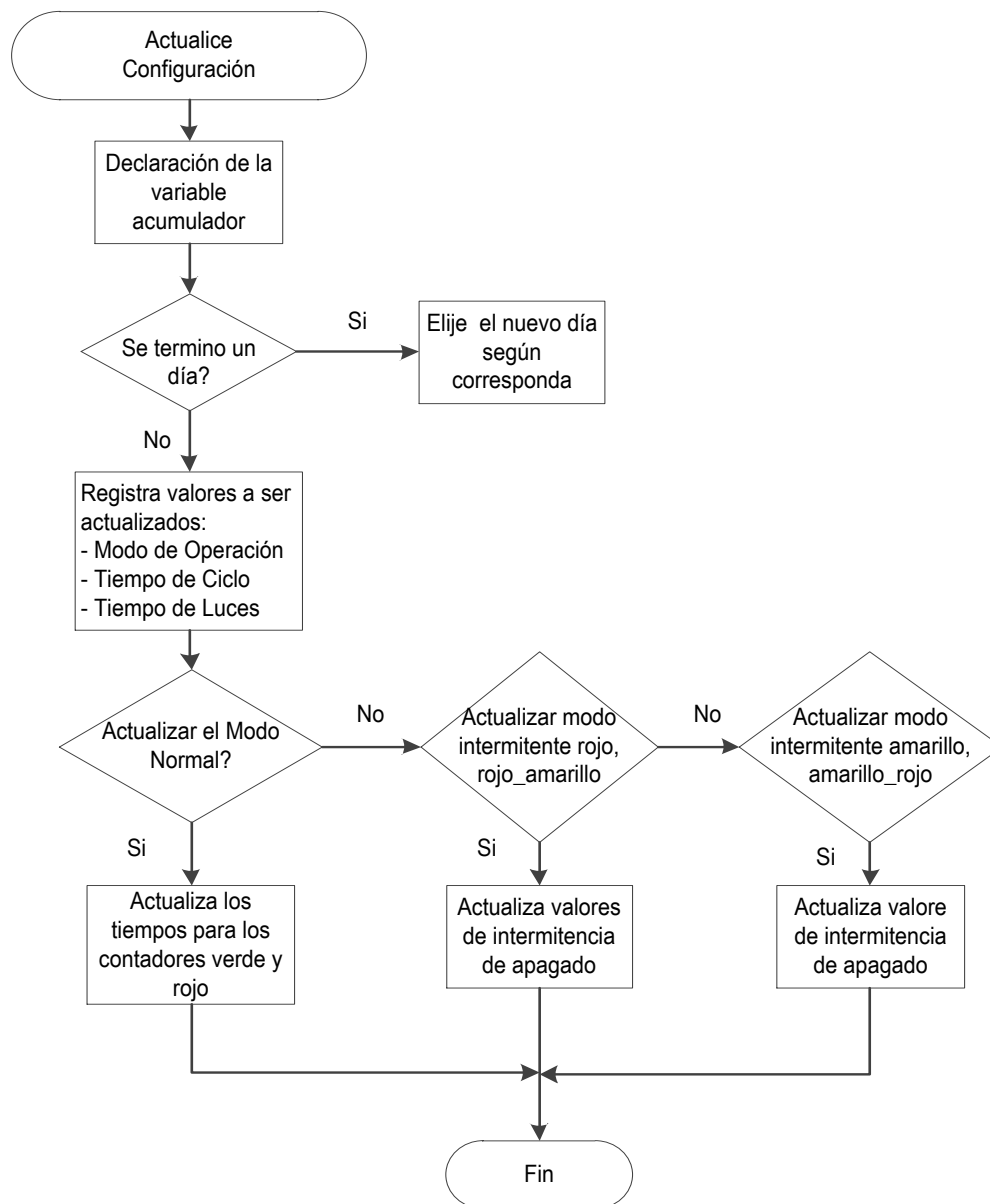
Esta subrutina admite la activación de permiso de actualización el cual se utiliza dentro de la interrupción por desbordamiento del Timer1.



**Figura 32.** Subrutina de ejecución d comandos. **Fuente:** La Autora.

### 2.6.3.2.3. Subrutina para actualizar configuración de estados.

Dentro de esta subrutina se maneja las actualizaciones y modificaciones de cada uno de los modos de operación de encendido y apagado de las luces del semáforo, es decir que para el modo normal que es el modo en el que trabaja cualquier tipo de semáforo manejando sus tres luces, se determina el cambio de los valores tanto para verde principal y rojo principal el resto de valores para las demás luces secundarias se calculan automáticamente, con respecto al color amarillo este permanece con un periodo constante de 3 segundos.



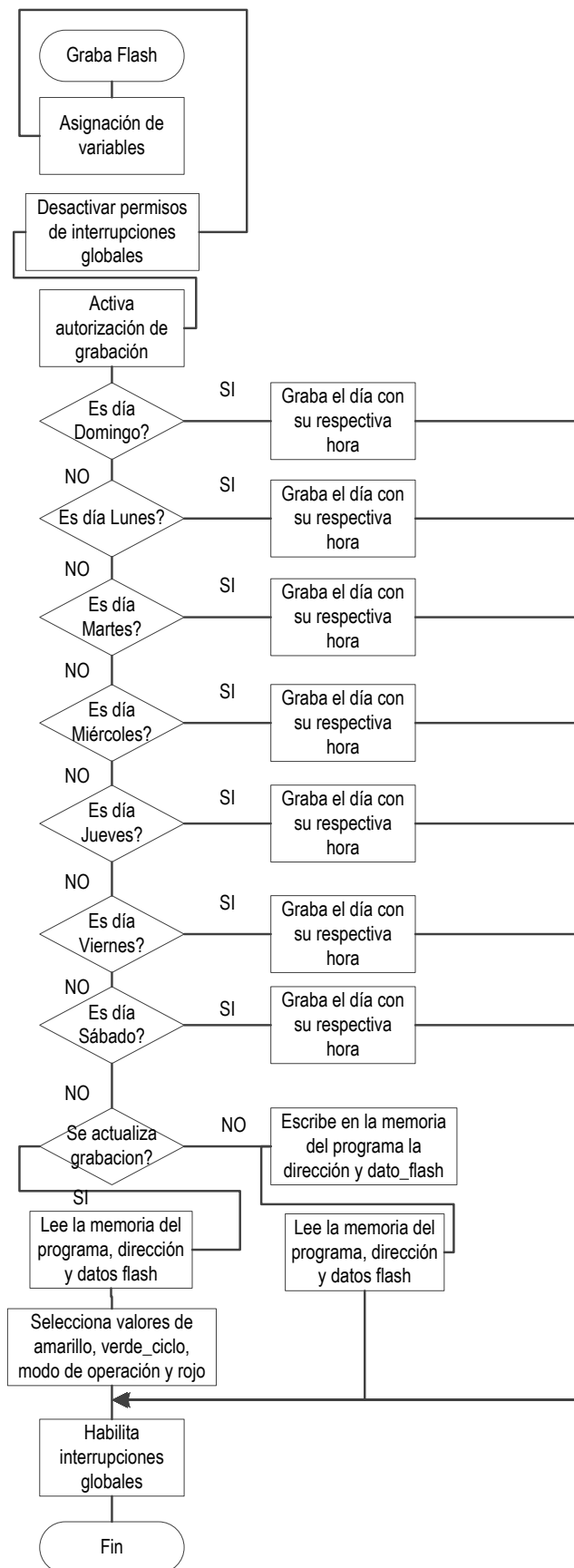
**Figura 33.** Subrutina de actualización de configuración. **Fuente:** La Autora.

Dentro del modo de intermitencia lo que realiza esta subrutina es establecer los valores en el que permanecerá apagado la luz del semáforo para luego volver a encenderse, los tiempos del amarillo al igual que los de rojo pueden ser configurados igual que los demás tiempos, en la Figura 33 se puede observar lo descrito anteriormente.

Además esta subrutina permite la actualización de la fecha, es decir actualiza cuando ha terminado el día y establece el día en el que se encuentra que puede ser: Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado o Domingo.

#### *2.6.3.2.4. Subrutina graba flash*

En la Figura 34 se presenta a continuación un pequeño programa para grabar en la memoria flash los días de la semana y la hora en la que van a ser visualizados posteriormente, además de los valores y variables que son amarillo, verde\_ciclo, rojo y modo de operación.



**Figura 34.** Subrutina graba flash. **Fuente:** La Autora

### 2.6.3.3. Interrupciones

Dentro de las interrupciones del programa podemos mencionar la interrupción por desbordamiento del Timer1 y la interrupción para recepción del dato mediante módulo UART.

#### 2.6.3.3.1. Interrupción por desbordamiento del Timer1

El Timer1 se encuentra configurado para establecer una interrupción en su desbordamiento de 100ms, dentro de este programa la interrupción espera un conteo de 10 sucesos de interrupción para dar como resultado 1 segundo, además en esta interrupción se establece los modos de operación del semáforo como se indica en la Figura 35.

Mediante la siguiente Tabla 23 se describe los modos de operación en los cuales trabajara el semáforo.

**Tabla 23.** Modos de Operación del semáforo. **Fuente:** La Autora.

Modo de Operación	Descripción del modo	Luces que trabajan en el Semáforo	
		S. Principal	S. Secundario
Modo Normal	Es el modo en el que trabaja cualquier semáforo utilizando los cambios de estado de las tres luces.	Rojo	Rojo
		Amarillo	Amarillo
		Verde	Verde
Modo Intermitente	Intermitente rojo	Rojo intermitente	Rojo Intermitente
	Intermitente amarillo	Amarillo Intermitente	Amarillo Intermitente
Modo Intermitente Combinado	Intermitente rojo-amarillo	Rojo intermitente	Amarillo Intermitente
	Intermitente amarillo-rojo	Amarillo Intermitente	Rojo Intermitente
Modo Constante	Constante Rojo	Rojo constante	Rojo constante
	Constante Amarillo	Amarillo constante	Amarillo constante
Modo Constante Combinado	Constante Rojo-Amarillo	Rojo constante	Amarillo constante
	Constante Amarillo-Rojo	Amarillo constante	Rojo constante
Apagado	Modo en el cual las luces del semáforo se encuentran apagadas	Apagado	Apagado

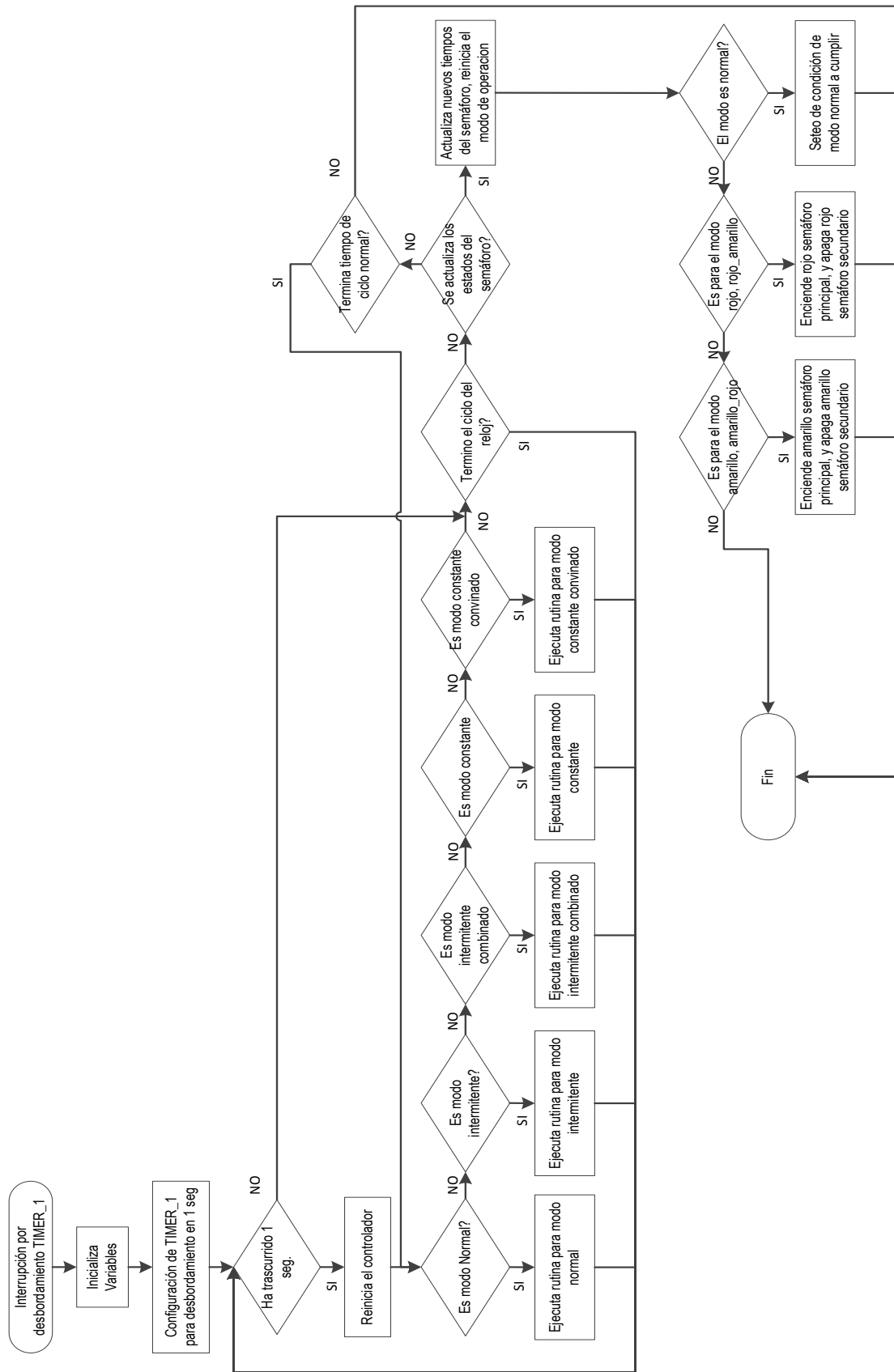
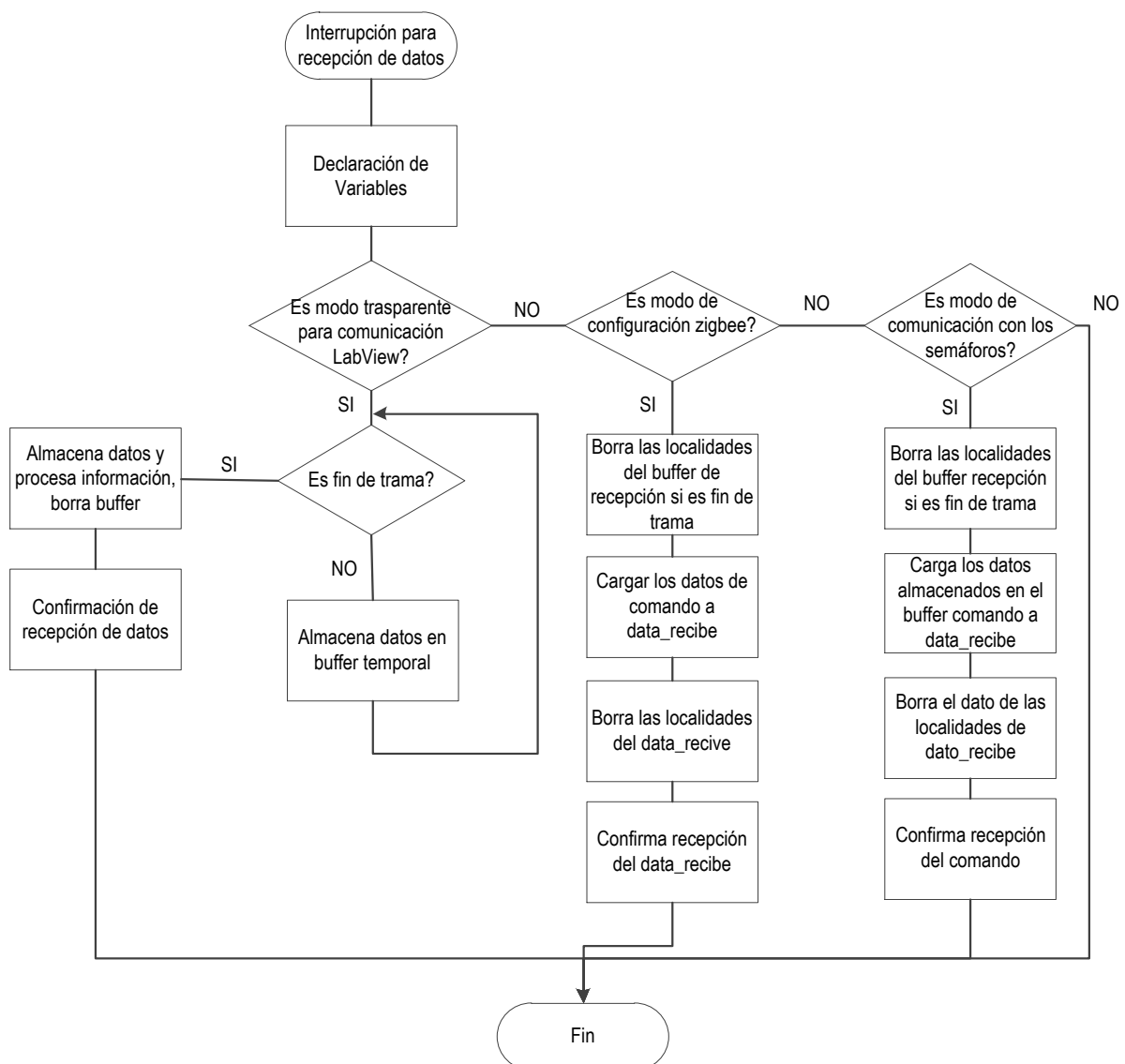


Figura 35. Subrutina de funcionamiento del Timer1. Fuente: La Autora.

### 2.6.3.3.2. Interrupción por módulo UART

En la Figura 36 se indica el diagrama de flujo de la interrupción para la recepción y verificación de datos que vienen del módulo ZigBee XBee ZB PRO S2, para la recepción de datos o mensajes se utiliza codificación ASCII el inicio de trama se representa con la letra “I” mientras que el fin de trama está representado por el símbolo “\$”.



**Figura 36.** Subrutina de interrupción por UART. **Fuente:** La Autora.

En este programa de interrupción se establece el modo de trabajo en el que se encuentra el microcontrolador, para lo cual existen tres modos de trabajo descritos a continuación en la tabla 24.



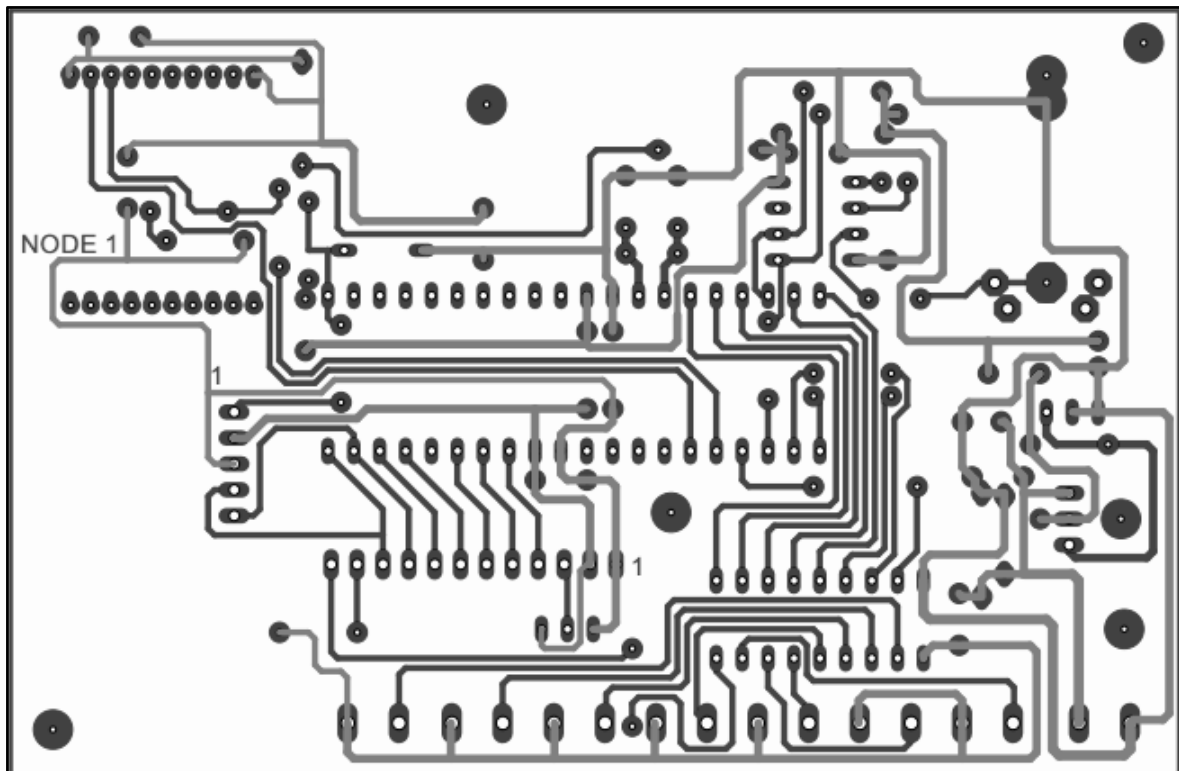
**Tabla 24.** Modos de trabajo del microcontrolador **Fuente:** La Autora

Modo de Trabajo	Descripción del modo de Trabajo
Modo Transparente para comunicación con Labview	Permite establecer la comunicación con la interfaz de Labview para configuración de valores y modos de operación del sistema de semaforización
Modo de configuración ZigBee	Permite la comunicación entre módulos ZigBee para intercambio de información
Modo de comunicación con los semáforos	Permite la comunicación con los dos nodos esclavos que forman parte del proyecto.

## 2.7. DISEÑO DE LAS PLACAS DEL CIRCUITO.

Para el diseño de las placas de cada circuito se utilizó el programa Eagle 5.11.0, a continuación se muestra las rutas del circuito y los elementos que componen cada una de las placas.

La Figura 37 muestra el ruteo de la placa del circuito del nodo principal, la figura 38 indica los elementos utilizados para el desarrollo del proyecto y la Figura 39 muestra una vista completa de la unión de las figuras mencionadas anteriormente.

**Figura 37.** Ruteo del circuito del dispositivo principal. **Fuente:** La Autora.

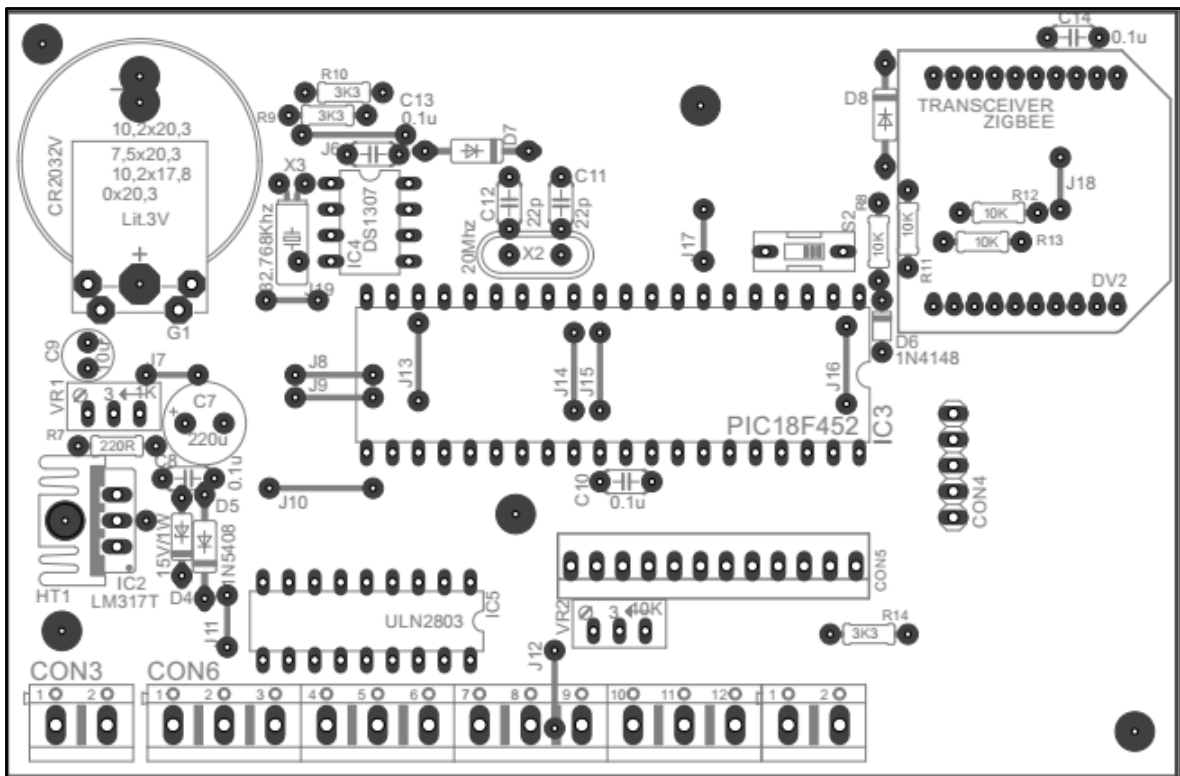


Figura 38. Elementos que componen el dispositivo principal. Fuente: La Autora.

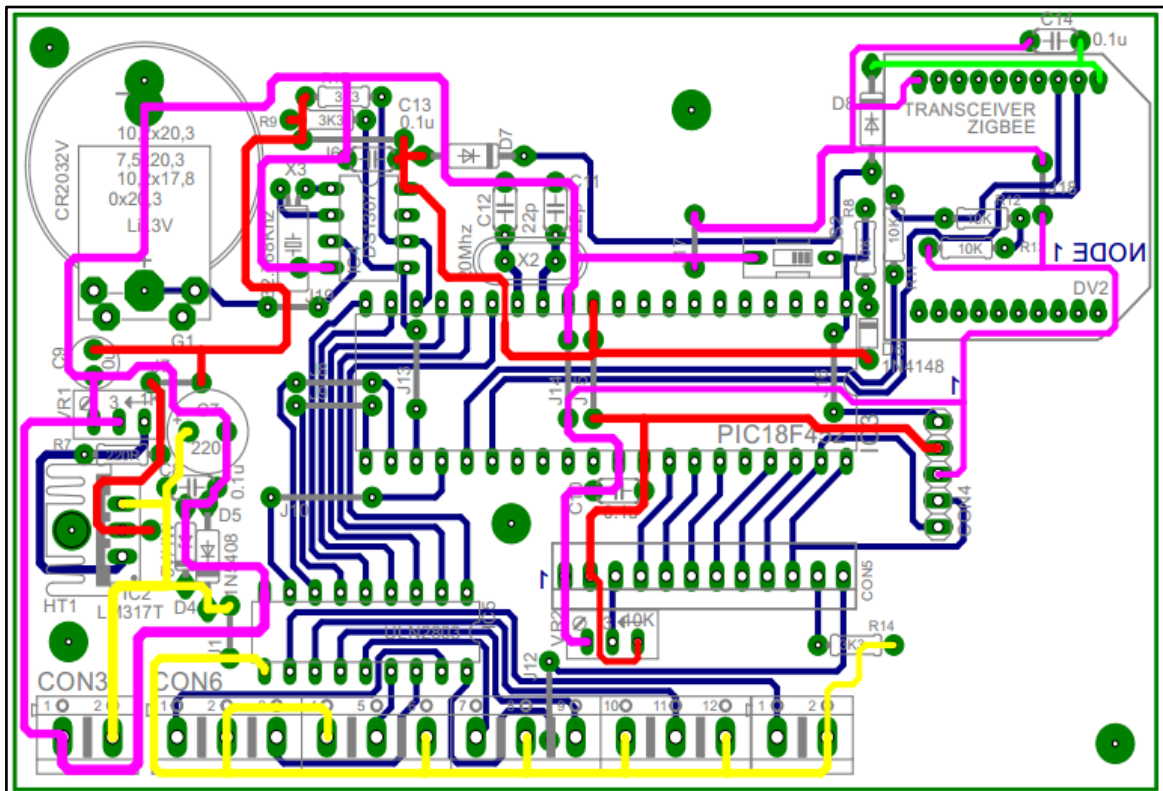
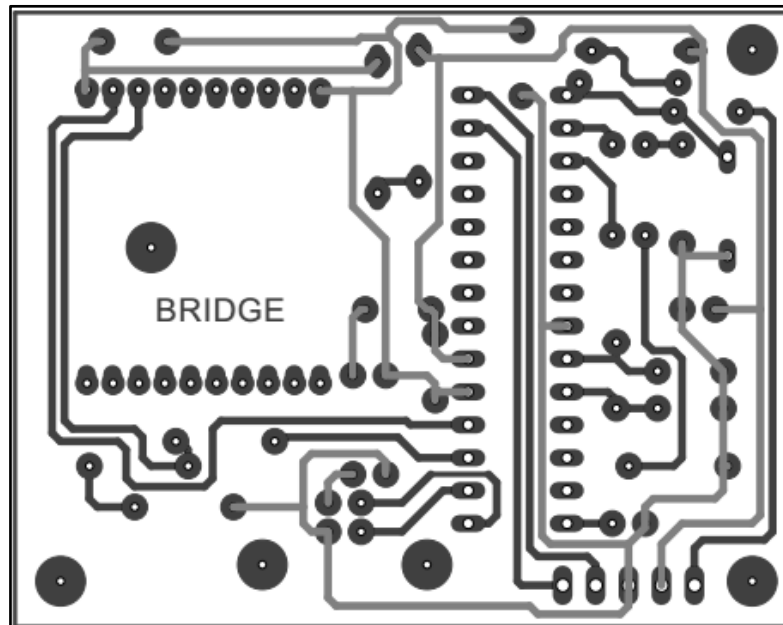
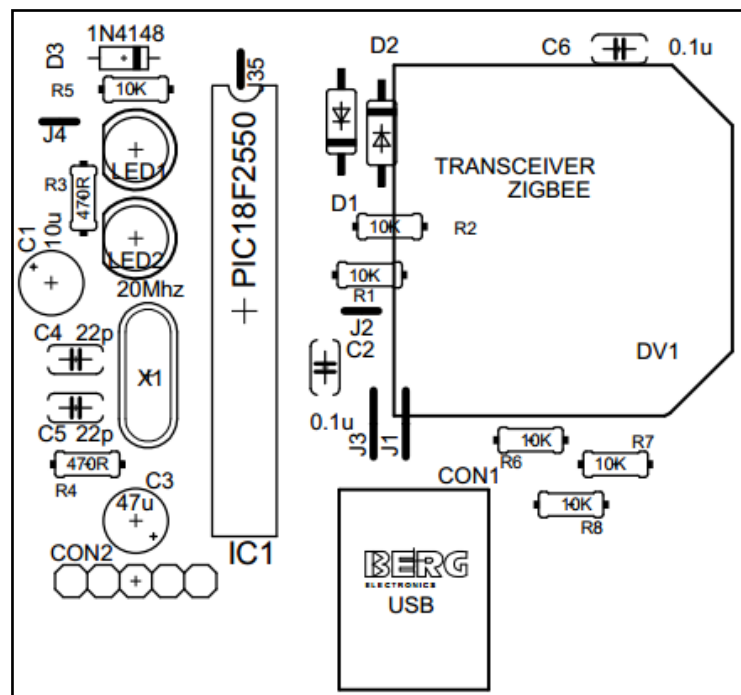


Figura 39. Diseño de la placa del dispositivo principal. Fuente: La Autora.

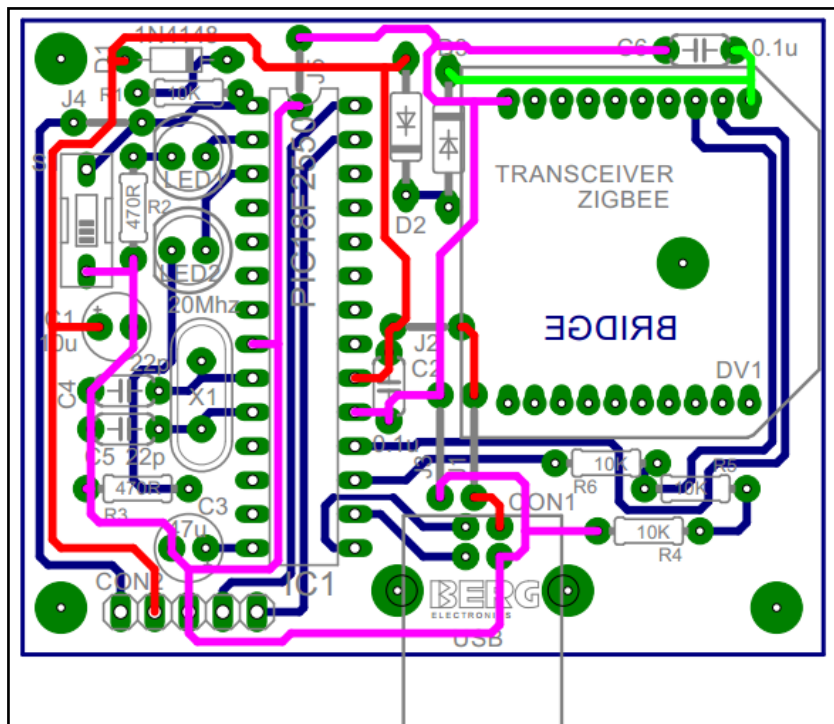
En la Figura 40 se indica el ruteo de la placa que corresponde a dispositivo para configuración mediante interfaz USB, en la Figura 41 se indican los elementos que compone esta placa y finalmente se muestra en la Figura 42 la unión de las figuras mencionadas anteriormente.



**Figura 40.** Ruteo de la placa del dispositivo USB. Fuente: La Autora



**Figura 41.** Elementos que contiene el dispositivo USB. Fuente: La Autora.

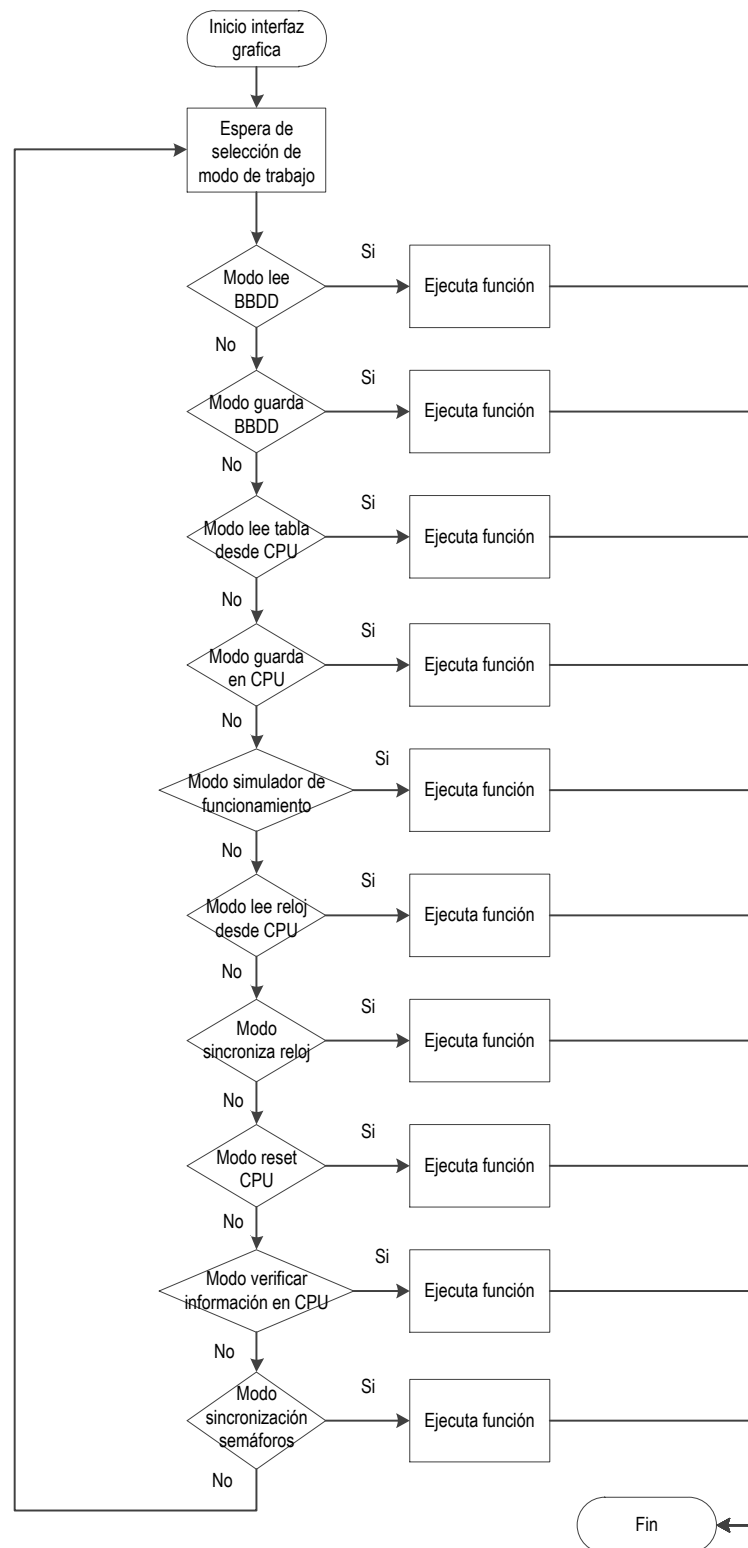


**Figura 42.** Diseño de la placa del dispositivo USB. **Fuente:** La Autora.

## 2.8. DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

Para el proceso de elaboración de la interfaz gráfica se utilizó el software Labview por disposiciones y exigencias de los encargados de semaforización de Tránsito y Transporte del GAD Ibarra, este software constituye un sistema de programación gráfica diseñado para aplicaciones de adquisición, presentación, análisis y control de datos, brinda mayor flexibilidad, fácil de entender y usar, soporta actualizaciones de hardware y software, además permite agregar aplicaciones escritas en otro tipo de lenguaje.

El diseño de la interfaz gráfica abarca la configuración, actualización de modos de operación del semáforo, manejo del reloj en tiempo real, simulación de los modos de operación, cambio de valores en los tiempos de cambio de estado de la luces del semáforo, y una base de datos elaborada en Microsoft Access que permite el almacenamiento de tablas de acuerdo al día y a la configuración deseada.



**Figura 43.** Diagrama principal del funcionamiento de la interfaz Labview. **Fuente:** La Autora.

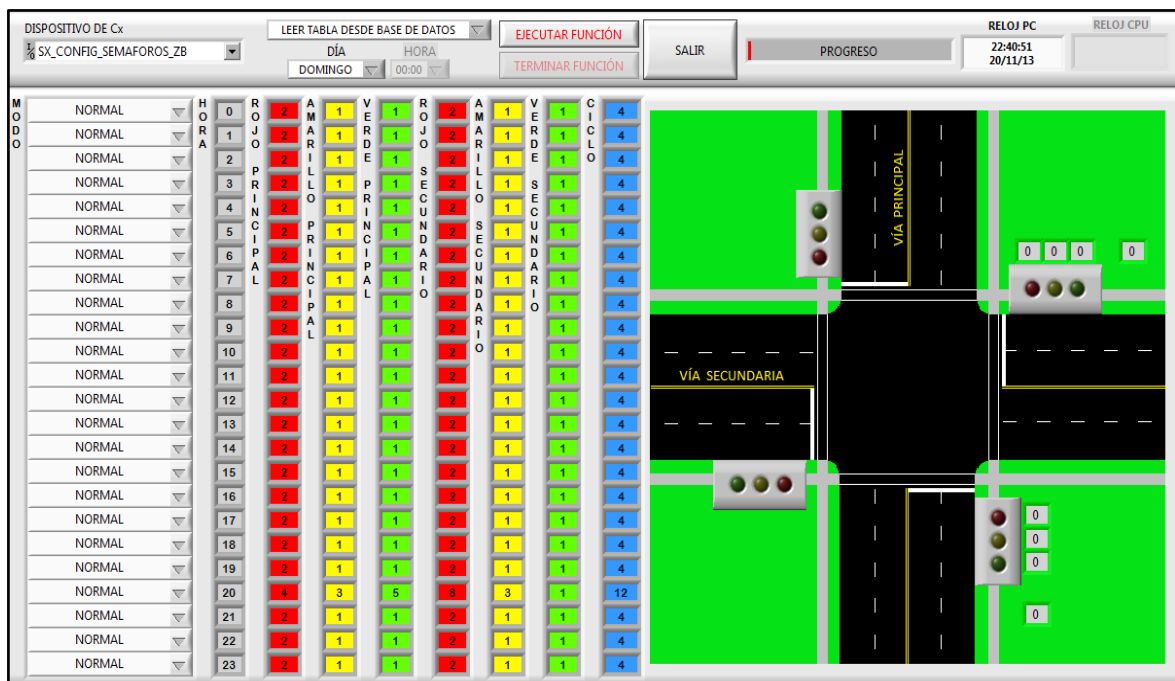
En el diagrama de flujo se indican los modos de operación en los cuales se puede trabajar mediante la interfaz, de acuerdo a la Figura 43 se observa que cada uno de los modos cumple con una función específica para la configuración y actualización de los semáforos.

El programa se encuentra esperando a que el usuario elija un modo de trabajo u operación, una vez seleccionado el modo se procede a ejecutar la función en la cual se encierran una serie de procesos los cuales se enuncian a continuación:

- Realiza cambios de valores de tiempos del estado de encendido de las luces del semáforo.
- Almacena los datos en el microcontrolador, en la base de datos.
- Actualiza y envía configuración del reloj al microcontrolador.

### 2.8.1. PANTALLA PRINCIPAL DE LA INTERFAZ

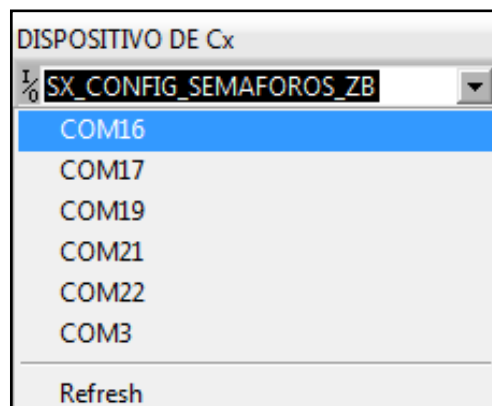
Es la pantalla de presentación de la interfaz, en la cual el usuario u operador manipulará los datos de configuración o actualización, en la Figura 44 se observa la pantalla principal con cada uno de sus botones que realizan funciones diferentes.



**Figura 44.** Pantalla Principal de la interfaz gráfica de Labview. **Fuente:** Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

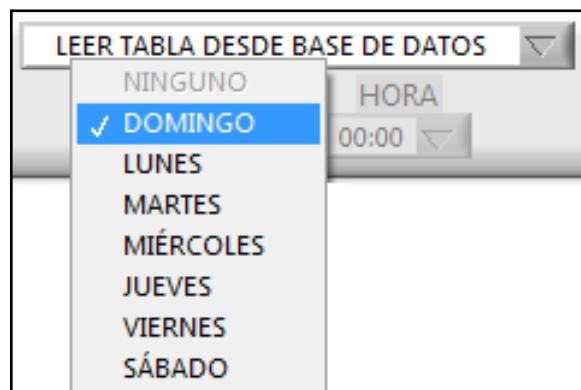
En la parte superior de la pantalla se observan los siguientes campos o botones los cuales cumplen una función específica:

- **Dispositivo de Comunicación.-** Dentro de este campo se escoge el puerto USB al cual se está conectado el dispositivo USB para la configuración inalámbrica y la transmisión de datos entre la interfaz y dispositivo de semaforización, de acuerdo al puerto USB que se conecte se debe seleccionar el puerto como se indica en la Figura 45.



**Figura 45.** Dispositivo de Comunicación para la selección del puerto USB. **Fuente:** Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

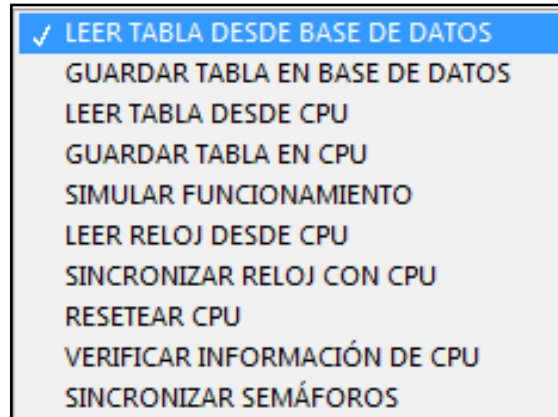
- **Día:** Presenta un listado de los días de la semana de domingo a sábado, como se muestra en la Figura 46 el día de la semana se selecciona de acuerdo a la configuración que se desea realizar.



**Figura 46.** Selección del día de la semana. **Fuente:** Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

- **Hora:** Indica un listado de las horas de un día completo desde las 00:00 horas hasta las 23:00, la selección de estas horas se utiliza para la realización de la simulación del funcionamiento del encendido y apagado de las luces del semáforo.

- La Figura 47 indica las funciones que se pueden realizar para la configuración y actualización de datos en el sistema de semaforización.



**Figura 47.** Funciones que se realiza la interfaz para configuración del CPU. **Fuente:** Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

Para detallar cada función con su respectivo funcionamiento se presenta la siguiente Tabla 25 que describe a cada una de las funciones:

**Tabla 25.** Funciones de configuración y actualización del dispositivo de semaforización. **Fuente:** La Autora

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Leer tabla desde base de datos	Lee la tabla que se almacena en la BBDD de Microsoft Access de acuerdo al día que desee
Guardar Tabla en base de datos	Almacena la tabla correspondiente a cada día de la semana en la BBDD de Access
Leer tabla desde CPU	Lee la tabla que se encuentra almacenada en el CPU o microcontrolador
Guardar tabla en CPU	Almacena la tabla en el microcontrolador para ser utilizada posteriormente dependiendo del día de la semana
Simular funcionamiento	Permite visualizar la simulación del funcionamiento del modo de trabajo de acuerdo a una hora seleccionada
Leer reloj desde CPU	Lee la hora y fecha que contiene el dispositivo que está gobernado por el microcontrolador.
Sincronizar reloj con CPU	Iguala la hora que tiene la PC con la del microcontrolador, es decir coloca la hora de la PC en el reloj que maneja el microcontrolador
Resetear CPU	Borra las configuraciones cargadas en el microcontrolador y carga las configuraciones por defecto
Verificar información de CPU	Verifica si la Información que se encuentra almacenada en el CPU es la correcta
Sincronizar semáforos	Envía un comando de sincronización con los otros semáforos



- **Ejecutar Función:** Como su nombre lo indica este botón permite ejecutar la función que se ha seleccionado de acuerdo a los modos de configuración como por ejemplo ejecuta la función simular funcionamiento, reseteo del CPU (microcontrolador), entre otros.
- **Terminar Función:** termina la función que se esté procesando en ese momento de igual manera termina la simulación del funcionamiento en caso de que se esté realizando.
- **Salir:** El botón salir permite terminar el funcionamiento de la interfaz y salir del programa de configuración y actualización.
- **Progreso:** Este es una barra en la que se indica si el proceso se está ejecutando o no y que periodo se demora para terminar la función que esté realizando, esto se puede apreciar mediante la Figura 48.



**Figura 48.** Indicador de progreso que realiza una determinada función. **Fuente:** Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

- **Reloj PC:** Indica la fecha y hora de la PC en la que se encuentra la interfaz gráfica.
- **Reloj CPU:** Indica la fecha y hora que tiene el microcontrolador que gobierna el semáforo.

### 2.8.2. MODOS DE TRABAJO DEL SEMÁFORO.

Dentro de la interfaz Labview se manejan 10 modos de trabajo en los cuales se basa el cambio de estado de encendido y apagado de las luces del semáforo como se observa en la Figura 49 cada uno de los modos permiten el manejo de valores de temporización de tiempos diferentes, estos valores se configuran en la interfaz Labview y se envía a través de comunicación USB y módulo inalámbrico ZigBee al microcontrolador que gobierna el semáforo.

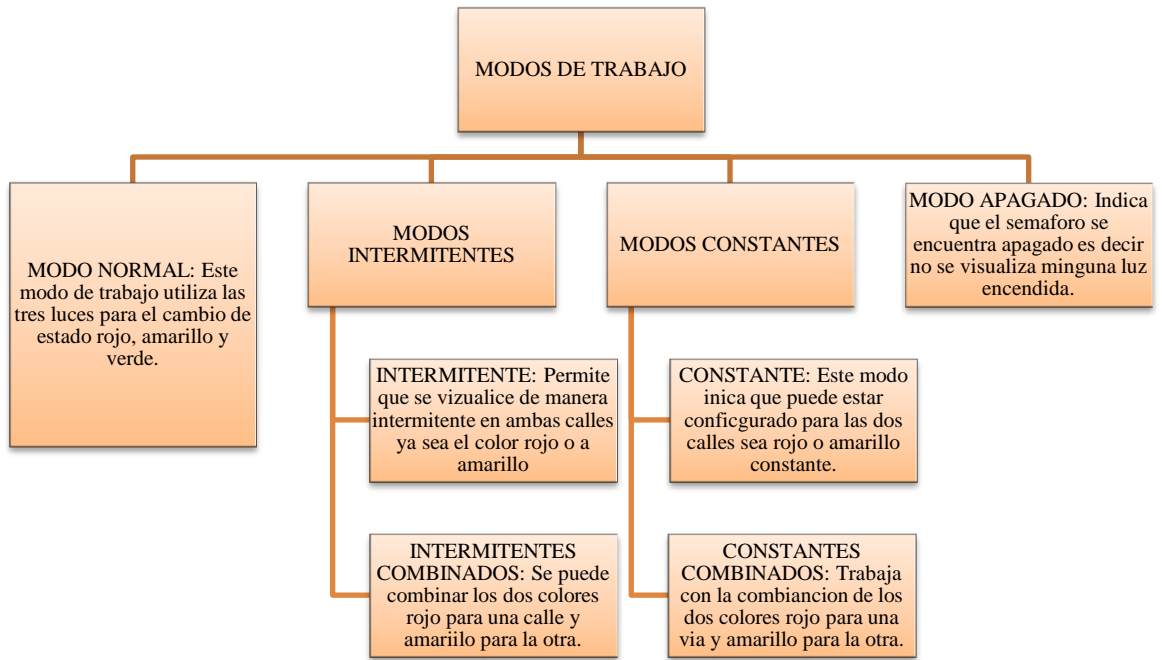


Figura 49. Modos de trabajo para el cambio de estado de las luces del semáforo. Fuente: La Autora.

2.8.2.1. Modo Normal

Se denomina modo normal al trabajo que realiza un semáforo cualquiera en el cambio de estado de sus luces, es decir cambia de rojo a verde, de verde a amarillo y finalmente de amarillo a rojo, dentro de la interfaz se pueden modificar los tiempos en los cuales cada una de las luces permanecerán encendidas, como se puede apreciar en la Figura 50 en la cual indica los valores en rojo, verde y amarillo tanto para el semáforo principal que es el que maneja la calle principal así como para el secundario que es el que gobierna el paso de vehículos de la calle secundaria.

M O D O	NORMAL	H O R A	0	R O J O	20	A M A R I L L O	1	V E R D E	15	R O J O	16	A M A R I L L O	1	V E R D E	19	C I C L O	36
	NORMAL		1	R O J O	20	A M A R I L L O	3	V E R D E	15	R O J O	18	A M A R I L L O	3	V E R D E	17	C I C L O	38
	NORMAL		2	R O J O	15	A M A R I L L O	3	V E R D E	20	R O J O	23	A M A R I L L O	3	V E R D E	12	C I C L O	38
	NORMAL		3	R O J O	25	A M A R I L L O	3	V E R D E	18	R O J O	21	A M A R I L L O	3	V E R D E	22	C I C L O	46

Figura 50. Valores de tiempo para el encendido y apagado de luces del semáforo. Fuente: Tomada de la Interfaz Gráfica del proyecto.

Como se observa en la figura anterior los valores se pueden modificar de manera diferente cada hora, los valores que se cambian son los de las tres primeras columnas es decir del rojo,

verde y amarillo principal, y las cuatro siguientes columnas es decir rojo, verde y amarillo principal así como el ciclo se calculan automáticamente una vez que se ingresa los tres primeros valores.

Los valores que se permiten ingresar están dentro del rango de 1 a 99 para el color rojo y verde, y para el color amarillo va desde 1 a 5, para el cálculo automático se utiliza la ciertas formulas básicas las cuales se aplican en todos los modos de trabajo.

- **Cálculo del Ciclo:** Es la sumatoria de los valores que se asignan a rojo, verde y amarillo principal.

$$\text{Ciclo} = \text{RojoPrinc} + \text{VerdePrinc} + \text{AmarilloPrinc}$$

- **Rojo Secundario:** Es la sumatoria del valor de verde principal más el valor del amarillo principal.

$$\text{Rojo Secundario} = \text{VerdePrinc} + \text{AmarilloPrinc}$$

- **Amarillo Secundario:** Es el mismo valor que se le asigna al amarillo principal.
- **Verde Secundario:** Es el valor que se le establece para rojo principal menos el valor establecido para amarillo secundario.

$$\text{Verde Secundario} = \text{RojoPrinc} - \text{AmarilloPrinc}$$

#### 2.8.2.2. Modo de Intermitencias

Para los modos de intermitencia los valores que se van a modificar son el rojo principal, el amarillo secundario y el ciclo, tanto el verde principal y secundario así como el rojo secundario y amarillo secundario no necesitan modificarse.

Para todos los modos intermitentes el ciclo trabaja de igual manera, cuando se ingresa un valor igual para la luz de encendido y el ciclo a este último se le incrementará 1 automáticamente, lo que significa que el valor ingresado para el ciclo será el tiempo que la luz

permanezca en estado encendido y el valor incrementado será el tiempo que dure en estado apagado; cuando el valor ingresado para ciclo sea diferente al valor ingresado para el color de intermitencia, el tiempo de estado apagado va a ser igual al valor del ciclo menos el valor de la luz de intermitencia que se ingresó.

A continuación se detalla los modos de trabajo intermitentes cada uno con su respectivo funcionamiento:

#### 2.8.2.2.1. *Modo Intermitente Rojo*

Este modo permite que los semáforos de las calles principal y secundaria se encuentren funcionando de manera intermitente es decir que se encenderá y se apagará solo la luz de color rojo para ambas partes, para este modo intermitente los valores que se permiten modificar son el rojo principal y el rojo secundario que es el mismo valor del rojo principal para mostrar encendido, el ciclo para mostrar el tiempo en que los rojos se encuentran en estado apagado y finalmente las luces verde, amarilla tanto principal y secundaria permanecen en valores de cero lo que indica que permanecerán apagadas.

#### 2.8.2.2.2. *Modo Intermitente Amarillo*

Para este modo de trabajo las luces verde principal y secundario así como las luces rojas principal y secundaria permanecerán en valores de cero lo que significa que se encuentran apagadas, los valores a modificar son para amarillo principal y el secundario que corresponde al mismo valor, para indicar el tiempo de encendido y el ciclo que indica el tiempo de apagado de la luz amarilla.

#### 2.8.2.2.3. *Modo Intermitente Rojo – Amarillo*

El modo de trabajo intermitente rojo – amarillo indica que para la calle principal se encuentra en estado encendida la luz roja mientras que para la calle secundaria se encenderá la luz amarilla, dentro de este modo los valores a modificar son el rojo principal, el amarillo secundario que para el caso es el mismo valor de rojo principal y finalmente el ciclo.

#### 2.8.2.2.4. *Modo Intermitente Amarillo – Rojo*

Este modo de trabajo permite visualizar en la calle principal una intermitencia de color amarillo mientras que en la calle secundaria se visualiza la intermitencia de color rojo, los valores que se modifican en este modo son el amarillo principal, el rojo secundario que son valores iguales y el ciclo, el resto de luces como son los verdes principal y secundario, rojo principal y amarillo secundario se encuentran en estado apagado.

### **2.8.2.3. Modos Constantes**

Para los modos de trabajo constante no se necesita modificación alguna ya que el mismo programa posee una configuración pre-establecida para que funcione el modo constante de acuerdo a su especificación, todos los valores de las luces así como el ciclo se encuentran seteados con el valor 0 y no se los puede alterar, los modos de trabajo constante se detallan a continuación:

#### 2.8.2.3.1. *Modo Constante Rojo*

Con el siguiente modo de trabajo se visualiza la luz roja encendida en la calle principal y la calle secundaria, una vez que se elige el modo de trabajo entra en funcionamiento sin necesidad de modificaciones y termina hasta cuando se elija un nuevo modo de trabajo.

#### 2.8.2.3.2. *Modo Constante Amarillo*

Este modo de trabajo indica que en las calles principal y secundaria se visualizará el color amarillo en estado encendido, mientras que el resto de luces como son el rojo y verde permanecerán en estado apagado.

#### 2.8.2.3.3. *Modo Constante Rojo – Amarillo*

El modo de trabajo constante rojo amarillo como su nombre lo indica, visualiza luz roja en estado encendido para la calle principal y para la calle secundaria se visualiza la luz amarilla encendida, para las dos calles las demás luces permanecen apagadas.

#### 2.8.2.3.4. *Modo Constante Amarillo – Rojo*

Este modo de trabajo es el contrario del modo anterior es decir que indica amarillo en estado encendido para la calle principal y rojo encendido para la calle secundaria, la luz verde principal y secundaria así como rojo principal y amarillo secundario se encuentran en estado apagado.

#### **2.8.2.4. Modo Apagado**

Este modo de trabajo apaga todas la luces del semáforo, no necesita establecer ningún tipo de configuración ni cambio de valores, al igual que en los modos constates el programa contiene una configuración pre-establecida para el modo de trabajo apagado.

Una vez culminada la fase de diseño se continúa con el montaje del sistema de semaforización para posteriormente realizar las pruebas de funcionamiento, con el fin de determinar y corregir las fallas que puede tener el mismo, en el siguiente capítulo se detalla toda la información para la instalación del proyecto.

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

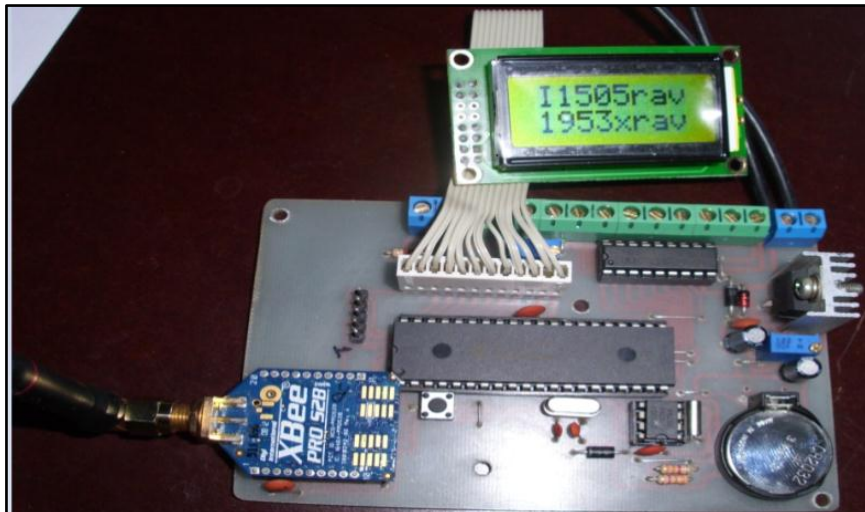
En el siguiente capítulo se detalla el proceso para la implementación del sistema de semaforización así como el montaje de físico del sistema con el fin de comprobar el desempeño y funcionamiento del dispositivo de semaforización.

#### 3.1. MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA.

A continuación se muestra mediante imágenes el montaje del sistema total, así como de cada uno de los dispositivos que intervienen en el sistema de semaforización, para lo cual se diseñaron las placas que se ajusten a todas las necesidades que requiere el proyecto.

##### 3.1.1. MONTAJE DE LA PLACA DEL SEMÁFORO PRINCIPAL

Una vez desarrollado el proyecto y probado el funcionamiento mediante el simulador Proteus se procede a la elaboración del diseño de la placa y a la soldadura de cada uno de sus elementos para la prueba de funcionamiento final mediante la Figura 51 se muestra la placa terminada que se colocará en el semáforo principal.

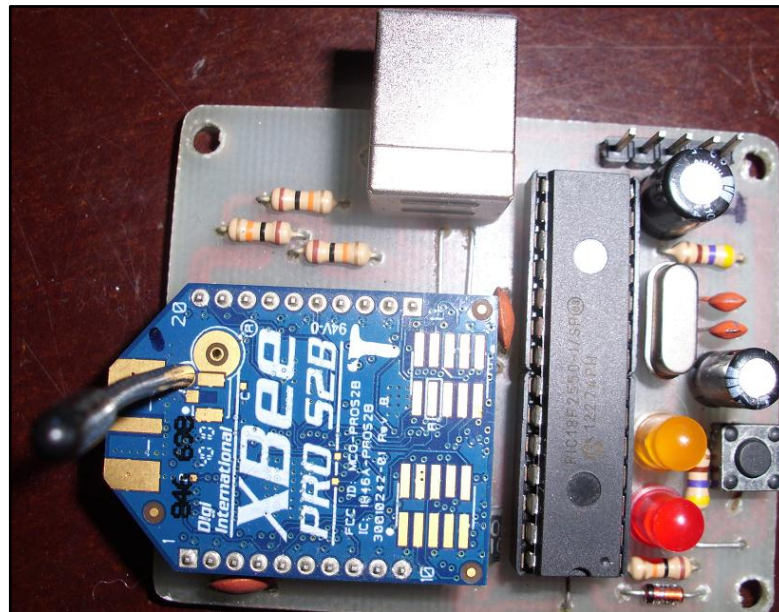


**Figura 51.** Montaje de la placa del semáforo principal. **Fuente:** Fotografía tomada a la placa principal.

Como se observa en la figura 51 se implementó la placa de acuerdo a los requerimientos de cada subsistema descritos anteriormente.

### 3.1.2. MONTAJE DE LA PLACA PARA EL MÓDULO USB UTILIZADO PARA LA INTERFAZ GRÁFICA.

En la figura 52 se muestra el montaje de la placa que se utiliza en el módulo USB el cual sirve para para la comunicación entre la PC y el semáforo, para la modificación y actualización del mismo mediante la interfaz gráfica.



**Figura 52.** Montaje del circuito USB para la comunicación entre la PC el semáforo y la interfaz gráfica.  
**Fuente:** Fotografía tomada a la placa del módulo USB.

### 3.1.3. MONTAJE DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN COMPLETO.

Para el montaje final del sistema de semaforización se utilizó una caja metálica conocida como armario que es en el que se encuentran resguardados todos los elementos que componen el sistema con el fin de evitar algún inconveniente por el factor medio ambiente.

La caja metálica que se utiliza para el montaje del sistema cumple con la norma IP66 ya que posee un aislante dentro de la tapa para evitar el ingreso de agua y polvo al interior de la caja, de tal manera que se asegura la hermeticidad del mismo.



En la Figura 53 se muestra el armario en el cual se encuentra el dispositivo de semaforización que va a ser colocado.



**Figura 53.** Caja metálica o armario. **Fuente:** Fotografía tomada a la caja.

A continuación se muestra mediante la Figura 54 el montaje de los SSRs y la fuente cada uno de estos acoplados al armario y al circuito del dispositivo de semaforización.



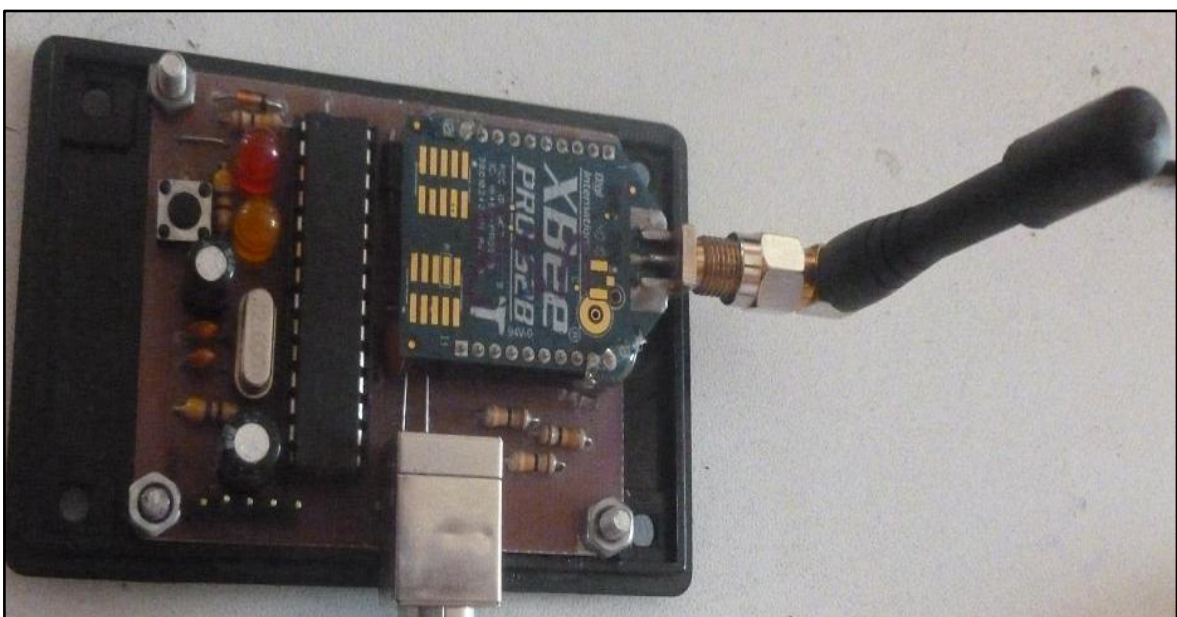
**Figura 54.** Montaje de los SSRs y la fuente. **Fuente:** Fotografía tomada al montaje del sistema.

Finalmente se muestra el montaje total de todo el sistema de semaforización, como se indica en las figuras 55 y 57 los circuitos que forman el dispositivo final se encuentran colocados en un armario como se mencionó anteriormente para ser colocados y posteriormente realizar las

pruebas de funcionamiento, además se coloca una antena para exteriores de 9dbi con el objeto de mejorar el alcance del módulo ZigBee y evitar la pérdida de datos y errores en la conexión.



**Figura 55.** Montaje final del proyecto de semaforización con todos sus elementos. **Fuente:** Fotografía tomada al sistema de semaforización.



**Figura 56.** Montaje final del circuito para el dispositivo USB. **Fuente:** Fotografía tomada al módulo USB.



La figura 57 y la figura 58 muestra el funcionamiento del sistema de semaforización en modo normal.



**Figura 57.** Sistema de Semaforización trabajando en modo Normal. **Fuente:** Fotografía tomada al sistema de semaforización en funcionamiento



**Figura 58.** Sistema de Semaforización instalado en la vía pública trabajando en modo Normal. **Fuente:** Fotografía del lugar en el que se instaló el sistema.

### 3.2. CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO XBEE PRO ZB 2S

Dentro de los montajes de cada uno de los circuitos se realizó también la configuración del módulo XBee PRO ZB 2S, para la cual se utilizó un programa propio de los módulos ZigBee

conocido como X-CTU, es necesario la configuración de ciertos parámetros que permita el intercambio de información entre los módulos ZigBee.

Los parámetros a configurar son básicos al momento de establecer una conexión inalámbrica y los cuales se detallan a continuación:

### **3.2.1. ESTABLECER EL TIPO DE NODO CON EL QUE TRABAJARA**

Al módulo ZigBee se lo puede configurar para que trabaje como diferentes tipos de dispositivos como son: Coordinador, Router y Dispositivo final, para el proyecto se configurará como router con el fin de que este gestione la conexión con los demás dispositivos.

### **3.2.2. IDENTIFICADOR DEL NODO**

El identificador de Nodo (NI) permite asignar un identificador o ID a cada uno de los nodos o módulos ZigBee que se encuentren dentro de la red, a este Id se le establece una descripción de las funciones que realiza dicho nodo, para el proyecto se ha nombrado al nodo SEMÁFORO PRINCIPAL.

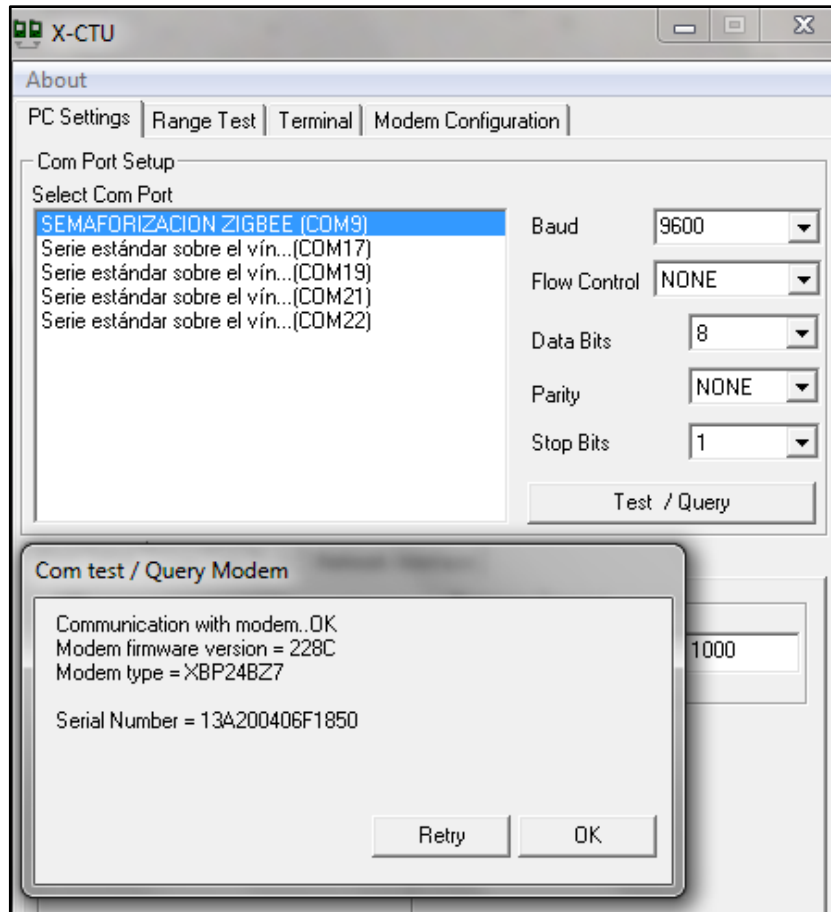
### **3.2.3. IDENTIFICADOR DE RED**

El identificador de Red (PAN ID) asigna un número que se encuentra entre el 0 y el 65535 el mismo que es único para cada red es decir que todos los dispositivos que comprendan la red deberán llevar el mismo número de identificación para que funcione de la misma manera caso contrario este no funcionará.

### **3.2.4. ESCANEADO DEL CANAL (SC)**

Esta parámetro permite establecer el canal en el cual trabajaran los módulos ZigBee, permite escanear un total de 16 canales posibles de los cuales se podrá utilizar un canal por red.

A continuación se indica en la figura 59 los parámetros configurados en el módulo ZigBee mediante dicho software.

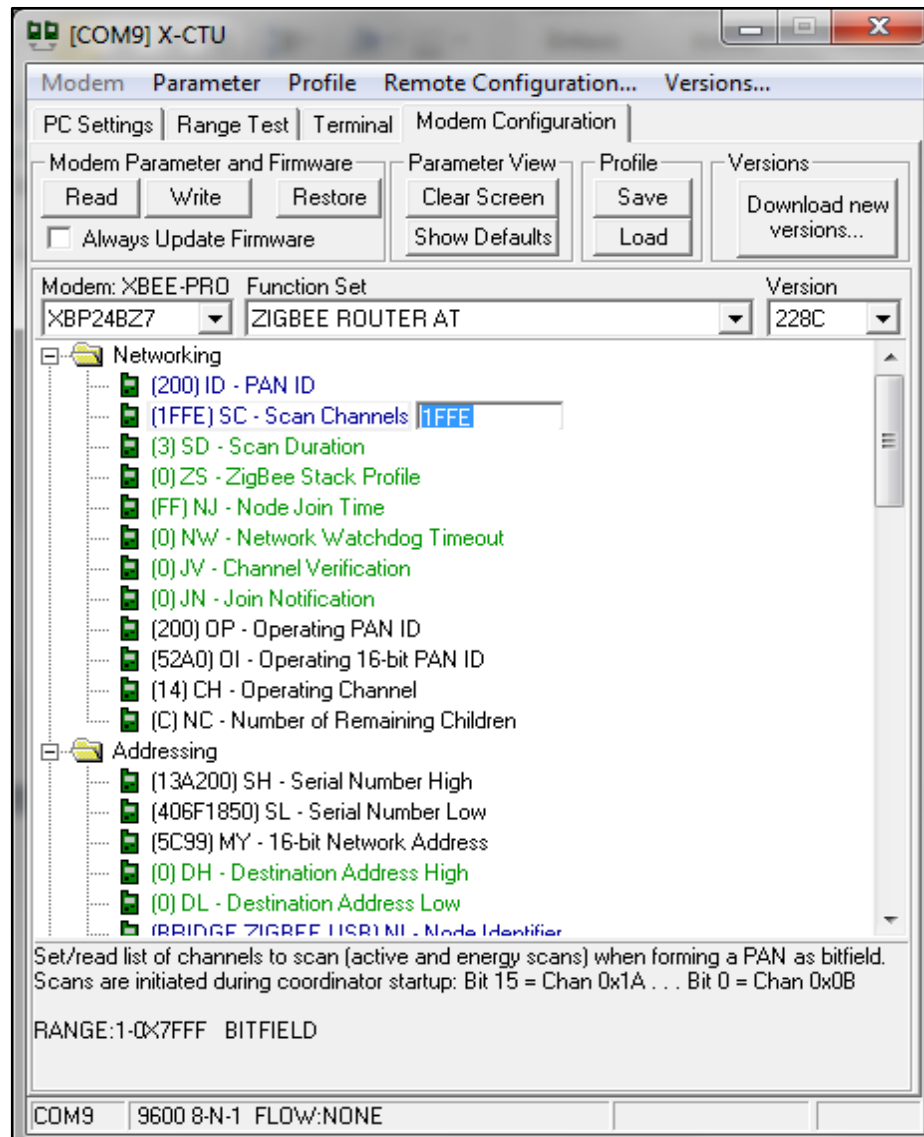


**Figura 59.** Configuración de parámetros en el módulo ZigBee. **Fuente:** Captura de pantalla de configuración del módulo ZigBee.

Como se mencionó anteriormente los parámetros de configuración del módulo ZigBee vienen dados de la siguiente manera:

- Baudios: 9600 bps
- Control de flujo: Ninguno
- Bits de datos: 8 bits
- Paridad: Ninguna
- Bit de parada: 1 bit

En la siguiente figura 60 se indica ciertas configuraciones que se agregan a los módulos ZigBee como son el canal en el que va estar funcionando, la versión, la identificación y la función en la que va a trabajar el modulo para este caso trabaja como router.



**Figura 60.** Configuración del módulo XBee PRO ZB S2. **Fuente:** Captura de pantalla de configuración del módulo ZigBee

El módulo ZigBee se encuentra configurado de manera estática mediante el programa X-CTU, sin embargo existen ciertos comando que envía el microcontrolador al módulo ZigBee con el fin de poder cambiar la configuración diariamente además de tener la capacidad de enrutarse con otros dispositivos ZigBee, a continuación se indica la secuencia de comandos que se ejecutan mediante la Tabla 26 .

**Tabla 26.** Comandos de configuración y envío de datos para el módulo ZigBee. **Fuente:** La Autora.

Orden de aparición cronológico	¿Quién envía?	Comando enviado	Descripción
1	microcontrolador – ZigBee	+++ [enter]	El módulo ZigBee entra en modo configuración
2	ZigBee – microcontrolador	OK [enter]	Respuesta del ZigBee
3	microcontrolador - ZigBee	ATDH 0013A200 [ENTER]	Establece la dirección de destino de los 4 bytes altos del dispositivo al que se quiere enviar la información
4	ZigBee - microcontrolador	OK [enter]	Respuesta del ZigBee
5	microcontrolador - ZigBee	ATDL 40Q62C73 [ENTER]	Establece la dirección de destino de los 4 bytes bajos del dispositivo al que se quiere enviar la información
6	ZigBee - microcontrolador	OK [enter]	Respuesta del ZigBee
7	microcontrolador - ZigBee	ATWR	Graba la nueva configuración en la memoria no volátil
8	ZigBee - microcontrolador	OK [enter]	Respuesta del ZigBee
9	microcontrolador - ZigBee	ATCN [entre]	El ZigBee sale del modo de configuración
10	ZigBee - microcontrolador	OK [enter]	Respuesta del ZigBee

### 3.3. PRUEBAS

Se realizaron una serie de pruebas para verificar y asegurar que el sistema lógico y la interfaz de potencia trabajen y funcionen eficientemente.

Dentro de las verificaciones realizadas se mencionan las siguientes:

- Apropiaada entrega de voltaje desde el regulador hacia los dispositivos electrónicos.
- Comunicación USB sin errores entre la interfaz y el microcontrolador
- Comunicación eficiente entre la pantalla LCD y el microcontrolador.
- Funcionamiento e interacción adecuada entre las interfaces y el microcontrolador.

### 3.3.1. PRUEBAS DE VOLTAJE APLICADO AL DISPOSITIVO

La prueba de voltaje consiste en medir el voltaje que entra y sale en las placas del dispositivo de semaforización a continuación se muestra la tabla 27 en la que observan los valores de voltaje que cada uno de los elementos llega a medir.

**Tabla 27.** Voltajes medidos en el dispositivo de semaforización. **Fuente:** La Autora.

Dispositivo	Voltaje medido en voltios
Fuente de 12v	12.10 v
LM317	3.26 v
PIC 18F452	4.94 v
PIC 18F2550	4.93 v
Módulo XBee	3.16 v
Terminales desactivadas	0 v
Volteje de salida 12v	11.98 v
Voltaje de salida 5v	4.97 v
Voltaje de entrada del SSR	11.40v
Voltaje de Salida SSR	105v
Tierra GND	0 v

Como se ha mencionado anteriormente las placas de cada uno de los circuitos funcionan a 5v, los microcontroladores funcionan en un rango de 2.2 v hasta los 5.5 v, los módulos ZigBee trabajan en un voltaje de 2.8v hasta 3.4v, como se observa en la figura anterior los voltajes medidos se encuentran en el rango correcto, a pesar de que se maneja un margen de error mínimo, los voltajes requeridos por cada elemento y los voltajes suministrados en toda la placa se encuentran funcionando de forma correcta.

### 3.3.2. PRUEBAS DE ALCANCE

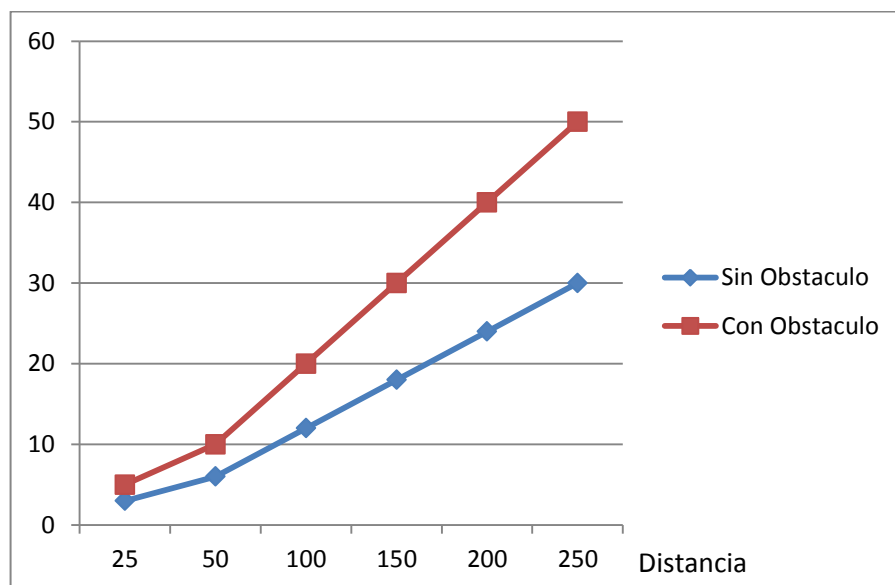
A continuación se explican las pruebas de alcance realizadas con el módulo XBee PRO ZB 2S, para la realización de dichas pruebas se tomaron en cuenta ciertos factores importantes como son la antena utilizada y la distancia a la cual se colocó el dispositivo del semáforo y el dispositivo USB con el cual se maneja la interfaz gráfica para la configuración del semáforo.



A medida que se incrementa la distancia el tiempo de comunicación entre el semáforo y el dispositivo USB también aumenta, además este tiempo varía de acuerdo a los obstáculos que se presenten en la línea de vista, a continuación se muestra mediante la tabla 28 los resultados obtenidos de la prueba de alcance.

**Tabla 28.** Datos obtenidos mediante la prueba de alcance. **Fuente:** La Autora.

Distancia (m)	Tiempo (segundos)	
	Sin Obstáculo	Con Obstáculo
25	3	5
50	6	10
100	12	20
150	18	30
200	24	40
250	30	50



**Figura 61.** Datos obtenidos de la prueba de alcance entre los dispositivos de semaforización y USB. **Fuente:** La Autora.

Como se puede apreciar en la figura 61 la gráfica indica lo mencionado anteriormente que a mayor distancia el tiempo que tarda la comunican entre el dispositivo de semáforo y el dispositivo USB que se utiliza para la actualización y modificación de datos, es mucho mayor e inclusive en algunos casos la comunicación se pierde.

### 3.3.3. PRUEBA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL DISPOSITIVO PRINCIPAL Y LOS SECUNDARIOS.

La siguiente prueba se realizó conjuntamente con el trabajo de fin de carrera denominado INTERCONEXIÓN Y SINCRONIZACIÓN INALÁMBRICA DE SEMÁFOROS MEDIANTE REDES WSN BASADOS EN MÓDULOS ZIGBEE, propuesto por Pablo Alejandro Salazar Amuy de la facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas, Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación.

Dentro de este ítem se indican las pruebas que se realizó entre los dispositivos esclavos y el dispositivo principal de semaforización, es decir se verifica que la comunicación entre dispositivos sea la adecuada de acuerdo a la distancia a la que se encuentran instalados.

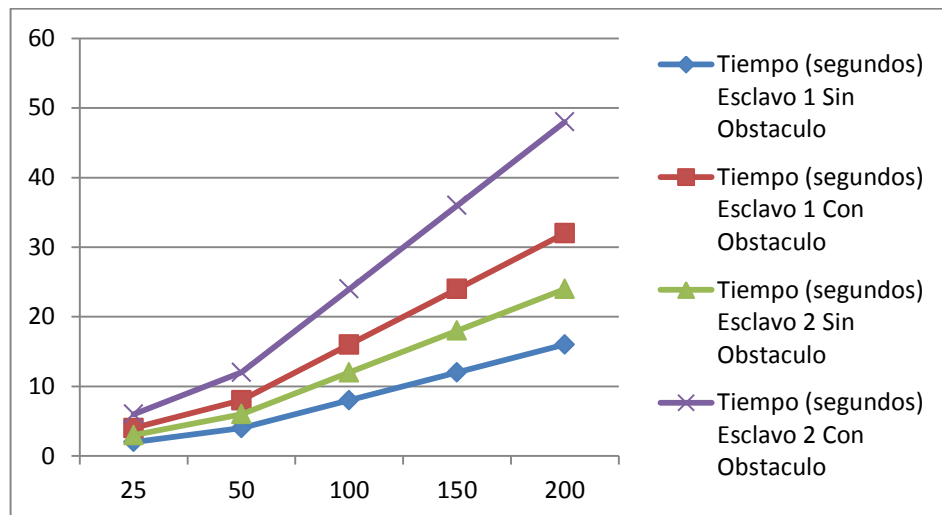
La comunicación entre los dispositivos se realiza a través comunicación inalámbrica mediante módulos ZigBee PRO ZB 2S de igual manera se realizó pruebas de alcance a pequeñas distancias y a grandes distancias con y sin obstáculos.

En la Tabla 29 se puede observar el tiempo de respuesta entre los dispositivos, es decir el tiempo en que se demora en comunicarse o enlazarse entre ellos, la distancia entre los dispositivos es de 100mts ya que es el valor que tiene una cuadra y la distancia a la que se colocan los semáforos dentro de la ciudad.

**Tabla 29.** Datos obtenidos de las pruebas de alcance entre los dispositivos esclavos y el dispositivo principal. **Fuente:** La Autora

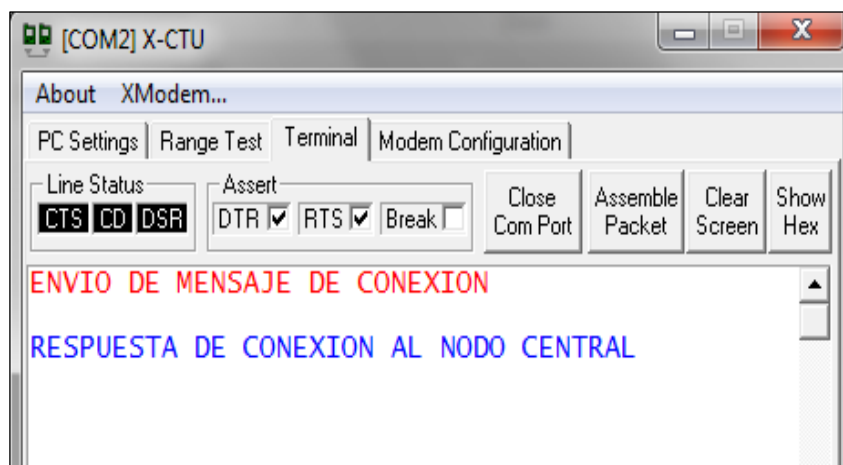
Distancia (m)	Tiempo (segundos)			
	Esclavo 1		Esclavo 2	
	Sin Obstáculo	Con Obstáculo	Sin Obstáculo	Con Obstáculo
25	2	4	3	6
50	4	8	6	12
100	8	16	12	24
150	12	24	18	36
200	16	32	24	48

La Figura 62 indica el tiempo de respuesta que existe entre el semáforo principal y el secundario o esclavo 1 al igual que muestra la respuesta que poseen entre el principal y el secundario o esclavo 2.



**Figura 62.** Datos obtenidos de la prueba de enlace entre dispositivo principal y secundarios. **Fuente:** La Autora.

Además del tiempo de respuesta que existe entre la comunicación de los dispositivos se presentan a continuación las pruebas de comunicación a través de comandos entre el módulo ZigBee del dispositivo del semáforo y el dispositivo USB.

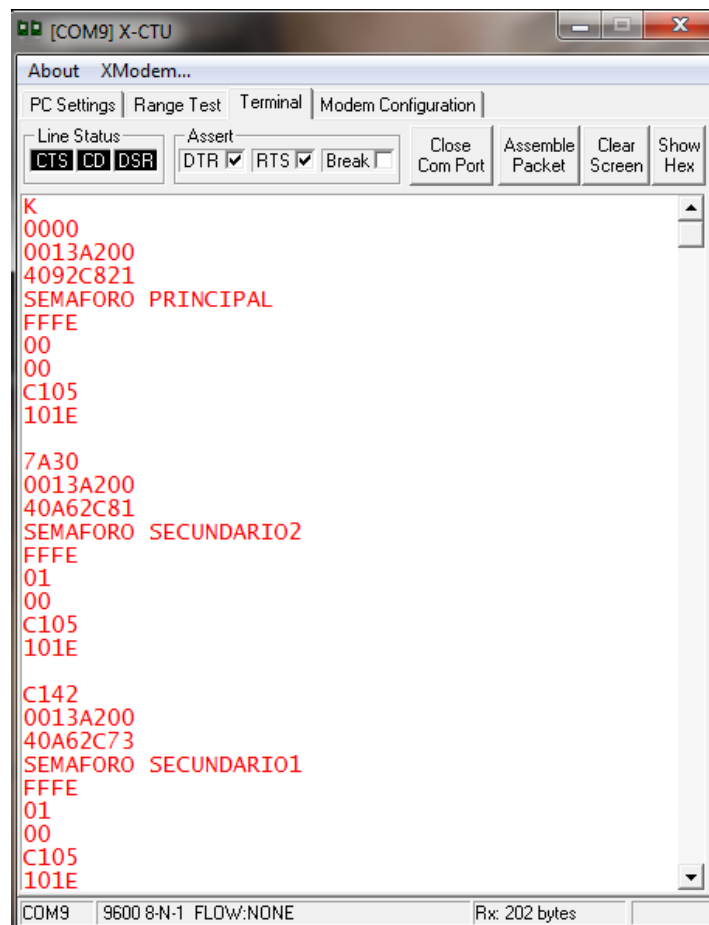


**Figura 63.** Comunicación entre módulos ZigBee. **Fuente:** Captura de pantalla de configuración del módulo ZigBee

En la Figura 63 se indica la prueba de comunicación entre el módulo ZigBee del dispositivo que se encuentra instalado en el semáforo con el módulo del dispositivo USB esta

prueba se la realiza mediante el programa X – CTU, en el cual se visualiza un mensaje que indica que se encuentra establecida la conexión.

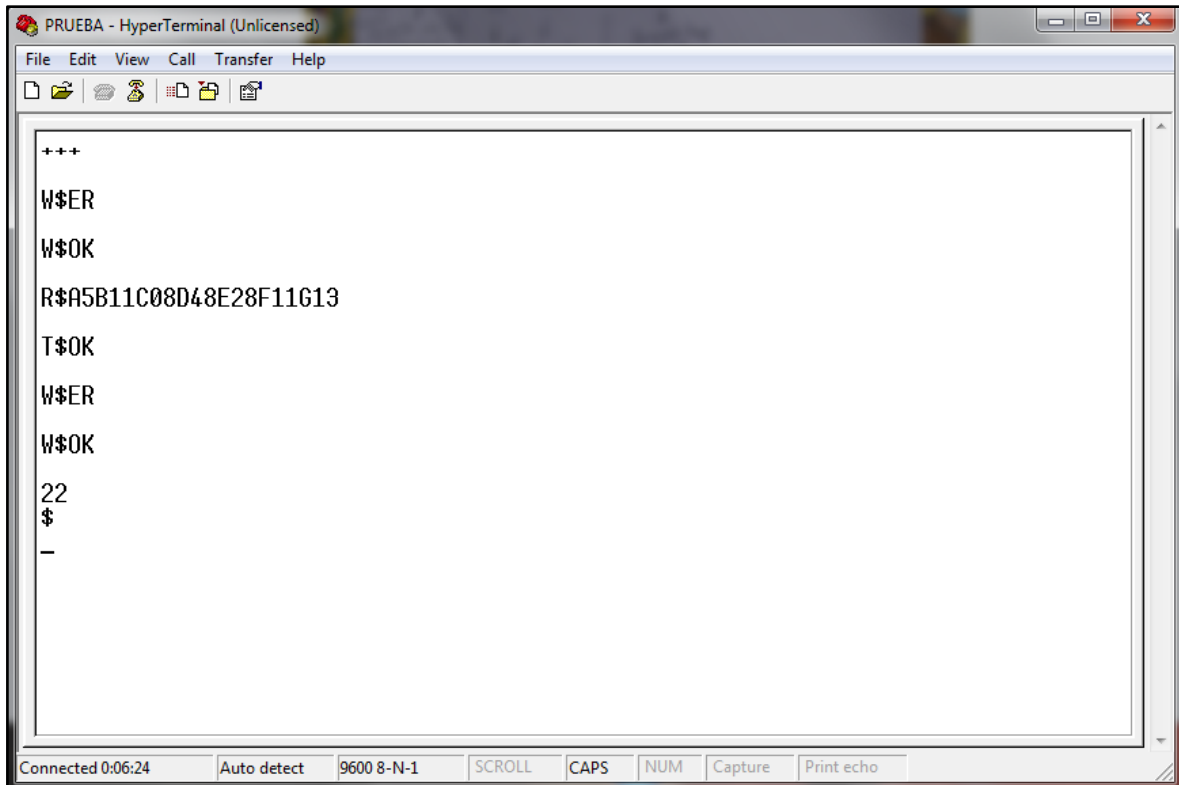
Además mediante la utilización de ciertos comandos de configuración de los módulos ZigBee se tiene como resultado los valores que devuelven cada uno de dichos comandos, para verificar si se encuentran los dispositivos del semáforo conectados tanto el principal como los secundarios se utiliza el comando ATND el cual muestra todos los módulos que se encuentran conectados como se observa en la Figura 64.



**Figura 64.** Respuesta de comunicación de los módulos ZigBee conectados. Fuente: Captura de pantalla de configuración del módulo ZigBee

La comunicación entre los módulos ZigBee se puede establecer no solo a través del programa X – CTU sino también a través de hiperterminal en el cual se establece una comunicación con parámetros de comunicación ya establecidos que se describió anteriormente como son el bit de paridad, el bit de parada y la velocidad de transmisión.

En la Figura 65 se muestra el envío de ciertos comandos para establecer la comunicación entre los módulos ZigBee y que además el microcontrolador devuelve una respuesta.



```
PRUEBA - HyperTerminal (Unlicensed)
File Edit View Call Transfer Help
+++
W$ER
W$OK
R$A5B11C08D48E28F11G13
T$OK
W$ER
W$OK
22
$
-
Connected 0:06:24 Auto detect 9600 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo
```

**Figura 65.** Envío de respuesta desde el microcontrolador mediante Hyperterminal. **Fuente:** Captura de pantalla de configuración del módulo ZigBee en el HyperTerminal.

En la figura anterior se muestra los comandos que se envían mediante hyperterminal hacia el microcontrolador del dispositivo del semáforo, el cual devuelve la trama en este ejemplo se observa que la respuesta del microcontrolador al comando R\$ que se utiliza para conocer la fecha que tiene configurado el dispositivo con cada uno de sus identificadores de campo de trama.

Una vez realizada la instalación y las pruebas necesarias que avalan el correcto funcionamiento del prototipo de sistema de semaforización, se procede a la determinación de costos, con el fin de establecer que existe una relación costo beneficio en la elaboración del proyecto que será detallado en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

En el siguiente capítulo se establecerá los costos totales de producción así como los indicadores y todos los recursos económicos que se involucran en el desarrollo del proyecto, los mismos que permitirán determinar la factibilidad económica del mismo.

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE INGRESOS

Son la proyección de todos los ingresos económicos que genera la venta del producto durante el periodo recomendable de 5 años, la misma que se realiza mediante los datos que provienen del presupuesto de ventas. Se utiliza el método de línea recta para determinar la proyección de venta con un crecimiento anual del 10%, y como índice de inflación para el precio de venta se toma el 4% anual.

A continuación se presenta la tabla 30 en la que se indica la proyección de ingresos para el periodo de 5 años.

**Tabla 30.** Proyección de ingresos en el periodo de 5 años. **Fuente:** La Autora.

PRODUCTOS		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
SEMÁFORO	Cantidad	44,00	48,00	52,00	57,00	62,00
	Precio	2.950,00	3.068,00	3.190,72	3.318,35	3.451,08
	<b>Subtotal</b>	<b>129.800,00</b>	<b>147.264,00</b>	<b>165.917,44</b>	<b>189.145,88</b>	<b>213.967,13</b>

#### 4.2. DETERMINACIÓN DE EGRESOS

Son todos los gastos realizados para la instalación de los semáforos planeados a futuro. Para determinar los egresos se utiliza los mismos métodos y parámetros de la proyección de ingresos.

## 4.2.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN

### 4.2.1.1. Materia Prima

Se estima instalar tres intersecciones por semana que comprende la instalación de 12 semáforos. Los materiales necesarios para la producción mensual, está explicada en el siguiente cuadro, a continuación se realiza una proyección por los cinco años de los materiales a utilizar.

**Tabla 31.** Materia prima. **Fuente:** La Autora.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	C.	MENSUAL	COSTO
Microcontrolador PIC 18F50	1	8	4	32
Microcontrolador PIC 18F452	1	9	4	36
Fuente de 12V de 3ª	1	25	4	100
Elementos de Soldadura	1	5	4	20
Módulo ZigBee PRO 52B	1	40	4	160
1 antena para Módulo ZigBee	1	3	4	12
Elementos de electrónica (Resistencias,	1	5	4	20
Relevadores de estado sólido SSR	18	25	72	1.800,00
Armarios	3	25	12	300
RTC DS1307 incluido batería de 3V.	1	5	4	20
Reguladores de voltaje incluido disipador	3	1,5	12	18
Cable plano (mts.)	1	2,5	4	10
Cable multifilar # 16 mts.	20	0,3	80	24
Zócalos para módulo XBEE	2	0,5	8	4
zócalos para Microcontroladores	2	0,5	8	4
Pantallas LCD 2X8	3	5,5	12	66
Buffers de Potencia ULN 2803	3	0,7	12	8,4
Osciladores (Resistencias Variables)	2	5	8	40
Borneras de tornillo	16	0,2	64	12,8
Cajas para los módulos Prototipos grande	1	3	4	12
Cajas para los módulos Prototipos pequeña	1	1,5	4	6
Conectores molex 12 pines	3	0,5	12	6
Placa de fibra de vidrio incluida manufactura	2	15	8	120
Luces	1	539	4	2.156,00
Postes 6m	2	200	4	800
Poste 4m	4	350	4	1.400,00
<b>TOTAL</b>				<b>7187,2</b>

**Tabla 32.** Proyección de egresos. **Fuente:** La Autora.

PRODUCTOS		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
SEMÁFORO	Cantidad	44,00	48,00	52,00	57,00	62,00
	Precio	2.654,98	2.761,18	2.871,63	2.986,49	3.105,95
	<b>Subtotal</b>	<b>116.819,10</b>	<b>132.536,58</b>	<b>149.324,54</b>	<b>170.229,98</b>	<b>192.568,93</b>

#### 4.2.2. MANO DE OBRA DIRECTA

Para la puesta en marcha e instalación de los semáforos se necesita contar con el personal capacitado el cual recibirá la remuneración adecuada por el trabajo realizado.

La variable usada para la media del crecimiento de la remuneración anual es de 9,90% utilizada en los últimos cinco años, mediante la tabla 33 se indica el crecimiento del salario mínimo vital.

**Tabla 33.** Crecimiento de salario mínimo vital por años. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una caja de ahorro y crédito comunitaria para los moradores de Santa Rosa del Tejar y San Eduardo, Parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia Imbabura” de Autoría de la Srta. Doris Ipiates Ch. Universidad Técnica del Norte.

NO.	AÑO	SMVG
1	2009	218
2	2010	240
3	2011	264
4	2012	292
5	2013	318
<b>Crecimiento</b>		<b>9,90%</b>

$$M = C(1+i)^{n-1}$$

$$318 = 218(1+i)^4$$

$$\frac{318}{218} = (1+i)^4$$

$$\sqrt[4]{1.46} = (1+i)$$

$$1,09899 = 1+i$$

$$I = 0,09899$$

**Ecuación 3.** Calculo del crecimiento de salario mínimo vital.



**Tabla 34.** S.B.U. de la Mano de Obra Directa. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una caja de ahorro y crédito comunitaria para los moradores de Santa Rosa del Tejar y San Eduardo, Parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia Imbabura” de Autoría de la Srta. Doris Ipiales Ch. Universidad Técnica del Norte.

CARGO	CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
TÉCNICO	Sueldo Básico	13.032,00	14.322,17	15.740,06	17.298,33	19.010,86
	Décimo Tercero	1.086,00	1.193,51	1.311,67	1.441,53	1.584,24
	Décimo Cuarto	318,00	349,48	384,08	422,10	463,89
	Aporte Patronal	1.583,39	1.740,14	1.912,42	2.101,75	2.309,82
	Fondo de reserva		1.193,51	1.311,67	1.441,53	1.584,24
<b>SUBTOTAL</b>		<b>16.019,39</b>	<b>18.798,82</b>	<b>20.659,90</b>	<b>22.705,24</b>	<b>24.953,05</b>
AYUDANTE	Sueldo Básico	17.592,00	19.333,61	21.247,64	23.351,15	25.662,92
	Décimo Tercero	1.466,00	1.611,13	1.770,64	1.945,93	2.138,58
	Décimo Cuarto	636,00	698,96	768,16	844,21	927,79
	Aporte Patronal	2.137,43	2.349,03	2.581,59	2.837,16	3.118,04
	Fondo de reserva		1.611,13	1.770,64	1.945,93	2.138,58
<b>SUBTOTAL</b>		<b>21.831,43</b>	<b>25.603,87</b>	<b>28.138,66</b>	<b>30.924,38</b>	<b>33.985,90</b>
<b>TOTAL SUELDOS Y BENEFICIOS</b>		<b>37.850,82</b>	<b>44.402,69</b>	<b>48.798,56</b>	<b>53.629,62</b>	<b>58.938,95</b>

#### 4.2.3. GASTOS GENERALES DE FABRICACIÓN

Para la realización del proyecto se utilizan gastos de fabricación entre los cuales están: suelda, suministros de oficina, movilización y servicios básicos, a continuación se presenta mediante la tabla 35 los gastos generados durante un periodo mensual y en la tabla 36 la proyección para cinco años.

**Tabla 35.** Gastos generales de Fabricación. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una caja de ahorro y crédito comunitaria para los moradores de Santa Rosa del Tejar y San Eduardo, Parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia Imbabura” de Autoría de la Srta. Doris Ipiales Ch. Universidad Técnica del Norte.

CONCEPTOS	VALOR MENSUAL
Movilización	100,00
Suministros de Oficina	20,00
Suelda	9,00
Energía Eléctrica	15,00
Agua Potable	5,00
Teléfono e Internet	25,00
<b>Total</b>	<b>174,00</b>

**Tabla 36.** Gastos generales de fabricación durante 5 años. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una caja de ahorro y crédito comunitaria para los moradores de Santa Rosa del Tejar y San Eduardo, Parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia Imbabura” de Autoría de la Srta. Doris Ipiales Ch. Universidad Técnica del Norte.

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Movilización	1.200,00	1.248,00	1.297,92	1.349,84	1.403,83
Suministros de Oficina	240,00	249,60	259,58	269,97	280,77
Suelda	108,00	112,32	116,81	121,49	126,34
Energía Eléctrica	180,00	187,20	194,69	202,48	210,57
Agua Potable	60,00	62,40	64,90	67,49	70,19
Teléfono e Internet	300,00	312,00	324,48	337,46	350,96
<b>TOTAL</b>	<b>2.088,00</b>	<b>2.171,52</b>	<b>2.258,38</b>	<b>2.348,73</b>	<b>2.442,66</b>

### 4.3. DEPRECIACIÓN

La depreciación son ciertos gastos reconocidos por la Ley de Régimen Tributario Interno del Ecuador que se aplica a los activos fijos, con el fin de que el propietario recupere la inversión inicial, todo esto de acuerdo a los porcentajes permitidos.

**Tabla 37.** Depreciación de activos fijos. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

CONCEPTO	AÑOS	VALOR	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MAQUINARIA Y EQUIPOS	10	212,00	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20
MUEBLES Y ENSERES	10	350,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
EQUIPOS DE OFICINA	10	40,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
EQUIPO DE COMPUTACIÓN	3	810,00	270,00	270,00	270,00		
		1.412,00	<b>330,20</b>	<b>330,20</b>	<b>330,20</b>	<b>60,20</b>	<b>60,20</b>

#### 4.4. HOJA DE COSTOS

<b>HOJA DE COSTOS MENSUAL</b>												
Producto:		<b>SEMÁFORO</b>							<b>Cantidad de Producción</b>		<b>4</b>	
<b>MATERIA PRIMA DIRECTA</b>				<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>				
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	C Total	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Descripción	Coeficiente	Costo Unitario	C Total
<b>Materiales</b>	4,00	707,80	2.831,20	Técnico	Horas	160,00	8,34	1.334,95	Movilización	1,00	100,00	100,00
<b>Luces</b>	4,00	539,00	2.156,00	Ayudante	Horas	320,00	5,69	1.819,29	Suministros de Oficina	1,00	20,00	20,00
<b>Poste</b>	4,00	200,00	800,00						Suelda	1,00	9,00	9,00
<b>Báculo</b>	4,00	350,00	1.400,00						Energía Eléctrica	1,00	15,00	15,00
									Agua Potable	1,00	5,00	5,00
									Teléfono e Internet	1,00	25,00	25,00
									Depreciación	1,00	27,52	27,52
									Amortización	1,00	76,97	76,97
TOTAL MATERIA PRIMA DIRECTA			<b>7.187,20</b>	TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA			<b>3.154,23</b>	TOTAL COSTOS INDIRECTOS DE FÁBRICA.				<b>278,48</b>
COSTO DE PRODUCCIÓN			<b>10.619,92</b>	COSTO UNITARIO INTERSECCIÓN			<b>2.654,98</b>	PRECIO DE VENTA				<b>2.950,00</b>

#### 4.5. ANÁLISIS DE COSTOS

El costo estimado que maneja el Municipio de Ibarra para cada intersección con el sistema de semaforización instalado actualmente en la ciudad de Ibarra, es de \$ 4500 dólares americanos, de acuerdo a la proyección es de \$ 2654,98 que representa un ahorro del 41%, que muestra la viabilidad del presente proyecto.

## 4.6. ESTADOS FINANCIEROS

Los Estados Financieros se los realiza al cierre de cada periodo contable con el objetivo de evaluar el potencial económico del proyecto y así generar los flujos favorables de fondos.

### 4.6.1. ESTADO DE SITUACIÓN INICIAL

Es un informe económico que refleja en un determinado momento la situación financiera de una empresa indicando los activos, pasivos y patrimonio de la misma, todo esto elaborado de acuerdo con los Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados. A continuación se presenta la tabla 38 en la que se describe la situación inicial del proyecto con sus respectivos valores.

**Tabla 38.** Balance general. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de un restaurant modalidad Self Service en la ciudad de Ibarra” de Autoría de la Srta. Cristina Montecinos. Universidad Técnica del Norte.

1	ACTIVO	AÑO 1
<b>1.1</b>	<b>ACTIVO CORRIENTE</b>	
1.1.1	Caja	
1.1.2	Bancos	3.328,23
1.1.3	Cuentas por Cobrar	
1.1.4	Inventarios	86.246,40
<b>1.2</b>	<b>ACTIVO FIJO</b>	
1.2.1	Maquinaria y Equipo	212,00
1.2.1.1	Depreciación Acumulada	-21,20
1.2.2	Muebles y Enseres	350,00
1.2.2.1	Depreciación Acumulada	-35,00
1.2.3	Equipo de Oficina	40,00
1.2.3.1	Depreciación Acumulada	-4,00
1.2.4	Equipo de Computación	810,00
1.2.4.1	Depreciación Acumulada	-270,00
<b>1.3</b>	<b>OTROS ACTIVOS</b>	
1.3.1	Gastos de Constitución	3.694,40
	<b>TOTAL ACTIVOS</b>	<b>94.350,83</b>
<b>2</b>	<b>PASIVO</b>	
<b>2.1</b>	<b>PASIVO NO CORRIENTE</b>	
2.1.1	Préstamo Bancario	0,00
	<b>TOTAL PASIVOS</b>	<b>0,00</b>
<b>3</b>	<b>PATRIMONIO</b>	
3.1	Capital	92.344,00
3.2	Utilidad o pérdida	2.006,84
	<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>94.350,83</b>
	<b>TOTAL PASIVO PATRIMONIO</b>	<b>94.350,83</b>

#### 4.6.2. ESTADO DE RESULTADOS

A continuación se presenta en la tabla 39 el estado de resultados en la que se indica de forma detallada como se logrará obtener una utilidad del ejercicio contable para los respectivos 5 años.

**Tabla 39.** Estado De Resultados. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa dedicada a la elaboración y Comercialización de refrigerios nutricionales (loncheritas) para niños en la ciudad de Ibarra” de Autoría de la Srta. Yohana Guerra. Universidad Técnica del Norte.

DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>1. Ingresos</b>	<b>129.800,00</b>	<b>147.264,00</b>	<b>165.917,44</b>	<b>189.145,88</b>	<b>213.967,13</b>
Ventas	129.800,00	147.264,00	165.917,44	189.145,88	213.967,13
<b>2. Costos</b>	<b>124.097,22</b>	<b>134.098,95</b>	<b>142.082,67</b>	<b>150.645,09</b>	<b>159.835,04</b>
Materia Prima	86.246,40	89.696,26	93.284,11	97.015,47	100.896,09
Salarios	37.850,82	44.402,69	48.798,56	53.629,62	58.938,95
<b>3. Gastos Administrativos</b>	<b>3.341,80</b>	<b>3.425,32</b>	<b>3.512,18</b>	<b>3.332,52</b>	<b>3.426,46</b>
Movilización	1.200,00	1.248,00	1.297,92	1.349,84	1.403,83
Suministros de Oficina	240,00	249,60	259,58	269,97	280,77
Suelda	108,00	112,32	116,81	121,49	126,34
Energía Eléctrica	180,00	187,20	194,69	202,48	210,57
Agua Potable	60,00	62,40	64,90	67,49	70,19
Teléfono e Internet	300,00	312,00	324,48	337,46	350,96
Depreciación	330,20	330,20	330,20	60,20	60,20
Amortización	923,60	923,60	923,60	923,60	923,60
<b>UTILIDAD ANTES A PARTICIPACIÓN</b>	<b>2.360,98</b>	<b>9.739,73</b>	<b>20.322,59</b>	<b>35.168,28</b>	<b>50.705,63</b>
Participación trabajadores 15%	354,15	1.460,96	3.048,39	5.275,24	7.605,84
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>2.006,84</b>	<b>8.278,77</b>	<b>17.274,20</b>	<b>29.893,03</b>	<b>43.099,78</b>
Impuesto a la Renta			591,50	2.418,46	4.607,96
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>2.006,84</b>	<b>8.278,77</b>	<b>16.682,70</b>	<b>27.474,58</b>	<b>38.491,83</b>

#### 4.7. COSTO DE CAPITAL Y TASA DE RENDIMIENTO MEDIO

**Tabla 40.** Costo de capital y tasa de rendimiento medio. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

Concepto	Inversión	Porcentaje	Tasa	Valor
Inversión La Autora	16.545,43	1,00	4,60	4,60
Inversión Total	16.545,43	1,00	19,10	4,60
<b>Costo de Capital</b>	<b>4,60%</b>			
<b>Tasa de Inflación</b>	<b>4,00%</b>			
<b>Tasa de Rendimiento Medio</b>	<b>8,78%</b>			

#### 4.7.1. ESTADO DE FLUJO DE CAJA

**Tabla 41.** Flujo de caja. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
UTILIDAD NETA		2.006,84	8.278,77	16.682,70	27.474,58	38.491,83
(+) Depreciaciones		330,20	330,20	330,20	60,20	60,20
(+) Amortización		923,60	923,60	923,60	923,60	923,60
(-) Inversiones	-16.545,43					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-16.545,43</b>	<b>3.260,64</b>	<b>9.532,57</b>	<b>17.936,50</b>	<b>28.458,38</b>	<b>39.475,63</b>

### 4.8. EVALUACIÓN FINANCIERA

#### 4.8.1. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN (Valor Actual Neto) es un método financiero que permite definir el valor actual de los flujos de caja que aparecen a lo largo de toda la inversión, es decir los flujos positivos conocidos como ingresos y los flujos negativos como son las salidas del capital o egresos, tomando en cuenta los descuentos que se realizan a la tasa de capital y además el riesgo de la inversión. De acuerdo al criterio mencionado anteriormente es recomendable que se realice una inversión cuando el valor actual neto sea positivo.

- **Criterios de Decisión**

VAN = 0, el proyecto no tendrá pérdida ni utilidad, solo se recuperará la inversión inicial

VAN > 0, el proyecto se acepta

VAN < 0, el proyecto se rechaza

$$VAN = < Inversion\ Inicial > + \frac{\sum FCN}{(1 + i)^n}$$

**Ecuación 4.** Cálculo del valor Actual Neto.

Mediante la tabla 42 se observa que el proyecto arroja un VAN de 54.673,53; lo que indica que es viable.

**Tabla 42.** Valor actual neto. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

TRM: %	8,78%	
AÑOS	FNC	VA
0	-16.545	\$ -16.545,43
1	3.261	\$ 2.997,35
2	9.533	\$ 8.055,27
3	17.936	\$ 13.932,93
4	28.458	\$ 20.321,23
5	39.476	\$ 25.912,18
<b>VAN</b>		<b>\$ 54.673,53</b>

#### 4.8.2. CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO ( TIR )

La tasa interna de retorno (TIR) representa la tasa de interés que produce un proyecto con su respectiva inversión tanto valores positivos o ingresos y valores negativos o egresos los mismos que ocurren en periodos regulares que pueden ser meses o años. El porcentaje en el cual se recupera el valor total de inversión es de 64,98%.

- **Criterios de Decisión:**

TIR=TMAR el proyecto no representa ningún beneficio o pérdida

TIR>TMAR el proyecto es rentable

TIR<TMAR el proyecto representa pérdida para el inversionista

$$TIR = TDi + (TDs - TDi) \left[ \frac{VANTi}{VANTs - VANTi} \right]$$

**Ecuación 5.** Cálculo de la Tasa de Retorno (TIR)

En la tabla 43 se indica el cálculo de la tasa interna de retorno con su respectivo porcentaje de interés.

**Tabla 43.** Tasa interna de retorno, **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

TIR DEL PROYECTO		64,98%
AÑOS	FNC (USD)	VA
0	-16.545	\$ -16.545,43
1	3.261	\$ 1.976,43
2	9.533	\$ 3.502,43
3	17.936	\$ 3.994,63
4	28.458	\$ 3.841,75
5	39.476	\$ 3.230,19
<b>VAN</b>		<b>\$ 0,00</b>

#### 4.8.3. RAZÓN BENEFICIO COSTO B/C

Mediante la tabla 44 se indica el parámetro costo/beneficio el cual permite analizar el retorno de los ingresos en función de los egresos, cabe mencionar que esta razón se determina para el inversionista del proyecto ya que en una institución pública el retorno de los ingresos se maneja a través de presupuestos e impuestos.

- **Criterios de decisión**

Si  $B/C = 1$  la inversión no genera ni beneficio ni pérdida, por lo tanto la inversión en el proyecto es indiferente

Si  $B/C > 1$  los ingresos son mayores a los egresos, el proyecto genera utilidad

Si  $B/C < 1$ , el proyecto no es aconsejable pues los egresos son mayores a los ingresos

**Tabla 44.** Beneficio costo. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una caja de ahorro y crédito comunitaria para los moradores de Santa Rosa del Tejar y San Eduardo, Parroquia San Francisco, cantón Ibarra, provincia Imbabura” de Autoría de la Srta. Doris IpiALES Ch. Universidad Técnica del Norte.

<b>INVERSIÓN</b>	<b>16.545</b>
VA 1	2.997
VA 2	8.055
VA 3	13.933
VA 4	20.321
VA 5	25.912
VAN	71.219
<b>R B/C =</b>	<b>4,30</b>

De acuerdo al análisis de la tabla anterior se define que por cada dólar que se gaste se genera un ingreso de \$4,30 ctvs., lo que significa que se obtiene una ganancia de \$3,30ctvs.

#### 4.8.4. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

De acuerdo a la inversión realizada el periodo de recuperación de la inversión es de 2 años.

**Tabla 45.** Período de recuperación de la inversión. **Fuente:** La Autora.

<b>INVERSIÓN</b>		<b>16.545</b>
<b>FNC</b>	<b>(FNC) USD</b>	<b>SUMA (FNC)</b>
<b>1</b>	3.261	3.261
<b>2</b>	9.533	12.793
<b>3</b>	17.936	30.730
<b>4</b>	28.458	59.188
<b>5</b>	39.476	98.664
<b>PRI =</b>	<b>2</b>	<b>AÑOS</b>

#### 4.9. PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio permite determinar el nivel de operación en el cual no se obtiene ni pérdida ni ganancias, este análisis se lo realiza durante un periodo determinado de 1 año. A continuación se presenta el análisis del punto de equilibrio para el proyecto mediante las tablas 46,47 y 48 para verse reflejado el resultado a través de la figura 66.



**Tabla 46.** Identificación de costos. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa dedicada a la elaboración y Comercialización de refrigerios nutricionales (loncheritas) para niños en la ciudad de Ibarra” de Autoría de la Srta. Yohana Guerra. Universidad Técnica del Norte.

TIPO	GASTOS Y COSTOS	AÑO 1
<b>COSTOS DIRECTOS</b>		
<b>Insumos</b>		
V	Materia Prima	86.246,40
<b>Recursos humanos</b>		
F	Técnico	16.019,39
F	Ayudante	21.831,43
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		<b>124.097,22</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
V	Movilización	1.200,00
V	Suministros de Oficina	240,00
V	Suelda	108,00
V	Energía Eléctrica	180,00
V	Agua Potable	60,00
V	Teléfono e Internet	300,00
F	Depreciación	330,20
F	Amortización	923,60
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>3.341,80</b>
<b>TOTAL USD</b>		<b>127.439,02</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>		<b>39.104,62</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>		<b>88.334,40</b>

**Fórmula:**

$$MC = PV - CVU$$

$$PE = \frac{CF}{PVU - CVU}$$

**Ecuación 6.** Cálculo del Punto de equilibrio.

**En donde:**

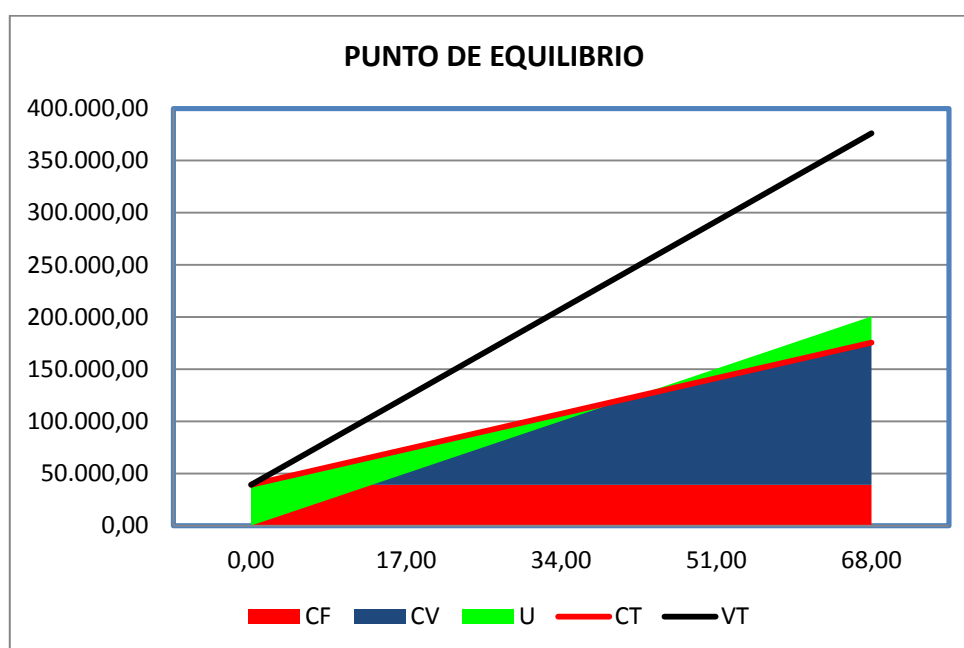
PE	=	Punto de equilibrio del proyecto
CF	=	Costo fijo
II	=	Inversión Inicial
PV	=	Precio de Venta
CVU	=	Costo variable unitario
MC	=	Margen de Contribución

**Tabla 47.** Punto de equilibrio. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de café pergamino seco en la Parroquia Apuela de la zona Intag, provincia de Imbabura” de Autoría de la Srta. Maricela Rosero. Universidad Técnica del Norte.

DETALLE	USD ANUAL
CF (costo fijo)	39.104,62
CV (costo variable)	88.334,40
Pvu (precio variable unitario)	2.950,00
Cantidad	44,00
Cvu (costo variable unitario)	2.007,60
MC (Margen de contribución unitario)	942,40
<b>Peq (punto de equilibrio en unidades)</b>	<b>41,00</b>

**Tabla 48.** Análisis punto de equilibrio. **Fuente:** Adaptado del Trabajo de Grado “Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa en el valle del chota, dedicada a la producción y comercialización de fréjol gandul ” de Autoría de la Srta. Amanda Cribán. Universidad Técnica del Norte.

Productos vendidos	PV	0,00	17,00	34,00	51,00	68,00
Ventas Totales	VT	0,00	50.150,00	100.300,00	150.450,00	200.600,00
Costos Variables	CV	0,00	34.129,20	68.258,40	102.387,60	136.516,80
Costos Fijos	CF	39.104,62	39.104,62	39.104,62	39.104,62	39.104,62
Costo Total	CT	39.104,62	73.233,82	107.363,02	141.492,22	175.621,42
Utilidad	U	-	-	-7.063,02	8.957,78	24.978,58



**Figura 66.** Punto de Equilibrio. **Fuente:** La Autora.

Una vez realizado el análisis para determinar si el proyecto tiene un costo beneficio se determina que no solo el beneficio es económico y rentable sino que además brinda ciertos beneficios sociales.

#### 4.10. BENEFICIOS

El proyecto de semaforización abarca varios beneficios para todas las personas que se encuentran involucrados en él, como se puede observar en el análisis anterior el proyecto es rentable y presenta una recuperación de inversión con su respectiva ganancia, proporcionando un beneficio económico a quien desarrollo el proyecto y lo vende.

Además brinda beneficios a la institución pública para la cual se desarrolló el proyecto, los mismos que no son estrictamente económicos sino que por el contrario permite que los encargados de semaforización trabajen de una manera más productiva y sencilla, a continuación se mencionan los beneficios con los que se aporta a la institución:

- El operador del sistema de semaforización cuenta con una interfaz gráfica fácil de manejar, la cual permite la manipulación de los datos para la configuración y actualización del sistema de semaforización mucho más rápidos.
- La revisión del sistema de semaforización resulta fácil no existen mayores complicaciones en cuanto al mantenimiento del mismo, lo que resulta para el operador una ventaja.
- El sistema de semaforización permite al operador configurar los estados de encendido y apagado de las luces del semáforo de acuerdo al tráfico que posea el lugar en el que se encuentra instalado el sistema.
- Posee una gran ventaja que es la versatilidad en el funcionamiento del sistema de semaforización.

Finalmente el proyecto también brinda beneficios a la sociedad, es decir a los habitantes del lugar en el cual se instaló el sistema de semaforización, si bien es cierto tampoco son beneficios económicos pero si sociales para ellos, dentro de estos se mencionan los siguientes.

- Mayor facilidad de movilización y seguridad para el peatón que circula por las vías, en las cuales está funcionando el sistema de semaforización.

- Fluidez en el tráfico, lo que permite a los vehículos moverse con mayor precaución para evitar inconvenientes e incidentes con los demás automotores y conductores.
- El sistema de semaforización brinda un beneficio para los moradores del lugar el cual ayuda a la prevención de accidentes de tránsito.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- El sistema desarrollado es eficiente debido a que realiza funciones de temporización con menos componentes electrónicos, además se realizó la placa del sistema de semaforización de forma que sea modular, es decir que es solo lógica.
- La utilización de SSRs permite brindar protección a la placa, es decir que a pesar que son más propensos a sufrir daños debido a que manejan potencia se los puede reemplazar con facilidad sin necesidad de realizar cambios ni reparaciones en la placa, ya que una placa no soporta más de dos reparaciones.
- La elaboración de la interfaz Humano – máquina mediante el programa Labview permite al operador manipular los cambios de estado de encendido y apagado de las luces del semáforo de una manera rápida y sin complicaciones.
- Mediante la interfaz gráfica es posible la programación del funcionamiento del semáforo de acuerdo a las necesidades de tráfico, es decir se puede configurar para que trabaje de una manera diferente de acuerdo a cada día de la semana y a cada una de las horas.
- ZigBee trabaja en una banda de frecuencia de 2.4 Hz que se encuentra saturada, a pesar de este inconveniente la aplicación que se desarrolló bajo este estándar no necesita estar comunicado constantemente, por lo que es suficiente para establecer

la comunicación y configurar el dispositivo del semáforo mediante el dispositivo USB.

- De acuerdo al estudio costo - beneficio realizado se puede determinar que el proyecto es viable y factible financieramente, en comparación a otros sistemas de semaforización su costo es menor.
- El prototipo realizado se encuentra en una etapa alfa lo que implica que está sujeto aun a nuevos cambios en hardware y software que pueden hacer del mismo un proyecto aún más adaptable a las necesidades de tráfico.
- Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento tanto del prototipo realizado como de la comunicación inalámbrica basada en módulos ZigBee, se concluye que el prototipo es válido pues trabaja de forma estable en condiciones comunes del medio ambiente dentro del rango de tolerancia.
- Se logró optimizar el tráfico vehicular en las calles que fue instalado el sistema de semaforización, brindado mayor seguridad al peatón y a los vehículos que transitan por dichas vías.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario que el dispositivo USB se encuentre instalado en el computador que se vaya a utilizar mediante un driver propio que viene con el mismo, ya que si no lo está el dispositivo no funcionará y por tanto no se podrá utilizar la interfaz gráfica.
- Es importante que el operador del sistema de semaforización actualice la hora del computador con el reloj del CPU es decir del reloj en tiempo real que utiliza el dispositivo.
- Es recomendable mantener la línea de vista adecuada en el momento que se vaya a realizar cambios en el dispositivo del semáforo mediante el dispositivo USB y la interfaz gráfica, para evitar que exista problemas de comunicación y por tanto no se lleguen a establecer los cambios.
- Al momento de la instalación del sistema es importante verificar las conexiones de energía al dispositivo de semaforización para evitar fallas y corto circuitos que puedan dañar el sistema.
- Desarrollar un sistema de control integral remoto que permita el monitoreo constante del sistema de semaforización, además de proporcionar gestión y administración de manera remota.
- Para comprobar todas las prestaciones del nuevo sistema de semaforización se recomienda colocar en toda la ciudad un solo sistema con el fin de brindar mayor fiabilidad en el funcionamiento de la semaforización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS.

Springer G. (2010), Logo Siemens. Recuperado de <http://www.slideshare.net/aaron12/logo-siemens>

Sistema de Centralización de Tráfico ADIMOT (2011). Recuperado de [http://www.sice.com/contenidos/productos/trafico/trafico\\_020.html?sector=11](http://www.sice.com/contenidos/productos/trafico/trafico_020.html?sector=11)

Fuentes de alimentación conmutada (Switching), (2013). Recuperado de <http://www.slideshare.net/Jomicast/las-fuentes-de-alimentacin-conmutadas-switching>

OMRON ELECTRIC,S S.A (2012), Guía Rápida Relés de Estado Solido SSRs. Recuperado de <http://www.reitec.es/V2/Pdf/documentacion6.pdf>

Integrated Circuit Division (2013), Ventajas de los Relés de Estado Sólido respecto a los Relés Electromecánicos. Recuperado de [http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/\\$file/AN-145ES.pdf](http://www.ixysic.com/home/pdfs.nsf/www/AN-145ES.pdf/$file/AN-145ES.pdf)

XBee Pro & XBee PRO ZB (2013), Embedded RF Module Family for OEMs. Recuperado de [http://www.digi.com/pdf/ds\\_xbeezbmodules.pdf](http://www.digi.com/pdf/ds_xbeezbmodules.pdf)

Datasheet ULN 2803 (2011). Recuperado de [http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/90/366828\\_DS.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/90/366828_DS.pdf)

ULN2803: ¿Qué es? ¿Cuál es su función? (2011). Recuperado de [http://picaxe.electronicasimple.com/2008/11/uln2803-qu-es-cual-es-su-funcin\\_11.html](http://picaxe.electronicasimple.com/2008/11/uln2803-qu-es-cual-es-su-funcin_11.html)

Datasheet LM317T – Terminal Ajustable (2011). Recuperado de <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8604/NSC/LM317T.html>

Cánovas, A., Manual de usuario del Compilador PCW de CCS. Recuperado de [http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Manual\\_Compilador\\_CCS\\_PICC.pdf](http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Manual_Compilador_CCS_PICC.pdf)

Biblioman, (2013), Compilador PCW CCS. Recuperado de <http://www.aquihayapuntes.com/compilador-pcw-ccs.html>



CCS C Compiler (2012), Archivo de Ayuda. Recuperado de <http://microteki2c.activoforo.com/t3-pic-c-compiler-41-full-ccs>

Tutorial de Labview (2012). Recuperado de [http://www.gte.us.es/ASIGN/IE\\_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf](http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf)

Prueba y protección de fuentes conmutadas (2012). Recuperado de <http://www.comunidadelectronicos.com/articulos/prueba-fuente-conm.htm>

Milan, V. (2009). PIC Microcontrollers – Programming in C. Editorial mikroElektronika; primera edición.

Microelectronica RTC recuperado de <http://burgath.com/wp-content/uploads/2012/06/Manual-RTC-datasheet.pdf>.

Curso de Redes de Microcontroladores (Protocolo SPI) PIC (2011). Recuperado de <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>.

The Major Differences in the XBee Series 1 vs. the XBee Series 2. (Junio 2013). Recuperado de <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl?id=2213>

Farahani, S. 2008. (1<sup>ra</sup> Ed.), Zigbee Wireless Networks and Transceivers. United States of America.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**LCD:** Son las siglas de Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido). Es una pantalla delgada y plana formada por un determinado número de píxeles que se colocan delante de una fuente de luz, este tipo de pantalla utilizan poca energía eléctrica.

**USB:** Es la sigla de Universal Serial Bus (Bus Universal en serie). Es una interfaz de entrada/salida con el Pc y ciertos dispositivos, este es un bus externo que soporta diferentes tasas de transferencia de datos.

**RTC:** Son las siglas de Real Time Clock (Reloj de Tiempo Real). Se utiliza para proporcionar información de hora y fecha, poseen una batería con la que sigue funcionando aun cuando se haya apagado la fuente de alimentación.

**PWM:** Son las siglas de Pulse Width Modulation (Modulación de Ancho de Pulso). Es un módulo que contienen los microcontroladores el cual permite modificar el ciclo de trabajo de una señal y con ello controlar el nivel de energía que se aplica a una carga.

**CCP:** Es un módulo de Captura, Comparación y PWM (Capture, Compare y PWM). Este módulo permite controlar y medir el tiempo de diversos eventos, cuenta con un registro de 16 bits que puede operar como un registro de captura de tiempo al producirse un evento, registro de comparación de valores registrados en el Timer1, o ciclo de operación de PWM.

**SPI:** Son las siglas de Serial Peripheral Interface (Interfaz de Periféricos en Serie). Es un estándar de comunicación usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados. SPI es un bus de tres líneas sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits, permitiendo una comunicación full dúplex.

**PC:** Estas siglas comprenden a Inter – Integrated Circuit (Inter – Circuitos Integrados). Es un estándar que permite la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos, este bus de comunicación en serie sincrónica utiliza dos líneas para transmitir la información, una de ellas se utiliza para datos mientras que la otra se utiliza para la señal de reloj.

**SRAM:** Proviene de Static Random Access Memory (Memoria Estática de Acceso Aleatorio). Es un tipo de memoria basada en semiconductores, es capaz de mantener los datos el tiempo que reciben energía lo que la hace una memoria más rápida y además más fiable.

**SSR:** Es el acrónimo de Solid State Relay (Relé de Estado Sólido). Es un interruptor electrónico que utilizan transistores y TRIacs para controlar elevadas cargas de potencia a partir de señales de control de bajo voltaje e intensidad.

**UART:** Es la abreviatura de Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), que se encarga de manejar las instrucciones de dispositivos conectados en paralelo y transformarlas en formato serie o viceversa para que puedan ser transmitidos a través de distintos puertos.

**EMI:** Son las siglas de Electromagnetic Interference (Interferencia Electromagnética). Es cualquier tipo de señal, emisión o perturbación que ocurre en un circuito causada por una fuente de radiación electromagnética externa al circuito.

**HMI:** Son las siglas de Human Machine Interface (Interfaz Humano Máquina). Es un conjunto de técnicas que permite al operador o usuario visualizar datos en tiempo real para que pueda modificarlos e interactuar con ellos.

**ISM:** Es el acrónimo de, Scientific and Medical Industrial (Industrial, Científica y Médica). Son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnéticas en áreas industrial, científica y medica; respetando los niveles de potencia transmitida y sin necesidad del uso de licencias.

**VAN:** Son las siglas Valor Actual Neto (en inglés Net Present Value). Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado flujo de caja originados por una inversión.

**TIR:** Son las siglas de Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad. Es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de alguna inversión y que además implica llevar a cabo una reinversión.

**PE:** Son las siglas de Punto de Equilibrio, es una herramienta financiera que indica el punto en el cual una empresa ni gana ni pierde, es decir, su beneficio es igual a cero.

# ANEXOS

## ANEXO A

### ENTREVISTA REALIZADA A UN MIEMBRO DEL GAD IBARRA.

Esta entrevista se realiza con el propósito de determinar los aspectos más fundamentales de la semaforización, en especial del funcionamiento y el estado de los semáforos que se encuentran instalados en la ciudad de Ibarra, para lo cual se realizó una serie de preguntas que se presentan a continuación con el objeto de recopilar la información necesaria.

1. ¿Hace cuantos años trabaja en el mantenimiento de semáforos en el GAD Ibarra?
2. ¿Cuál es el estado actual de la Semaforización en la Ciudad de Ibarra?
3. ¿Qué tipos de semáforos se encuentran instalados en la ciudad de Ibarra?
4. ¿Cuál es el funcionamiento del nuevo sistema de semaforización, el cual se encuentra en proceso de instalación?
5. ¿El nuevo sistema de semaforización será instalado en toda la ciudad?
6. ¿Cuáles son las principales características que debe tener un sistema de semaforización?

La entrevista fue realizada al Sr. Fernando Terán encargado del mantenimiento de semaforización de la ciudad de Ibarra.











## **ANEXO B**

### **PLANO DE INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA**

En el siguiente plano se muestra el cableado de fibra óptica que utiliza el GAD Ibarra para el sistema de semaforización el cual se indica mediante la línea de color Azul.



## ANEXO C

### RECOPIACIÓN DE DATOS

La recopilación de datos se realizó durante dos semanas a partir del 28 de enero de 2013 al 8 de febrero del mismo año, durante los horarios de 07:00 am a 18:00 pm en el día, a continuación se muestra el formato, además de los datos tomados.

Calle Guaranda y Santa Isabel				
Hora	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Motos	Total
06:00 - 6:15				
06:15 - 06:30				
06:30 - 06:45				
06:45 - 07:00				
07:00 - 07:15				
07:15 - 07:30				
07:30 - 07:45				
07:45 - 08:00				
08:00 - 08:15				
08:15 - 08:30				
08:30 - 08:45				
08:45 - 09:00				
09:00 - 09:15				
09:15 - 09:30				
09:30 - 09:45				
09:45 - 10:00				
10:00 - 10:15				
10:15 - 10:30				
10:30 - 10:45				
10:45 - 11:00				











## ANEXO D

### CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR PIC18F452

Entre sus principales características podemos citar las siguientes:

- Posee 40 pines.
- Memoria de Programa de 32 Kbytes.
- Datos EEPROM 256 bytes.
- Memoria RAM interna de 1536 bytes.
- Número de instrucciones 16384.
- 1 Timer de 8 bits (Timer2)
- 3 Timers de 16 bits (Timer0, Timer1, Timer3)
- Conversor Análogo - Digital A/D de 10 bits.
- Tres pines para interrupciones externas.
- Dos módulos PWM/CCP
- Modo de comunicación SPI
- Modo de comunicación I2C
- Módulo de comunicación USART(Transmisor Receptor Asincrónico - Sincrónico Universal), que puede funcionar en los siguientes modos:
  - Asíncrono - Full Duplex
  - Síncrono Master - Half Duplex
  - Síncrono Slave - Half Duplex
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP)
- Posee 5 puertos de Entrada/Salida (E/S) de 8 bits, excepto el puerto A que contiene 7 bits.
- Niveles de prioridad para las interrupciones.
- Rango de voltaje de operación entre 2.0V y 5.5V

Dependiendo del programa que se requiere realizar pueden estar habilitados los 5 puertos o tan solo 3 puertos de E/S.

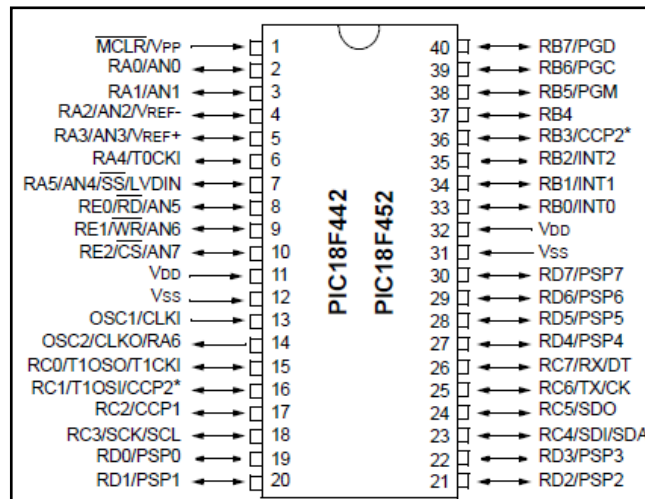


Diagrama de Pines del PIC18F452.

A continuación se presenta el siguiente diagrama La cual detalla la estructura interna que posee el microcontrolador PIC18F452.

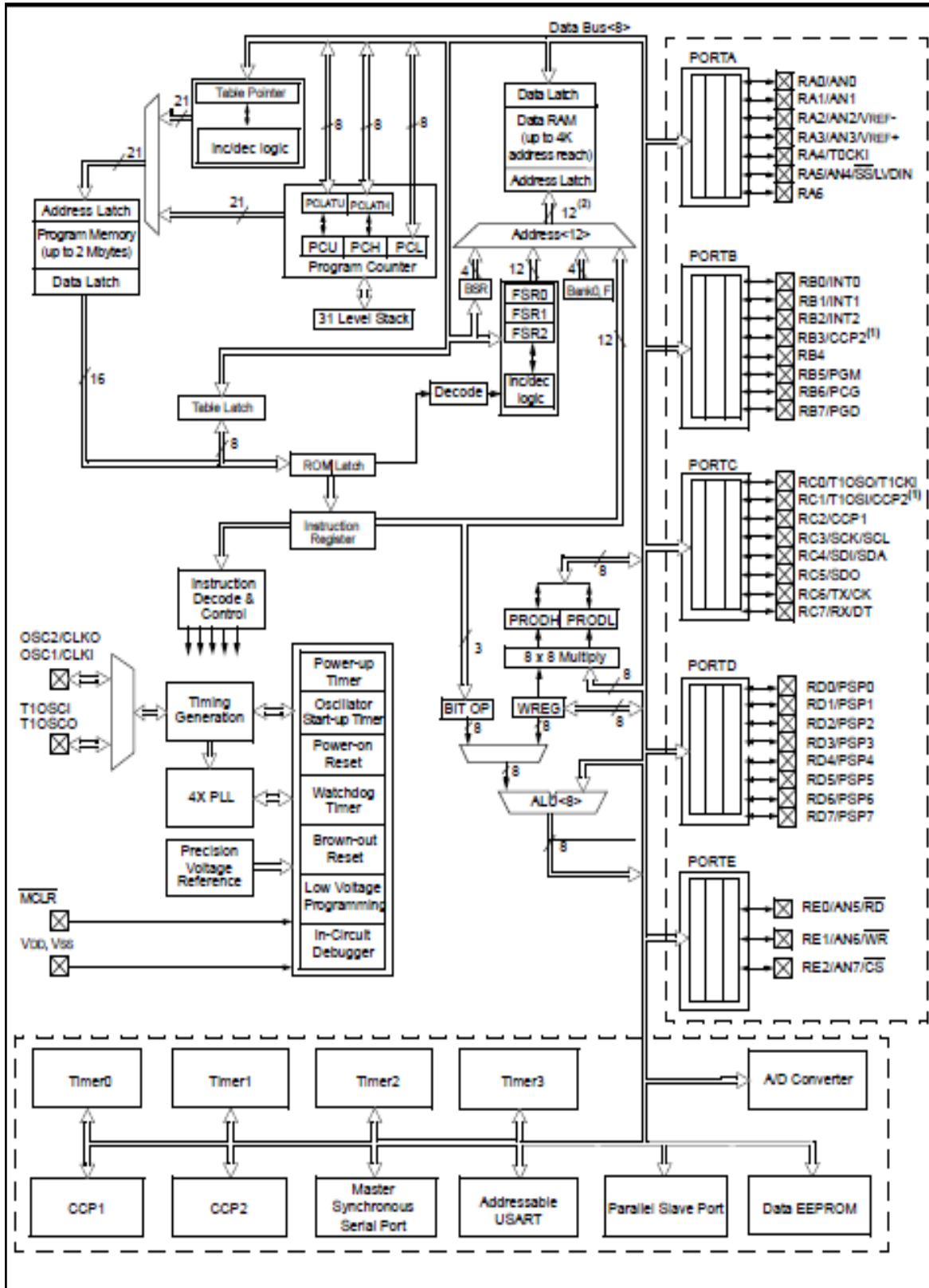


Diagrama de Bloques del PIC18F452

## ANEXO E

### CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR PIC 18F2550

Entre sus principales características se mencionan las siguientes:

- Interfaz USB V2.0 velocidad de trabajo desde 1.5 Mbps hasta 12 Mbps.
- Voltaje de operación entre 2 y 5.5 voltios.
- Posee 28 pines.
- 10 canales ADC de 10 bits.
- Memoria Flash de 32 Kbytes.
- 256 bytes de memoria EEPROM.
- 2 Kbytes de Memoria RAM.
- Puertos de comunicación USART, SPI, I2C.
- 2 temporizadores de 16 bits y 1 temporizador de 8 bits.
- Oscilador interno configurable de 32 KHz hasta 8MHz.

A continuación se presenta la estructura interna y el encapsulado del microcontrolador PIC

18F2550.

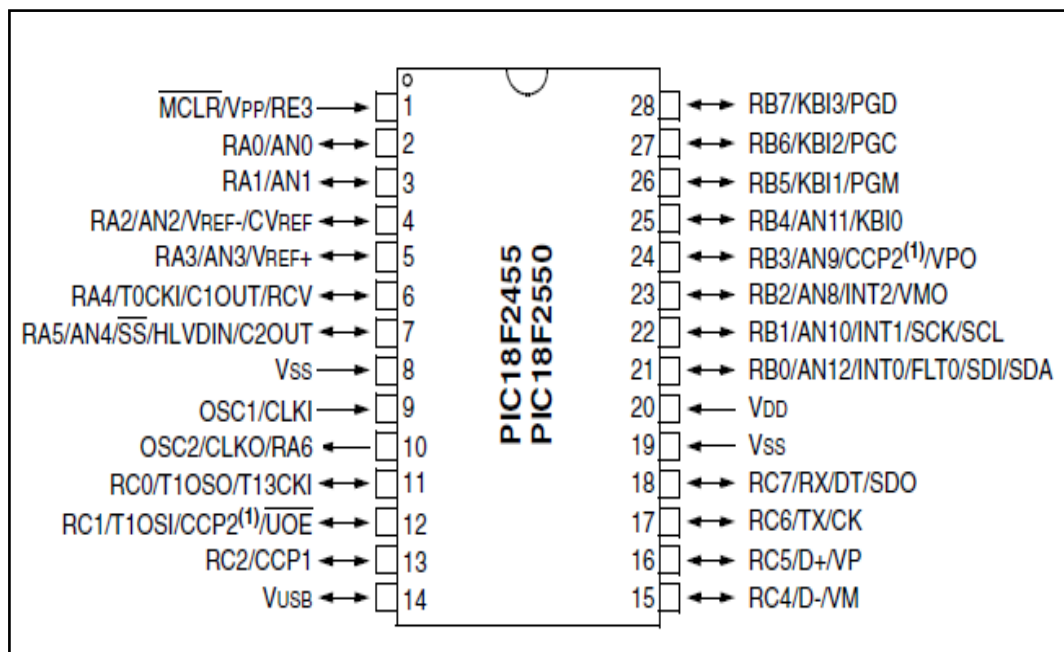
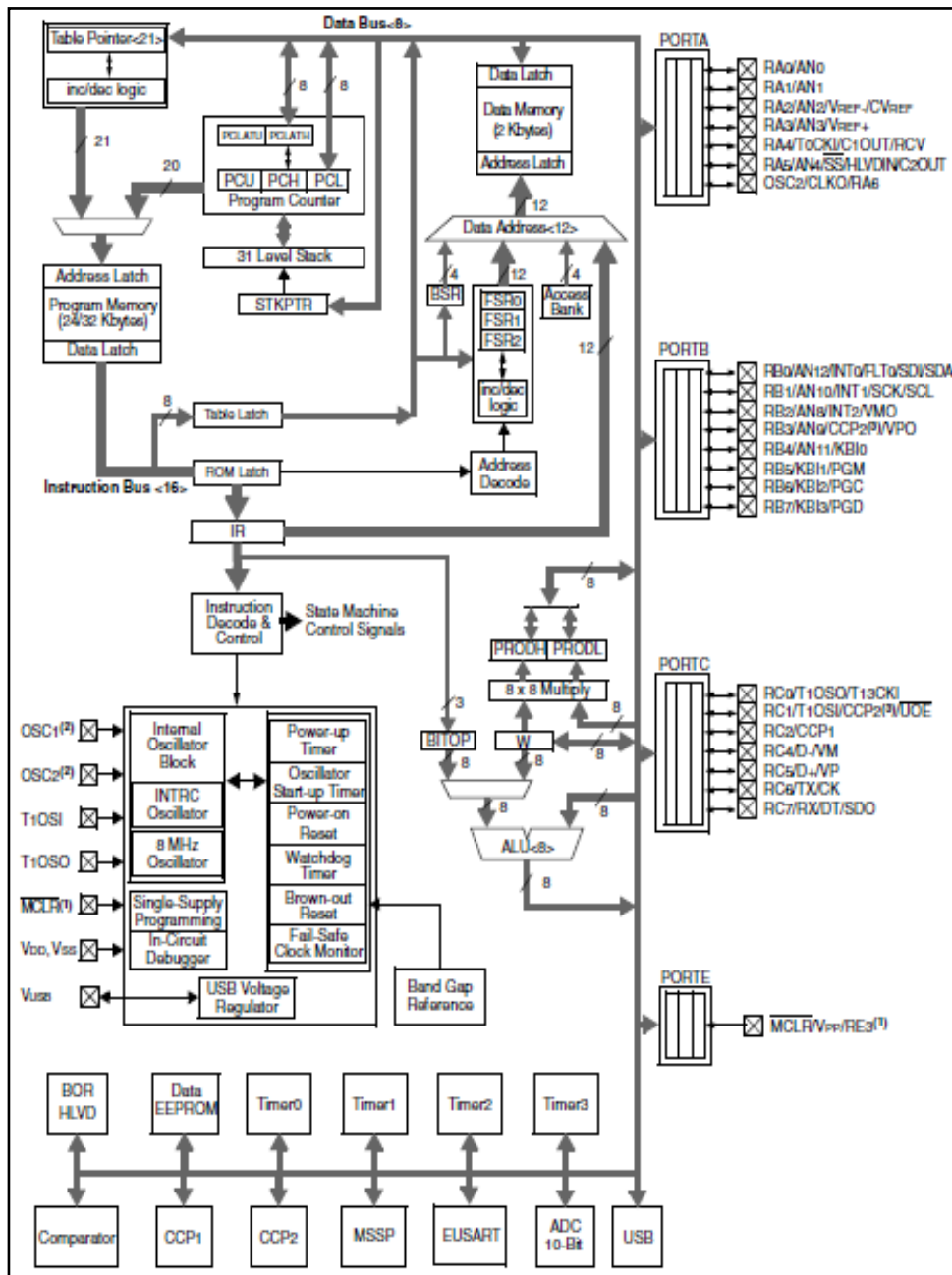


Diagrama de pines del PIC 18F2550.



Estructura interna del microcontrolador PIC 18F2550

## ANEXO F

## CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR

```

#include <.\nodo1_complemento.h>//rutinas especiales y rutinas de interrupción

void main(void)
{
    unsigned int i;
    unsigned int tope_esperar;
    delay_ms(100);//antirrebotes
    disable_interrupts(global);
    disable_interrupts(int_timer1);
    disable_interrupts(int_rda);
    setup_adc_ports(no_analogs);
    setup_adc(adc_off);
    setup_wdt(wdt_off);//apagado watchdog timer
    setup_spi(FALSE);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_timer_0(rtcc_off);//deshabilitados todos los timers
    setup_timer_1(t1_disabled);
    setup_timer_2(t2_disabled,0,1);
    setup_timer_3(t3_disabled|t3_div_by_1);
    setup_ccp1(ccp_off);//apagado módulo ccp1
    setup_ccp2(ccp_off);//apagado módulo ccp2
    port_b_pullups(FALSE);

    inicia_puertos();

    enable_interrupts(int_rda);//activada interrupción por recepción uart
    enable_interrupts(global);//activado permiso global de interrupciones

    setup_timer_1(t1_internal|t1_div_by_8);//recurso interno de reloj, escala 8
    set_timer1(3036);//interrupción cada  $T=(4/Fosc)*((2^{\text{resolución}})-TMR0)*\text{escala}$ 
    //  $T=(4/20\text{Mhz})*(65536-3036)*8=100\text{mseg}$ 
    enable_interrupts(int_timer1);//activada interrupción por desbordamiento de timer1
    lcd_init();//inicializa lcd
    backlight=1;//enciende backlight
    lcd_putc("\fSemaforo\nPrincipal");
    delay_ms(1000);

    lcd_putc("\fID ");

    for(i=0;i<=7;i++)//imprime dirección zigbee La Autora
        printf(lcd_putc,"%c",dir_La Autora[i]);

    lcd_putc("\nCoordinador");

    delay_ms(1500);

    ds1307_inicia(DS1307_OUT_ON_DISABLED_HIGH|DS1307_OUT_ENABLED|DS1307_OUT_1_HZ);

    if(read_eeprom(0)==1)//verifica bandera de inicio por primera vez
    {
        ds1307_config_hora_fecha(1,1,13,3,0,0,0);
        write_eeprom(0,0);//encera bandera para que sólo se ejecute una vez
    }

    inicia_ram();
    modo_zb=transp_lv;
    lee_reloj();
    actualiza_configuracion(dia_sem,hora);
    permiso_actualizar=1;

proceso_principal:

    lcd_putc("\f");//borra pantalla

```

```

lcd_gotoxy(1,1);
printf lcd_putc, "Nodo USB");
modo_zb=config_zb;
enlaza_nodo(0);//busca enlazarse con nodo usb
modo_zb=transp_lv;
borra_buffer();
lcd_putc("\f");//borra pantalla

output_low(pin_c5);//apaga salida auxiliar
auxiliar_ram=0;

for(;;)
{
    lee_reloj();
    lee_salidas();
    lee_temporizadores();

    if(comando_recibido==1)
    {
        comando_recibido=0;
        ejecuta_comando();
    }

    if(min==0&&seg==0)//cambio de hora
    {
        disable_interrupts(global);//desactivado permiso global de interrupciones
        actualiza_configuracion(dia_sem,hora);//carga la configuración desde la flash, según el día y la hora
        enable_interrupts(global);//activado permiso global de interrupciones
        permiso_actualizar=1;//activa permiso para que interrupción actualice su funcionamiento
        goto proceso_config;
    }

    if(permiso_sincronizar==1&&permiso_actualizar==0)//entra sólo si ya no se está actualizando la configuración
    {
        permiso_sincronizar=0;
        goto proceso_config;
    }
}

proceso_config:

output_high(pin_c5);//enciende salida auxiliar
auxiliar_ram=1;
ejecuta_configuracion();//envía la nueva configuración a los dos semáforos

if(modo!=0)//si no es modo normal, no realiza sincronización, sólo actualización
{
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf lcd_putc, "No modo normal!");
    permiso_sincronizar=0;
    delay_ms(1000);
    goto proceso_principal;
}

lee_tiempo();//lee reloj, para actualizar el valor de segundos
seg_anterior=seg;//inicializa valor anterior, con valor actual
i=0;//inicializa en 0, para contar tiempo antes de la sincronización

tope_esperar=30;//250 inicialmente

lcd_gotoxy(1,1);
printf lcd_putc, "Sncr.en");
lcd_gotoxy(4,2);
printf lcd_putc, "seg");

for(;;)
{
    lee_reloj();
    if(tope_esperar!=0&&seg!=seg_anterior)//decrementa cada cambio de segundo pero sólo hasta llegar a cero
    {

```

```

    tope_esperar--;
    seg_anterior=seg;
}

lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"%03u",tope_esperar);

if((permiso_actualizar==0)&&(tope_esperar==0))
{
    goto proceso_sincro;
}
}

proceso_sincro:
    ejecuta_sincronizacion(1);//sincroniza semáforo 1
    ejecuta_sincronizacion(2);//sincroniza semáforo 2
    goto proceso_principal;
}

#include <18f452.h>
#define high_ints=true
#define fuses hs,oscsen,put,nobrownout,borv42,nowdt,wdt128,ccp2c1,nostvren
#define fuses nodebug,nolvp,noprotect,nocpb,nocpd,nowrt,nowrtd
#define use_delay(clock=20m,restart_wdt)
#define use_rs232(baud=9600,parity=n,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7,bits=8)

#define RTC_SDA PIN_C4
#define RTC_SCL PIN_C3
#define USE_INTERRUPTS 1
#define use_portb_lcd TRUE
#include <.\lcd_nodo.c>
#include <.\ds1307.c>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#define priority int_rda,int_timer1
#define apagado 0
#define encendido 1
#define byte_porta=0xf80//portx
#define byte_portb=0xf81
#define byte_portc=0xf82
#define byte_portd=0xf83
#define byte_porte=0xf84
#define byte_lata=0xf89//latx
#define byte_latb=0xf8a
#define byte_latac=0xf8b
#define byte_latd=0xf8c
#define byte_late=0xf8d
#define byte_trisa=0xf92//trisx
#define byte_trisb=0xf93
#define byte_trisc=0xf94
#define byte_trisd=0xf95
#define byte_trise=0xf96

#define bit_backlight=latc.0
#define rojo_principal 0
#define amarillo_principal 1
#define verde_principal 2
#define rojo_secundario 3
#define amarillo_secundario 4
#define verde_secundario 5
#define auxiliar 6

#define on 1
#define off 0
#define tamanio_buffer 40
#define transp_lv 0 //modo transparente para comunicación con labview
#define config_zb 1 //modo de configuración de módulo zigbee
#define transp_semaf 2//modo de comunicación con los semáforos

#define rom_int8 0xf00000={0x01} //bandera de inicio primera vez, usada para configurar RTC

```





```

#ORG 0x79e0, 0x7a5f
unsigned int32 const
config_rom_jueves[24]={0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
0x0b000a03,0x0b000a03};
#ORG 0x7a60, 0x7adf
unsigned int32 const
config_rom_viernes[24]={0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
3,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,0x0b000a03,
0x0b000a03,0x0b000a03};
//se lee en memoria 0x0b030a00=>0b=11seg rojo,03=3seg amarillo,0a=10seg verde,00=modo normal
#int_rda //interrupción
void interrupt()
{
    unsigned char i,dato_rx;

    if(kbhit())//si ha recibido un caracter con kbhit()
    {
        dato_rx=getc();//lee el buffer y almacena en dato
        if(modos_zb==transp_lv)
        {
            if(dato_rx<=0x7f)//sólo acepta caracteres ascii
            {
                dato_recibe[contador_rx]=dato_rx;
                if(dato_rx=='$')
                {
                    for(i=0;i<=contador_rx;i++)//borra localidades de buffer de recepción
                    {
                        comando[i]=dato_recibe[i];
                        dato_recibe[i]=' ';
                    }
                    contador_rx=0;
                    comando_recibido=1;
                }
            }
            else
            {
                contador_rx++;
                if(contador_rx>=tamaño_buffer)
                {
                    for(i=0;i<tamaño_buffer;i++)//borra localidades de dato_recibe
                    {
                        dato_recibe[i]=' ';
                    }
                    contador_rx=0;
                }
            }
        }
    }
}
else if(modos_zb==config_zb)
{
    if(dato_rx==0x0a)//no acepta este caracter
    {

    }
    else if(dato_rx==0x0d)//fin de trama
    {
        for(i=0;i<contador_rx;i++)//borra localidades de buffer de recepción
        {
            comando[i]=dato_recibe[i];

```

```

        dato_recibe[i]=' ';
    }
    contador_rx=0;
    comando_recibido=1;
}
else
{
    dato_recibe[contador_rx]=dato_rx;
    contador_rx++;
    if(contador_rx>=tamaño_buffer)
    {
        for(i=0;i<tamaño_buffer;i++)//borra localidades de dato_recibe
        {
            dato_recibe[i]=' ';
        }
        contador_rx=0;
    }
}
}
else if(modos_zb==transp_semaf)
{
    if(dato_rx==0x0a)//no acepta este caracter
    {
    }
    else if(dato_rx==0x0d)//fin de trama
    {
        for(i=0;i<contador_rx;i++)//borra localidades de buffer de recepción
        {
            comando[i]=dato_recibe[i];
            dato_recibe[i]=' ';
        }
        contador_rx=0;
        comando_recibido=1;
    }
    else
    {
        dato_recibe[contador_rx]=dato_rx;
        contador_rx++;
        if(contador_rx>=tamaño_buffer)
        {
            for(i=0;i<tamaño_buffer;i++)//borra localidades de dato_recibe
            {
                dato_recibe[i]=' ';
            }
            contador_rx=0;
        }
    }
}
}
}
}

```

```

void semaforo(unsigned char luz,unsigned char estado)

```

```

{
    switch(luz)
    {
        case rojo_principal:
            if(estado)
            {
                output_high(pin_c1);
                rojo_p_ram=1;
            }
            else
            {
                output_low(pin_c1);
                rojo_p_ram=0;
            }
            break;

        case amarillo_principal:

```

```
    if(estado)
    {
        output_high(pin_c2);
        amarillo_p_ram=1;
    }
    else
    {
        output_low(pin_c2);
        amarillo_p_ram=0;
    }
    break;
```

```
case verde_principal:
    if(estado)
    {
        output_high(pin_d0);
        verde_p_ram=1;
    }
    else
    {
        output_low(pin_d0);
        verde_p_ram=0;
    }
    break;
```

```
case rojo_secundario:
    if(estado)
    {
        output_high(pin_d1);
        rojo_s_ram=1;
    }
    else
    {
        output_low(pin_d1);
        rojo_s_ram=0;
    }
    break;
```

```
case amarillo_secundario:
    if(estado)
    {
        output_high(pin_d2);
        amarillo_s_ram=1;
    }
    else
    {
        output_low(pin_d2);
        amarillo_s_ram=0;
    }
    break;
```

```
case verde_secundario:
    if(estado)
    {
        output_high(pin_d3);
        verde_s_ram=1;
    }
    else
    {
        output_low(pin_d3);
        verde_s_ram=0;
    }
    break;
```

```
/*case auxiliar:
    if(estado)
    {
        output_high(pin_c5);
        auxiliar_ram=1;
    }
}
```



```

        semaforo(verde_principal,on);
        cont_principal=verde_ciclo_int;
        cont_secundario=rojo_sec_int;
        estado_semaforo=3;
    }
    break;

case 3://verde_principal
    cont_secundario--;
    cont_principal--;

    if(cont_principal==0)
    {
        semaforo(verde_principal,off);
        semaforo(amarillo_principal,on);
        cont_principal=amarillo_int;
        estado_semaforo=4;
    }
    break;

case 4://amarillo principal
    cont_secundario--;
    cont_principal--;

    if(cont_principal==0)
    {
        semaforo(amarillo_principal,off);
        semaforo(rojo_principal,on);
        cont_principal=2;
        cont_secundario=2;
        estado_semaforo=5;
    }
    break;

case 5://muerto
    cont_secundario--;
    cont_principal--;

    if(cont_secundario==0)
    {
        semaforo(rojo_secundario,off);
        semaforo(verde_secundario,on);
        cont_principal=rojo_princ_int;
        cont_secundario=verde_sec_int;
        estado_semaforo=0;
        fin_ciclo=1;
    }
    break;
}
break;

case 1://intermitente rojo
switch(estado_semaforo)
{
    case 0://encendido
        semaforo(rojo_principal,on);
        semaforo(amarillo_principal,off);
        semaforo(verde_principal,off);

        semaforo(rojo_secundario,on);
        semaforo(amarillo_secundario,off);
        semaforo(verde_secundario,off);

        cont_principal--;

        if(cont_principal==0)
        {
            semaforo(rojo_principal,off);
            semaforo(rojo_secundario,off);
            cont_secundario=luz_apagada_int;

```

```

        estado_semaforo=1;
    }
break;

case 1://apagado
    cont_secundario--;

    if(cont_secundario==0)
    {
        semaforo(rojo_principal,on);
        semaforo(rojo_secundario,on);
        cont_principal=rojo_princ_int;
        estado_semaforo=0;
        fin_ciclo=1;
    }
break;
}
break;
case 2://intermitente amarillo
switch(estado_semaforo)
{
case 0://encendido
    semaforo(rojo_principal,off);
    semaforo(amarillo_principal,on);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,off);
    semaforo(amarillo_secundario,on);
    semaforo(verde_secundario,off);

    cont_principal--;

    if(cont_principal==0)
    {
        semaforo(amarillo_principal,off);
        semaforo(amarillo_secundario,off);
        cont_secundario=luz_apagada_int;
        estado_semaforo=1;
    }
    break;

case 1://apagado
    cont_secundario--;

    if(cont_secundario==0)
    {
        semaforo(amarillo_principal,on);
        semaforo(amarillo_secundario,on);
        cont_principal=amarillo_int;
        estado_semaforo=0;
        fin_ciclo=1;
    }
    break;
}
break;
case 3://intermitente rojo amarillo
switch(estado_semaforo)
{
case 0://encendido
    semaforo(rojo_principal,on);
    semaforo(amarillo_principal,off);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,off);
    semaforo(amarillo_secundario,on);
    semaforo(verde_secundario,off);

    cont_principal--;

    if(cont_principal==0)

```

```

    {
        semaforo(rojo_principal,off);
        semaforo(amarillo_secundario,off);
        cont_secundario=luz_apagada_int;
        estado_semaforo=1;
    }
break;

case 1://apagado
cont_secundario--;

if(cont_secundario==0)
{
    semaforo(rojo_principal,on);
    semaforo(amarillo_secundario,on);
    cont_principal=rojo_princ_int;
    estado_semaforo=0;
    fin_ciclo=1;
}
break;
}
break;
case 4://intermitente amarillo rojo
switch(estado_semaforo)
{
case 0://encendido
semaforo(rojo_principal,off);
semaforo(amarillo_principal,on);
semaforo(verde_principal,off);

semaforo(rojo_secundario,on);
semaforo(amarillo_secundario,off);
semaforo(verde_secundario,off);

cont_principal--;

if(cont_principal==0)
{
    semaforo(amarillo_principal,off);
    semaforo(rojo_secundario,off);
    cont_secundario=luz_apagada_int;
    estado_semaforo=1;
}
break;

case 1://apagado
cont_secundario--;

if(cont_secundario==0)
{
    semaforo(amarillo_principal,on);
    semaforo(rojo_secundario,on);
    cont_principal=amarillo_int;
    estado_semaforo=0;
    fin_ciclo=1;
}
break;
}
break;
case 5://constante rojo
semaforo(rojo_principal,on);
semaforo(amarillo_principal,off);
semaforo(verde_principal,off);

semaforo(rojo_secundario,on);
semaforo(amarillo_secundario,off);
semaforo(verde_secundario,off);
cont_principal=0;
cont_secundario=0;
fin_ciclo=2;

```

```

    break;
case 6://constante amarillo
    semaforo(rojo_principal,off);
    semaforo(amarillo_principal,on);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,off);
    semaforo(amarillo_secundario,on);
    semaforo(verde_secundario,off);
    cont_principal=0;
    cont_secundario=0;
    fin_ciclo=2;
    break;
case 7://constante rojo amarillo
    semaforo(rojo_principal,on);
    semaforo(amarillo_principal,off);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,off);
    semaforo(amarillo_secundario,on);
    semaforo(verde_secundario,off);
    cont_principal=0;
    cont_secundario=0;
    fin_ciclo=2;
    break;
case 8://constante amarillo rojo
    semaforo(rojo_principal,off);
    semaforo(amarillo_principal,on);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,on);
    semaforo(amarillo_secundario,off);
    semaforo(verde_secundario,off);
    cont_principal=0;
    cont_secundario=0;
    fin_ciclo=2;
    break;
case 9://apagado
    semaforo(rojo_principal,off);
    semaforo(amarillo_principal,off);
    semaforo(verde_principal,off);

    semaforo(rojo_secundario,off);
    semaforo(amarillo_secundario,off);
    semaforo(verde_secundario,off);
    cont_principal=0;
    cont_secundario=0;
    fin_ciclo=2;
    break;
default:
    break;
}

if((fin_ciclo==1)||(fin_ciclo==2))//entra si se termino un ciclo
{
    cont_ciclo=0;

    if(permiso_actualizar==1)
    {
        permiso_actualizar=0;
        amarillo_int=amarillo;
        verde_ciclo_int=verde_ciclo;
        modo_int=modo;
        rojo_princ_int=rojo_princ;
        verde_sec_int=verde_sec;
        rojo_sec_int=rojo_sec;
        luz_apagada_int=luz_apagada;
        estado_semaforo=0;

        if(modo_int==0)//normal

```



```

    {
        cont_secundario=verde_sec_int;
        cont_principal=rojo_princ_int;
    }
    else if((modo_int==1)||(modo_int==3))//rojo, rojo - amarillo
    {
        cont_principal=rojo_princ_int;
        cont_secundario=0;
    }
    else if((modo_int==2)||(modo_int==4))//amarillo, amarillo - rojo
    {
        cont_principal=amarillo_int;
        cont_secundario=0;
    }
    if(fin_ciclo==1)
        goto inicio_ciclo;
    }
}
}
}

```

```
void inicia_puertos(void)
```

```

{
    set_tris_b(0x00);//todo salida, lcd

    set_tris_c(0b10000000);
        //rc0 salida backlight lcd
        //rc1 salida luz roja norte
        //rc2 salida luz amarilla norte
        //rc3 salida scl i2c rtc
        //rc4 salida sda i2c rtc
        //rc5 salida auxiliar
        //rc6 salida tx uart
        //rc7 entrada rx uart

    set_tris_d(0b00000000);
        //rd0 salida luz verde norte
        //rd1 salida luz roja este
        //rd2 salida luz amarilla este
        //rd3 salida luz verde este

    portb=0;
    portc=0;
    portd=0;
}

```

```
void inicia_ram(void)
```

```

{
    unsigned char i;

    for(i=0;i<tamano_buffer;i++)//borra todas las localidades
    {
        dato_recibe[i]=' ';
    }
    contador_rx=0;
    permiso_actualizar=1;
    permiso_sincronizar=0;

    contador_int=0;
    estado_semaforo=0;
    cont_principal=0;
    cont_secundario=0;
}

```

```
void lee_salidas(void)
```

```

{
    lcd_gotoxy(1,1);
    if(rojo_p_ram==1)
    {
        lcd_putc('R');
    }
}

```

```
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(2,1);
if(amarillo_p_ram==1)
{
    lcd_putc('A');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(3,1);
if(verde_p_ram==1)
{
    lcd_putc('V');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(1,2);
if(rojo_s_ram==1)
{
    lcd_putc('R');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(2,2);
if(amarillo_s_ram==1)
{
    lcd_putc('A');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(3,2);
if(verde_s_ram==1)
{
    lcd_putc('V');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}

lcd_gotoxy(4,2);
if(auxiliar_ram==1)
{
    lcd_putc('X');
}
else
{
    lcd_putc(' ');
}
}

void lee_temporizadores(void)
{
    unsigned char cont_princ,cont_sec;
```

```

cont_princ=cont_principal;
cont_sec=cont_secundario;

lcd_gotoxy(5,1);
printf(lcd_putc,"%03u",cont_princ);
lcd_gotoxy(5,2);
printf(lcd_putc,"%03u",cont_sec);
}

void lee_tiempo(void)
{
    ds1307_lee_dia_semana((char*)s_dia_sem);
    ds1307_lee_fecha(dia,mes,anio,dia_sem);
    ds1307_lee_hora(hora,min,seg);
}

void lee_reloj(void)
{
    lee_tiempo();
    lcd_gotoxy(9,1);
    printf(lcd_putc,s_dia_sem);
    printf(lcd_putc,"%02d%02d%02d",dia,mes,anio);
    lcd_gotoxy(9,2);
    printf(lcd_putc,"%02d.%02d.%02d",hora,min,seg);
}

void lee_hora(void)
{
    lee_tiempo();
    lcd_gotoxy(9,1);
    printf(lcd_putc,"%02d.%02d.%02d",hora,min,seg);
}

void prueba_nvram(void)
{
    int n,i=0x00;

    for(i=start_user_address_nvram;i<end_user_address_nvram+1;i++)
    {
        ds1307_escribe_nvram_byte(i,i);//escribe el mismo valor de la dirección
    }
    n=0;
    for(i=start_user_address_nvram;i<end_user_address_nvram+1;i++)
    {
        c=ds1307_lee_nvram_byte(i);
        printf("%X ",c);
        if(++n==0x0f)
        {
            n=0;
            printf("\r\n");
        }
    }
}

void graba_flash(unsigned char dia_,unsigned char hora_,unsigned char rojo_,
                unsigned char amarillo_,unsigned char verde_ciclo_,unsigned char modo_)
{
    unsigned int32 direccion;
    unsigned char i,j,autoriza_grabacion=0;
    unsigned char dato_flash[64];

#define dir_dom1 0x7800
#define dir_dom2 0x7840
#define dir_lun1 0x7880
#define dir_lun2 0x78c0
#define dir_mar1 0x7900
#define dir_mar2 0x7940
#define dir_mie1 0x7980
#define dir_mie2 0x79c0
#define dir_jue1 0x7a00

```

```
#define dir_jue2 0x7a40
#define dir_vie1 0x7a80
#define dir_vie2 0x7ac0
#define dir_sab1 0x7b00
#define dir_sab2 0x7b40
```

```
disable_interrupts(global);//desactivado permiso global de interrupciones
```

```
autoriza_grabacion=1;
switch(dia_)
{
  case 1://domingo
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_dom1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_dom2;
    }
    break;
  case 2://lunes
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_lun1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_lun2;
    }
    break;
  case 3://martes
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_mar1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_mar2;
    }
    break;
  case 4://miércoles
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_mie1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_mie2;
    }
    break;
  case 5://jueves
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_jue1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_jue2;
    }
    break;
  case 6://viernes
    if(hora_<=15)
    {
      direccion=dir_vie1;
    }
    else
    {
      direccion=dir_vie2;
    }
}
```

```

break;
case 7://sábado
  if(hora_<=15)
  {
    direccion=dir_sab1;
  }
  else
  {
    direccion=dir_sab2;
  }
break;
default:
  autoriza_grabacion=0;
break;
}

if(autoriza_grabacion==1)
{
  read_program_memory(direccion,dato_flash,64);

  if(hora_>15)
    hora_-=16;

  hora_*=4;

  for(i=hora_j=0;i<(hora_+4);i++)
  {
    switch(j)
    {
      case 0:
        dato_flash[i]=amarillo_;
        break;
      case 1:
        dato_flash[i]=verde_ciclo_;
        break;
      case 2:
        dato_flash[i]=modo_;
        break;
      case 3:
        dato_flash[i]=rojo_;
        break;
    }
    j++;
  }
  write_program_memory(direccion,dato_flash,64);
  read_program_memory(direccion,dato_flash,64);
}

  enable_interrupts(global);//activado permiso global de interrupciones
}

void actualiza_configuracion(unsigned char dia_,unsigned char hora_)
{
  unsigned int32 acumulador;

  if((dia_>=1)&&(dia_<=7)&&(hora_<=23))
  {
    switch(dia_)
    {
      case 1:
        acumulador=config_rom_domingo[hora_];
        break;
      case 2:
        acumulador=config_rom_lunes[hora_];
        break;
      case 3:
        acumulador=config_rom_martes[hora_];
        break;
      case 4:
        acumulador=config_rom_miercoles[hora_];

```

```

break;
case 5:
    acumulador=config_rom_jueves[hora_];
break;
case 6:
    acumulador=config_rom_viernes[hora_];
break;
case 7:
    acumulador=config_rom_sabado[hora_];
break;
}

amarillo=(unsigned char)(acumulador);
acumulador=acumulador>>8;
verde_ciclo=(unsigned char)(acumulador);
acumulador=acumulador>>8;
modo=(unsigned char)(acumulador);
acumulador=acumulador>>8;
rojo_princ=(unsigned char)(acumulador);

if(modo==0)//normal
{
    verde_sec=rojo_princ-amarillo;
    rojo_sec=verde_ciclo+amarillo;
}
else if((modo==1)||(modo==3)//rojo, rojo - amarillo
{
    luz_apagada=verde_ciclo-rojo_princ;
}
else if((modo==2)||(modo==4)//amarillo, amarillo - rojo
{
    luz_apagada=verde_ciclo-amarillo;
}
}
}

void ejecuta_comando(void)
{
    unsigned char acumulador1,acumulador2,acumulador3,acumulador4,acumulador5,acumulador6,acumulador7;
    unsigned int32 acumulador8;

    if(comando[0]=='L')//lectura de configuración
    {
        if((comando[1]>='1')&&(comando[1]<='7'))
        {
            acumulador1=comando[2]-0x30;
            acumulador1*=10;
            acumulador2=comando[3]-0x30;
            acumulador2+=acumulador1;//horas

            acumulador1=comando[1]-0x30;//días

            if((acumulador1>=1)&&(acumulador1<=7)&&(acumulador2<=23))
            {
                switch(acumulador1)
                {
                    case 1://domingo
                        acumulador8=config_rom_domingo[acumulador2];
                        break;
                    case 2://lunes
                        acumulador8=config_rom_lunes[acumulador2];
                        break;
                    case 3://martes
                        acumulador8=config_rom_martes[acumulador2];
                        break;
                    case 4://miércoles
                        acumulador8=config_rom_miercoles[acumulador2];
                        break;
                    case 5://jueves
                        acumulador8=config_rom_jueves[acumulador2];

```

```

        break;
        case 6://viernes
            acumulador8=config_rom_viernes[acumulador2];
        break;
        case 7://sábado
            acumulador8=config_rom_sabado[acumulador2];
        break;
    }

    acumulador3=(unsigned char)(acumulador8);
    acumulador8=acumulador8>>8;
    acumulador4=(unsigned char)(acumulador8);
    acumulador8=acumulador8>>8;
    acumulador5=(unsigned char)(acumulador8);
    acumulador8=acumulador8>>8;
    acumulador6=(unsigned char)(acumulador8);

printf("A %1uB%02uR%03uM%03uV%03uO%1u\r\n",acumulador1,acumulador2,acumulador6,acumulador3,acumulador4,acumulador5);

//día,hora,rojo,amarillo,verde-ciclo,modo
    }
    else
    {
        printf("ER\r\n");
    }
}
else
{
    printf("ER\r\n");
}
}
else if(comando[0]=='E')//comando de escritura
{
    if(comando[1]=='1')//grabación de hora
    {
        acumulador1=comando[2]-0x30;
        acumulador1*=10;
        acumulador2=comando[3]-0x30;
        acumulador1+=acumulador2;//horas

        acumulador2=comando[4]-0x30;
        acumulador2*=10;
        acumulador3=comando[5]-0x30;
        acumulador2+=acumulador3;//minutos

        acumulador3=comando[6]-0x30;
        acumulador3*=10;
        acumulador4=comando[7]-0x30;
        acumulador3+=acumulador4;//segundos

        acumulador4=comando[8]-0x30;
        acumulador4*=10;
        acumulador5=comando[9]-0x30;
        acumulador4+=acumulador5;//día del mes

        acumulador5=comando[10]-0x30;
        acumulador5*=10;
        acumulador6=comando[11]-0x30;
        acumulador5+=acumulador6;//mes

        acumulador6=comando[12]-0x30;
        acumulador6*=10;
        acumulador7=comando[13]-0x30;
        acumulador6+=acumulador7;//año
        acumulador7=comando[14]-0x30;//día de la semana

        if((acumulador1<=23)&&(acumulador2<=59)&&(acumulador3<=59)&&(acumulador4>=1)
            &&(acumulador4<=31)&&(acumulador5>=1)&&(acumulador5<=12)&&(acumulador6<=99)
            &&(acumulador7>=1)&&(acumulador7<=7))
        {

```

```

ds1307_config_hora_fecha(acumulador4,acumulador5,acumulador6,acumulador7,acumulador1,acumulador2,acumulador3);
    lee_reloj();
    actualiza_configuracion(dia_sem,hora);
    permiso_actualizar=1;
    printf("OK\r\n");
}
else
{
    printf("ER\r\n");
}
}
else if(comando[1]=='2')//grabación de configuración
{
    acumulador1=comando[2]-0x30;//día de la semana

    acumulador2=comando[3]-0x30;
    acumulador2*=10;
    acumulador3=comando[4]-0x30;
    acumulador2+=acumulador3;//hora

    acumulador3=comando[5]-0x30;
    acumulador3*=100;
    acumulador4=comando[6]-0x30;
    acumulador4*=10;
    acumulador5=comando[7]-0x30;
    acumulador3+=acumulador4;
    acumulador3+=acumulador5;//temporización rojo

    acumulador4=comando[8]-0x30;
    acumulador4*=100;
    acumulador5=comando[9]-0x30;
    acumulador5*=10;
    acumulador6=comando[10]-0x30;
    acumulador4+=acumulador5;
    acumulador4+=acumulador6;//temporización amarillo

    acumulador5=comando[11]-0x30;
    acumulador5*=100;
    acumulador6=comando[12]-0x30;
    acumulador6*=10;
    acumulador7=comando[13]-0x30;
    acumulador5+=acumulador6;
    acumulador5+=acumulador7;//temporización verde - ciclo

    acumulador6=comando[14]-0x30;//modo

    if((acumulador1>=1)&&(acumulador1<=7)&&(acumulador2<=23)&&(acumulador6<=9))
    {

graba_flash(acumulador1,acumulador2,acumulador3,acumulador4,acumulador5,acumulador6);//día,hora,rojo,amarillo,verde-
ciclo,modo
        lee_reloj();
        actualiza_configuracion(dia_sem,hora);
        permiso_actualizar=1;
        printf("OK\r\n");
    }
    else
    {
        printf("ER\r\n");
    }
}
else
{
    printf("ER\r\n");
}
}
else if(comando[0]=='R')
{
    printf("A%dB%02dC%02dD%02dE%02dF%02dG%02d\r\n",dia_sem,hora,min,seg,dia,mes,anio);
}

```



```

}
else if(comando[0]=='F')//comando de fin de configuración
{
    printf("OK\r\n");
    //////////aquí desactivar un modo de configuración en bucle principal////////
}
else if(comando[0]=='T')//comando de reseteo remoto
{
    printf("OK\r\n");
    reset_cpu();
}
else if(comando[0]=='W')//comando de sincronización entre semáforos
{
    if(permiso_actualizar==0&&permiso_sincronizar==0)//hace caso de este comando, sólo si no se está
        //actualizando o sincronizando el semáforo en este momento
    {
        printf("OK\r\n");
        permiso_sincronizar=1;
    }
    else
    {
        printf("ER\r\n");
    }
}
else
{
    printf("ER\r\n");
}
}

void enter(void)
{
    putchar(0x0d);//carriage return
    putchar(0x0a);//line feed
}
void borra_buffer(void)
{
    unsigned char i;

    for(i=0;i<tamano_buffer;i++)//borra todas las localidades
    {
        dato_recibe[i]=' ';
        comando[i]=' ';
    }
    contador_rx=0;
    comando_recibido=0;
}

void enlaza_nodo(unsigned char nodo)
{
    unsigned char i;

    if(nodo>2)
    {
        nodo=0;
    }

    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"Enlazando");

    modo_zb=config_zb;
    borra_buffer();

    delay_ms(600);
    putchar('+');
    delay_ms(30);
    putchar('+');
    delay_ms(30);
    putchar('+');
}

```

```

lcd_gotoxy(10,2);
for(i=0;i<100;i++)
{
  if(comando_recibido==1)
  {
    if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
    {
      lcd_putc('.');
      goto siguiente;
    }
  }
  delay_ms(10);
}
lcd_putc('x');

```

siguiente:

```

borra_buffer();
for(i=0;i<12;i++)
{
  putchar(atdh[i]);
  delay_ms(30);
}
enter();

```

```

lcd_gotoxy(11,2);
for(i=0;i<100;i++)
{
  if(comando_recibido==1)
  {
    if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
    {
      lcd_putc('.');
      goto siguiente1;
    }
  }
  delay_ms(10);
}
lcd_putc('x');

```

siguiente1:

```

borra_buffer();
for(i=0;i<12;i++)//imprime dirección zigbee La Autora
{
  if(nodo==0)//nodo usb
  {
    putchar(atdl_usb[i]);
  }
  else if(nodo==1)//semáforo secundario 1
  {
    putchar(atdl_sec_1[i]);
  }
  else if(nodo==2)//semáforo secundario 2
  {
    putchar(atdl_sec_2[i]);
  }
  delay_ms(30);
}

```

enter();

```

lcd_gotoxy(12,2);
for(i=0;i<100;i++)
{
  if(comando_recibido==1)
  {
    if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
    {
      lcd_putc('.');
    }
  }
}

```

```

        goto siguiente2;
    }
}
delay_ms(10);
}
lcd_putc('x');

```

siguiente2:

```

borra_buffer();
for(i=0;i<4;i++)
{
    putchar(atwr[i]);
    delay_ms(30);
}

enter();

lcd_gotoxy(13,2);
for(i=0;i<100;i++)
{
    if(comando_recibido==1)
    {
        if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
        {
            lcd_putc('.');
            goto siguiente3;
        }
    }
    delay_ms(10);
}
lcd_putc('x');

```

siguiente3:

```

borra_buffer();
for(i=0;i<4;i++)
{
    putchar(atcn[i]);
    delay_ms(30);
}

enter();

lcd_gotoxy(14,2);
for(i=0;i<100;i++)
{
    if(comando_recibido==1)
    {
        if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
        {
            lcd_putc('.');
            goto salir;
        }
    }
    delay_ms(10);
}
lcd_putc('x');

```

salir:

```

    delay_ms(600);
}

```

void ejecuta\_configuracion(void)

```

{
    unsigned char i,j;

    lcd_putc("\n");//borra pantalla
    lcd_gotoxy(1,1);

```

```

printf(lcd_putc,"Semaforo 1");

enlaza_nodo(1);//se enlaza con semáforo secundario 1

lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Configurando  ");

modo_zb=transp_semaf;

putchar('$');//borra el buffer de recepción del semáforo remoto
delay_ms(300);

for(i=0;i<3;i++)
{
  borra_buffer();
  printf("ER%03uM%03uV%03uO%1u$",rojo_princ,amarillo,verde_ciclo,modo);

  for(j=0;j<250;j++)
  {
    if(comando_recibido==1)
    {
      if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
      {
        lcd_gotoxy(14,2);
        printf(lcd_putc,"OK");
        delay_ms(500);
        goto sig_semaforo;
      }
    }
    delay_ms(10);
  }
}
lcd_gotoxy(14,2);
printf(lcd_putc,"ER");
delay_ms(500);

sig_semaforo:

lcd_putc("\f");//borra pantalla
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Semaforo 2");

enlaza_nodo(2);//se enlaza con semáforo secundario 2

lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Configurando  ");

modo_zb=transp_semaf;

putchar('$');//borra el buffer de recepción del semáforo remoto
delay_ms(300);

for(i=0;i<3;i++)
{
  borra_buffer();
  printf("ER%03uM%03uV%03uO%1u$",rojo_princ,amarillo,verde_ciclo,modo);

  for(j=0;j<250;j++)
  {
    if(comando_recibido==1)
    {
      if(comando[0]=='O'&&comando[1]=='K')
      {
        lcd_gotoxy(14,2);
        printf(lcd_putc,"OK");
        delay_ms(500);
        goto salir;
      }
    }
  }
}
delay_ms(10);

```

```

    }
}
lcd_gotoxy(14,2);
printf(lcd_putc,"ER");
delay_ms(500);

```

salir:

```

    lcd_putc("\f");//borra pantalla
}

```

## CODIGO FUENTE DEL DISPOSITIVO USB

```

#include <.\base_complemento.h> //rutinas especiales y rutinas de interrupción
////////////////////////////////////
void main()
{
    porta=0;//puertos encerados independientemente de su naturaleza
    portb=0;
    portc=0;

    setup_adc_ports(no_analogs|vss_vdd);//funciones digitales seleccionadas
    setup_adc(adc_off);//apagado reloj rc interno para adc
    setup_wdt(wdt_off);//apagado watch dog timer
    setup_timer_0(rtcc_off);//deshabilitados todos los timers
    setup_timer_1(t1_disabled);
    setup_timer_2(t2_disabled,0,1);
    setup_timer_3(t3_disabled|t3_div_by_1);
    setup_comparator(nc_nc_nc_nc);//deshabilitados comparadores
    setup_vref(false); //no voltaje de referencia para comp. en ra2
    setup_ccp1(ccp_off); //apagado módulo ccp1
    setup_ccp2(ccp_off); //apagado módulo ccp2
    enable_interrupts(int_rda); //interrupción por recepción uart
    enable_interrupts(global); //habilita interrupciones globales
    usb_cdc_init();
    usb_init();//inicializa hardware usb y espera a que se conecte a la pc

    set_tris_a(0b00000000);
        //ra0 salida led 1
        //ra1 salida led 2

    set_tris_b(0b00000100);
        //rb2 entrada deteccion de conexion USB
    port_b_pullups(false);
    set_tris_c(0b10000000);
        //rc0 salida
        //rc1 salida
        //rc2 salida
        //rc3 no implementado fisicamente
        //rc4 salida
        //rc5 salida
        //rc6 salida
        //rc7 entrada
    porta=0;//encera puertos
    portb=0;
    portc=0;

    led_tx_rx=1;
    led_carrier=1;
    delay_ms(500);
    led_tx_rx=0;
    led_carrier=0;
    delay_ms(100);//delay para estabilización de alimentación

    while(true)
    {
        usb_task();
        administra_conexion();
    }
}

```

```

    if(usb_cdc_kbhit())
    {
        dato_recibe_usb=usb_cdc_getc();//lee el buffer y almacena en dato_recibe
        printf("%c",dato_recibe_usb);
        led_tx_rx=~led_tx_rx;
    }
}
}

```

```

#include <18f2550.h>
#fuses hsp11,nowdt,noprotect,nolv,p,nodebug,usbdiv,p113,cpudiv1,vregen
#use delay(clock=48000000)
#use rs232(baud=9600,parity=n,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7,bits=8)
#use standard_io(a)
#include <string.h>
#include ".\archivos\usb_cdc.h"
#include <stdlib.h>
#define tamanio_buffer 40
#define usb_con_sense_pin_pin_b2
#byte porta=0xf80 //portx
#byte portb=0xf81
#byte portc=0xf82
#byte lata=0xf89 //latx
#byte latb=0xf8a
#byte latc=0xf8b
#byte trisa=0xf92 //trisx
#byte trisb=0xf93
#byte trisc=0xf94
#bit led_tx_rx=porta.0
#bit led_carrier=porta.1

```

```

char dato_recibe_uart;
char dato_recibe_usb;
int1 mandar_via_usb=0;

```

```

#int_rda //interrupción
void interrupt()
{
    if(kbhit())
    {
        dato_recibe_uart=getc();//lee el buffer y almacena en dato_recibe
        //if(mandar_via_usb==true)
        //{
            printf(usb_cdc_putc,"%c",dato_recibe_uart);
            led_tx_rx=~led_tx_rx;
        //}
    }
}

```

```

void administra_conexion(void)
{
    int8 conectado;
    int8 enumerado;
    int8 nuevo_cdc;

    conectado=usb_attached();
    enumerado=usb_enumerated();
    nuevo_cdc=usb_cdc_connected();

    if(bit_test(portb,2)==true)
    {
        if((conectado)&(enumerado))
        {
            mandar_via_usb=true;
        }
    }
    else
    {
        mandar_via_usb=false;
    }
}

```

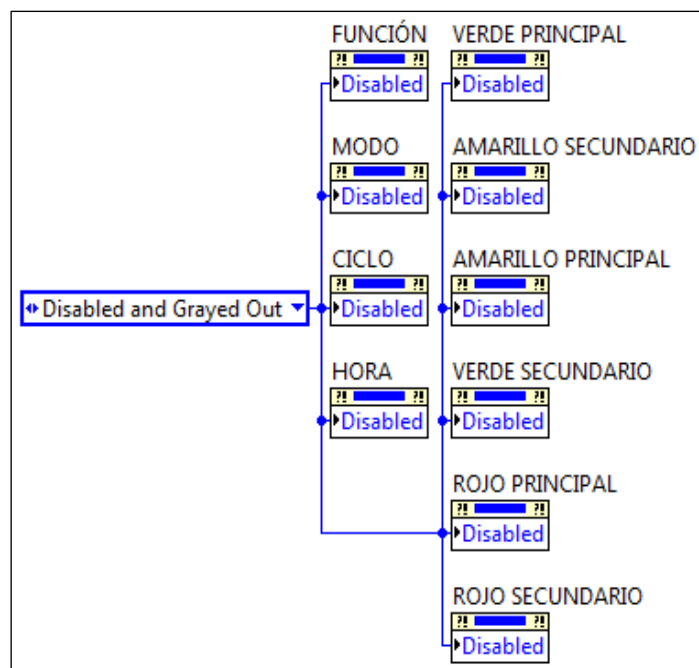
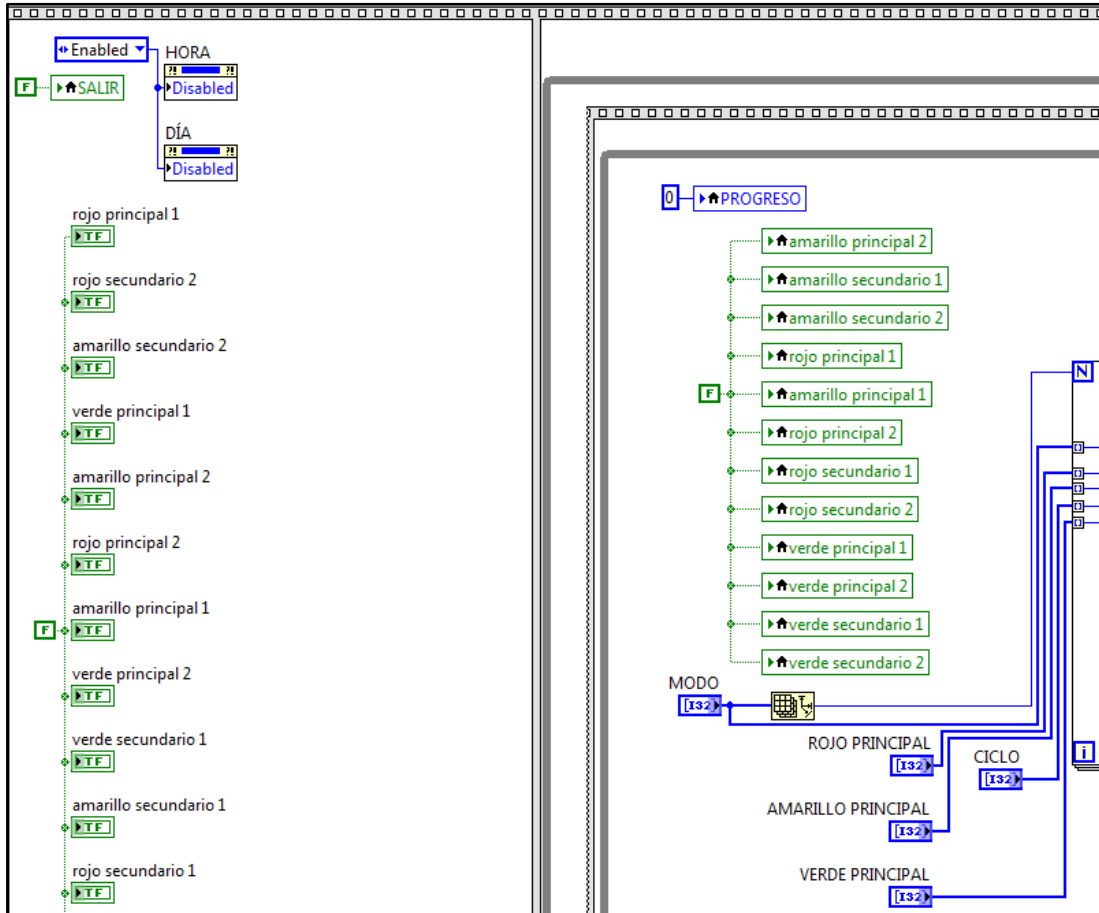
160

```
    led_tx_rx=false;
}

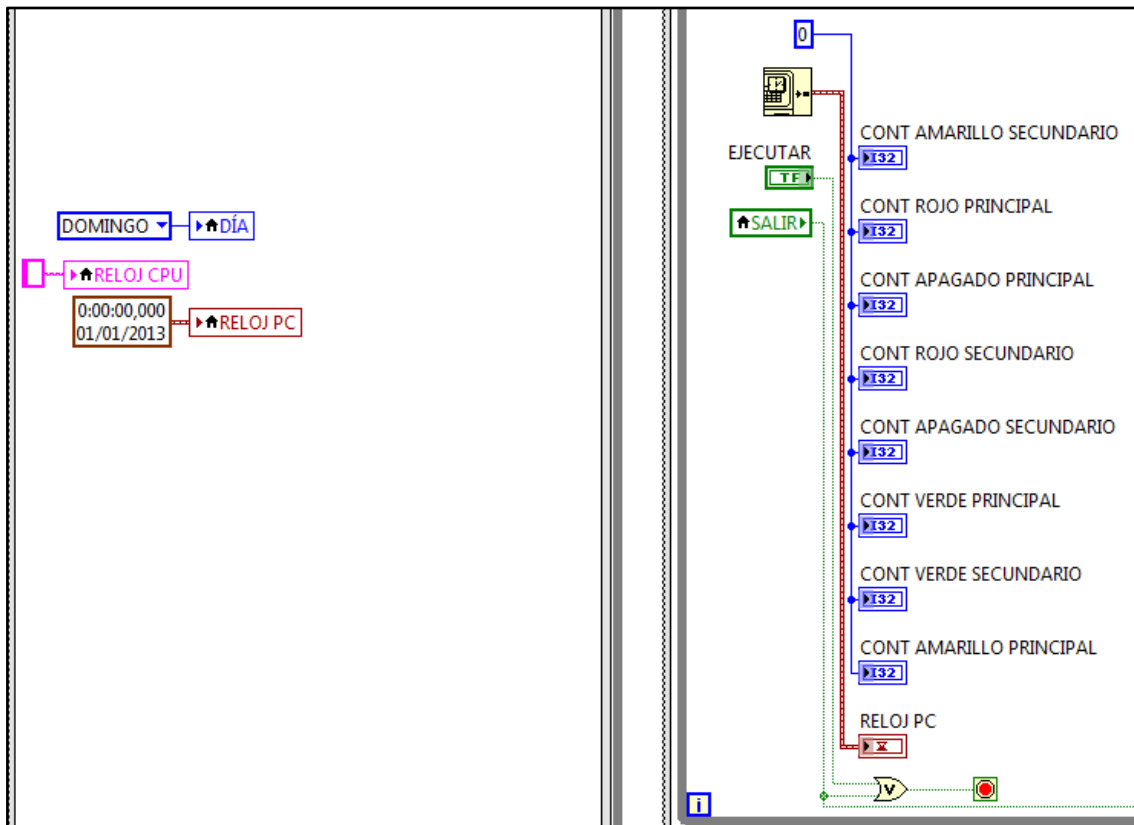
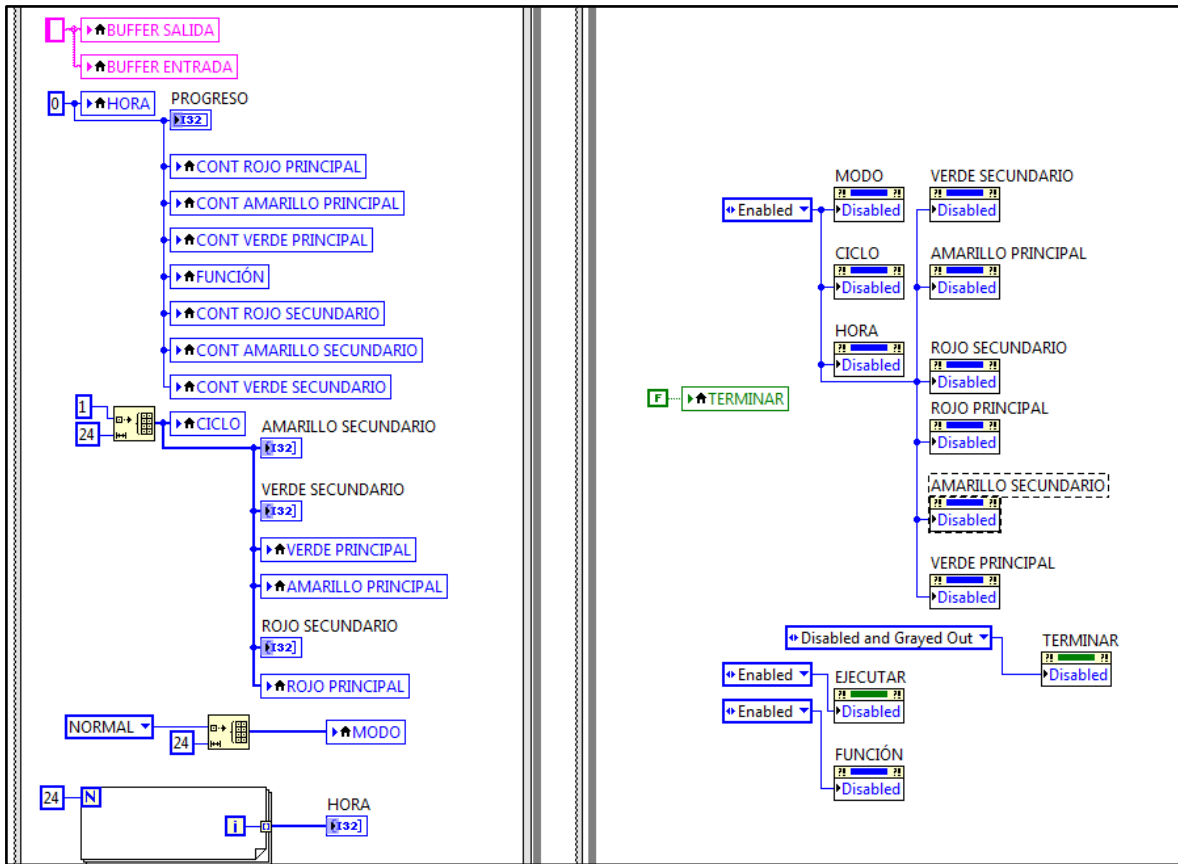
if(usb_cdc_carrier.dte_present)
    led_carrier=true;//enciende led 2 si dispositivo enumerado por el host

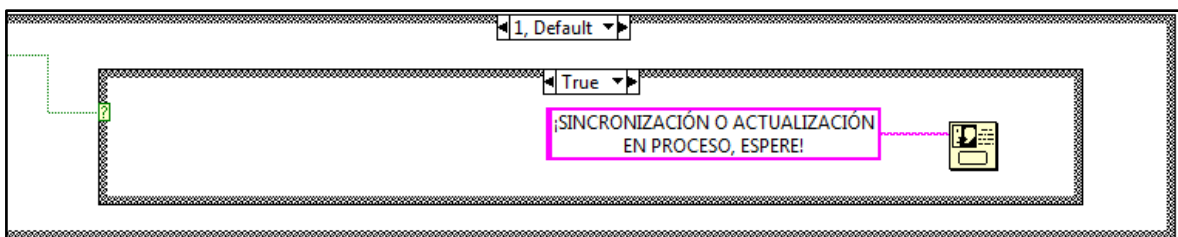
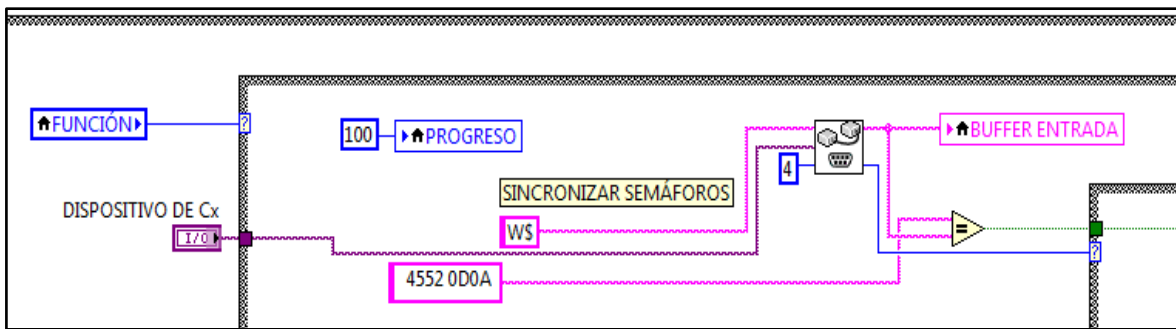
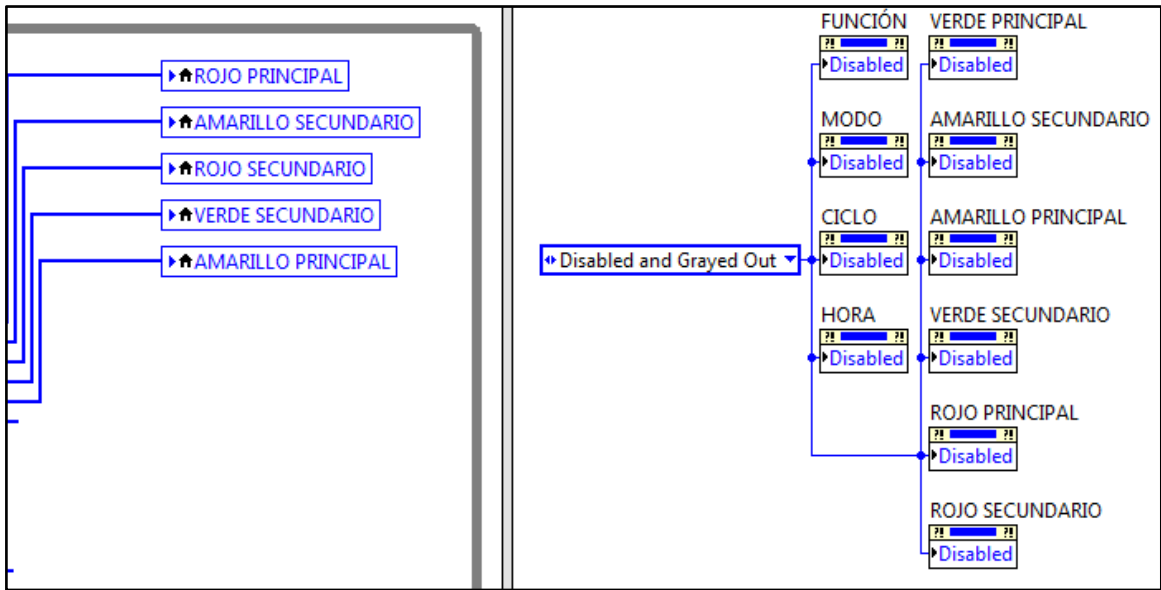
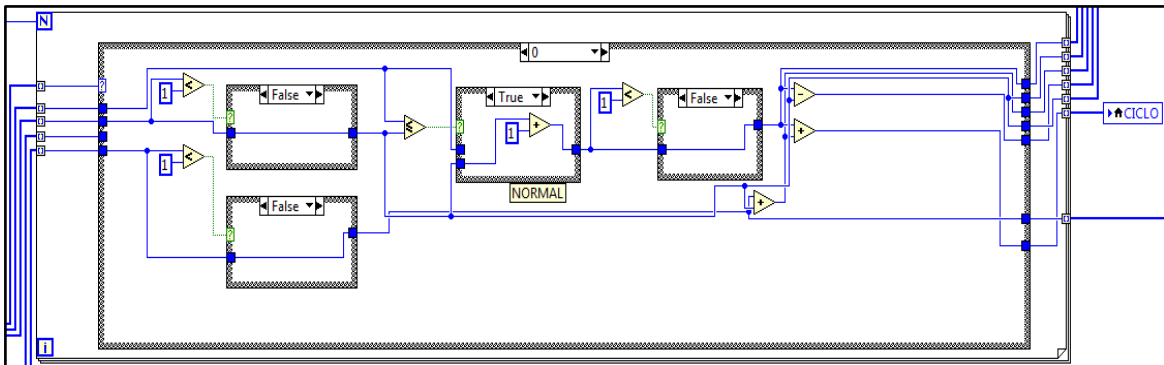
else
    led_carrier=false;
}
```

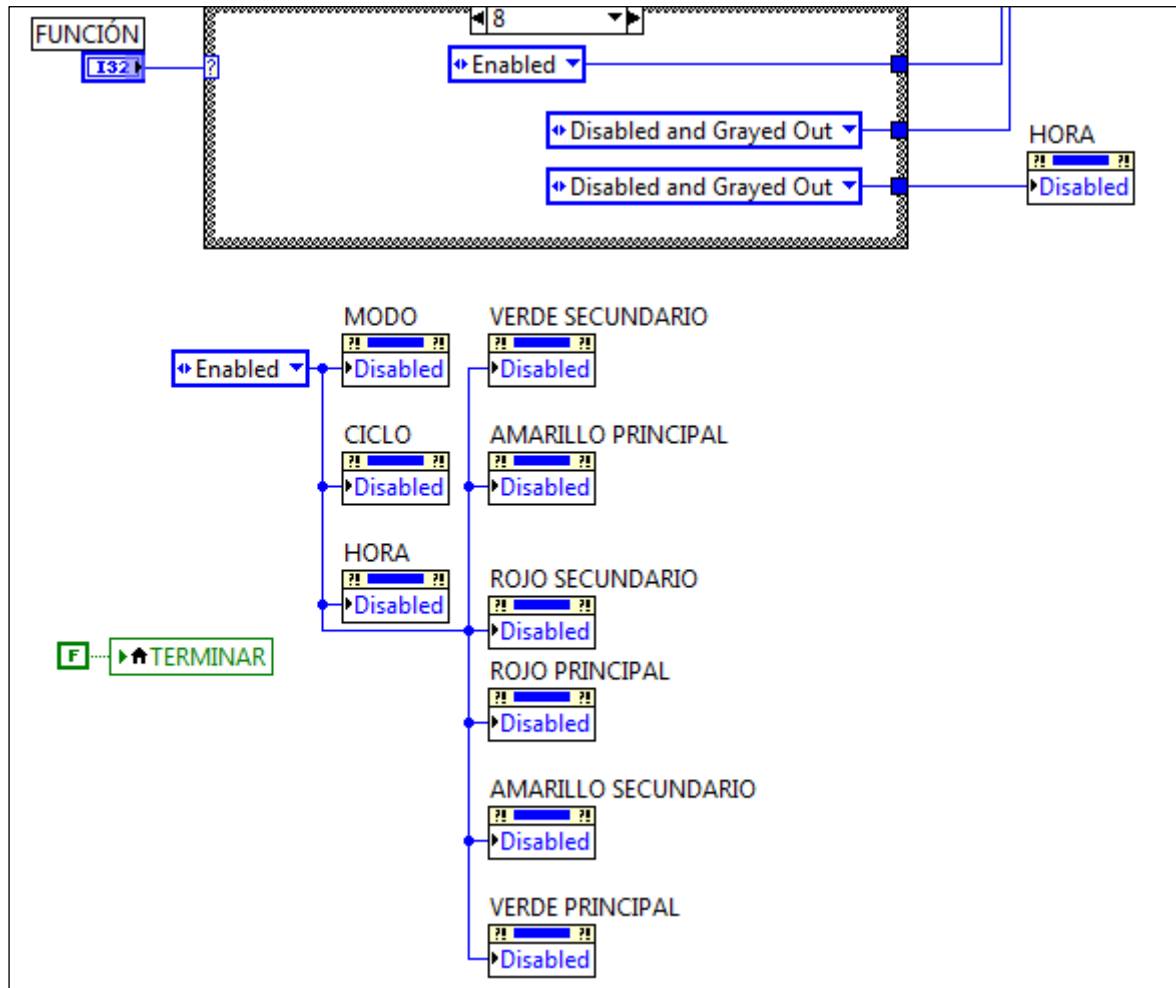
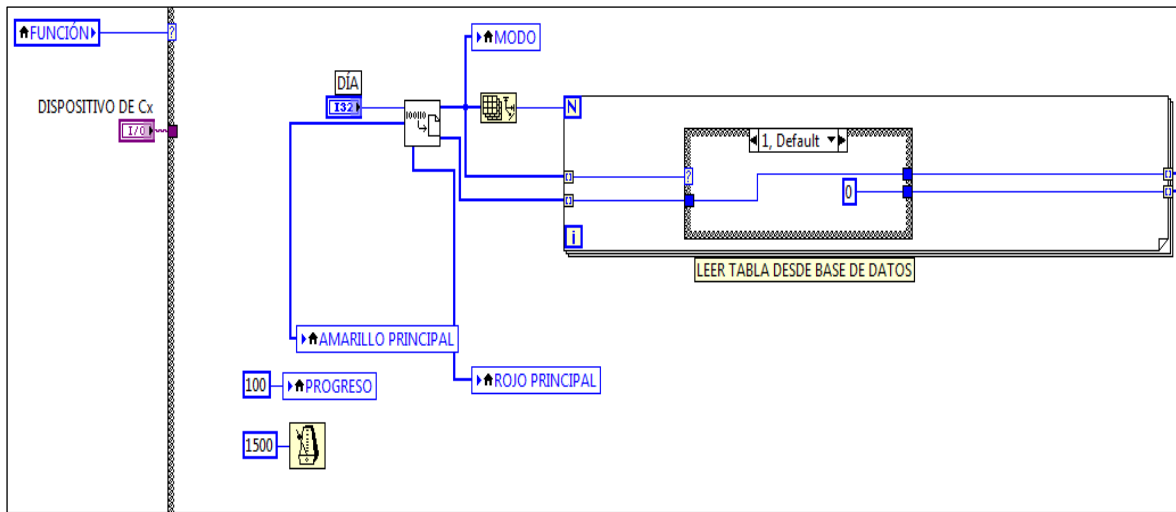
## ANEXO G PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRAFICA











# **ANEXO H**

## **MANUAL DE USUARIO**