



República Bolivariana de Venezuela
Universidad de Carabobo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica



DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO PARA LA DESCONEXIÓN Y RECONEXIÓN REMOTA DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LOS USUARIOS DE CORPOELEC

Tutor:

Prof. Jiménez Carlos

Bachilleres:

Soto Carlos C.I.: 21.260.575

Montaña Gilbert C.I.: 23.409.122

Valencia, Noviembre del 2015



República Bolivariana de Venezuela
 Universidad de Carabobo
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Eléctrica



DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO PARA LA DESCONEXIÓN Y RECONEXIÓN REMOTA DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LOS USUARIOS DE CORPOELEC

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo como
 requisito para optar al título de **Ingeniero Electricista**

Tutor:

Prof. Jiménez Carlos

Bachilleres:

Soto Carlos C.I.: 21.260.575

Montaña Gilbert C.I.: 23.409.122

Valencia, Noviembre del 2015



República Bolivariana de Venezuela
Universidad de Carabobo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros, los abajo firmantes, miembros del jurado designados por el Consejo de Escuela para evaluar el trabajo especial de grado titulado "Diseño de un dispositivo de estado sólido para la desconexión y reconexión remota del Servicio Eléctrico de los usuarios de CORPOELEC", realizado por los bachilleres Carlos Soto, C.I V-21.260.575 y Gilbert Montaña, C.I. V-23.409.122, hacemos constar por la presente que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Carlos Jiménez
Tutor

Prof. Rubén Terán
Jurado

Prof. Arturo Castillo
Jurado

DEDICATORIA

Carlos Soto

*A Dios, por estar presente en el camino que he trazado.
A mis dos seres más especiales, por brindarme afecto y apoyo incondicionalmente.
A mi familia, por contribuir en gran medida a alcanzar la meta.
A los afectos a mí, cuya compañía sirvió de motivación.*

Gilbert Montaña

*A Dios “El Primer Ingeniero”, que me guio día a día en este camino.
A mi madre, por orientarme y mostrarme las realidades de la vida con sus virtudes, que
serán siempre un ejemplo a seguir.
A mi familia y seres queridos, por brindarme su amor y apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

Especialmente al Prof. Carlos Jiménez, por prestar su asesoría y colaboración en todos los aspectos vinculados a la realización del proyecto.

A los profesores que impartieron su conocimiento con calidad y amabilidad para formarnos como profesionales.

A los compañeros que compartieron tiempo e hicieron vida en la casa de estudio con apoyo y solidaridad para alcanzar la meta común.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.4 ALCANCE.....	7
1.5 RECURSOS	8
1.6 RESULTADOS ESPERADOS	8
CAPÍTULO II	10
2.1 ANTECEDENTES.....	10
2.2 BASES TEÓRICAS	11
2.2.1 EL TRANSISTOR.....	11
2.2.1.1 Transistores tipo Darlington	11
2.2.2 RELÉS DE ESTADO SÓLIDO	12
2.2.2.1 Funcionamiento	13
2.2.3 EL MICROCONTROLADOR.	14
2.2.3.1 Recursos comunes entre los microcontroladores	15
2.2.3.2 Recursos Especiales	18
2.2.4 MODOS DE COMUNICACIÓN	23
2.2.4.1 Comunicación Serial.....	23
2.2.4.2 Comunicación Serial Asíncrona.....	23
2.2.4.3 Comunicación Serial Síncrona.....	28
2.2.4.4 Comunicación GSM.....	33
2.2.5 MÓDULO O MÓDEM GSM.....	33
2.2.6 COMANDOS AT O COMANDOS HAYES.....	34
2.2.7 SOFTWARE Y SIMULACIÓN	36
2.2.7.1 Proteus	36
2.2.7.2 MikroC	39
2.2.7.3 Microsoft Visual Studio	40
2.2.7.4 Network Serial Port Kit.....	41

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	43
CAPÍTULO III	44
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	47
CAPÍTULO IV	49
4.1 DESCRIPCIÓN	49
4.2 DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO	50
4.2.1 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR Y FUNCIONAMIENTO	50
4.2.2 CIRCUITO DISEÑADO	53
4.2.3 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE LOS COMPONENTES	56
4.2.3.1 Microcontrolador PIC16F628A	56
4.2.3.2 Relé de Estado Sólido	56
4.2.3.3 Transistor tipo Darlington MPSA05	57
4.2.3.4 Módem GSM	58
4.2.3.5 Componente MAX-232	58
4.2.3.6 Resistores	58
4.2.4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS	59
4.2.4.1 Microcontrolador	59
4.2.4.2 Transistores	59
4.2.4.3 MAX-232	60
4.2.4.4 Fuente de Alimentación y Fusible	60
4.3 SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR DEL DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO	60
4.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR	62
4.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DEL MÓDEM GSM	64
4.3.3 DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)	66
4.3.4 DESCRIPCIÓN DE LECTURA, PROCESAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE MENSAJES CORTOS EXISTENTES	68
4.3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE UN NUEVO MENSAJE	70

4.4 SOFTWARE PARA COMPUTADORA COMO INTERFAZ PARA EJECUTAR LA DESCONEXIÓN Y RECONEXIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO	72
4.4.1 INTERFAZ DEL SOFTWARE	74
4.4.2 BASE DE DATOS	76
4.4.3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS CONFIGURACIONES PARA CONECTAR CON EL MÓDEM GSM	79
4.4.4 DESCRIPCIÓN PARA CONECTAR MÓDEM GSM (PÁRAMETROS GENERALES)	81
4.4.5 DESCRIPCIÓN PARA CONECTAR MÓDEM GSM (PÁRAMETROS SMS)..	83
4.4.6 DESCRIPCIÓN PARA EJECUTAR CONEXIONES Y DESCONEXIONES	85
4.4.7 DESCRIPCIÓN PARA PROCESAR FORMULARIO	87
4.4.8 DESCRIPCIÓN PARA GENERAR CÓDIGO A ENVIAR	89
4.5 CONSIDERACIONES	91
4.5.1 DEL DISPOSITIVO	91
4.5.2 DE LOS RELÉS DE ESTADO SÓLIDO	91
4.5.3 DE LA CONEXIÓN ENTRE EL COMPUTADOR Y EL MÓDEM GSM	92
4.5.4 DEL MÓDEM GSM	92
4.5.5 DE LA COMUNICACIÓN SERIAL	92
CAPÍTULO V	94
5.1 DESCRIPCIÓN	94
5.2 COMPUTADOR Y MÓDEM GSM	94
5.3 DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO	105
CAPÍTULO VI	111
6.1 CONCLUSIONES	111
6.2 RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Modelo de un transistor Darlington.....	12
Figura 2.2 Modelo Comercial de un SSR	13
Figura 2.3 Arquitectura Von Neumann	15
Figura 2.4 Arquitectura Harvard	16
Figura 2.5 Enlace de comunicación serial Full Duplex	24
Figura 2.6 Puerto DB9 Hembra.....	26
Figura 2.7 Representación del módulo MAX-232.....	28
Figura 2.8. Esquema de control del Módulo SPI con varios esclavos	30
Figura 2.9 Interfaz de Proteus 8.1	37
Figura 2.10 Ubicación del Virtual Termina en Proteus (Software Proteus 8.1)	38
Figura 2.11 Visualización en caracteres (Software Proteus 8.1)	38
Figura 2.12 Visualización en modo HEX (Software Proteus 8.1) Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)	39
Figura 2.13 Procesamiento de código de alto nivel a lenguaje máquina.....	40
Figura 2.14 Creación de puertos COM.....	42
Figura 2.15 Interconexión de programas con comunicación serial.....	43
Figura 4.1 Representación del Sistema Diseñado	49
Figura 4.2 Características del Microcontrolador PIC16F628A.....	51
Figura 4.3 Circuito del Dispositivo de Estado Sólido	53
Figura 4.4 Microcontrolador y Pines Utilizados	54
Figura 4.5 Circuito para la comunicación con el Módem GSM.....	55
Figura 4.6 Circuito de accionamiento de los relés.....	55
Figura 4.7 Diagrama General del Software del Microcontrolador	63
Figura 4.8 Diagrama de la Configuración de los Parámetros Básicos del módem GSM	65
Figura 4.9 Diagrama de la Configuración de los Parámetros SMS	67
Figura 4.10 Diagrama de Lectura, Procesamiento y Eliminación de Mensajes Cortos ..	69
Figura 4.11 Diagrama del Procesamiento de un Nuevo Mensaje	71

Figura 4.12 Interfaz principal del Software	74
Figura 4.13 Formulario para conectar con el módem	76
Figura 4.14 Columnas de la Tabla de la Base de Datos	77
Figura 4.15 Tabla Piloto de Usuarios	78
Figura 4.16 Diagrama General de Configuraciones del Módem GSM	80
Figura 4.17 Diagrama de Configuración de Parámetros Generales del Módem GSM ...	82
Figura 4.18 Configuración de los Parámetros Generales del Módem	84
Figura 4.19 Diagrama para Ejecutar Conexiones y Desconexiones	86
Figura 4.20 Diagrama para Procesar Formulario	88
Figura 4.21 Diagrama para General Código a Enviar	90
Figura 5.1 Inicio del programa	95
Figura 5.2 Pestaña de Configuraciones	96
Figura 5.3. Formulario de “Configuraciones” completado	97
Figura 5.4 Simulación con interacción “Software-Módem” con Virtual Terminal	97
Figura 5.5 Conexión Exitosa con el módem	98
Figura 5.6 Respuesta Inesperada o errónea por parte del módem	99
Figura 5.7 Mensaje de aviso de error en la respuesta del módem	99
Figura 5.8 Mensaje de fallo en la comunicación con el módem	100
Figura 5.9 Cambio de Estado	100
Figura 5.10 Búsqueda de un Usuario	101
Figura 5.11 Acción del Botón “Forzar”	102
Figura 5.12 Selección de otro usuario para ser desconectado	103
Figura 5.13 Envío del mensaje con el código hacia el dispositivo	104
Figura 5.14 Mensaje de Procesamiento Exitoso	105
Figura 5.15 Circuito Para simulación del Dispositivo de Estado Sólido	106
Figura 5.16 Configuración de los parámetros básicos y de servicios de mensajes cortos	107
Figura 5.17 Lectura, procesamiento y borrado de posibles mensajes existentes	108
Figura 5.18 Nuevo mensaje Recibido	109
Figura 5.19 Respaldo de las salidas del microcontrolador después de reiniciar el sistema	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Funciones de los pines del módulo RS-232	27
Tabla 2.2 Comandos AT más comunes	35

RESUMEN

Actualmente, la manera cómo se ejecutan las desconexiones del servicio eléctrico a usuarios de la empresa CORPOELEC involucra una serie de inconvenientes tales como la dificultad en el acceso a la zona, condiciones medioambientales, usuarios que se oponen al corte del servicio, etc., que afectan principalmente a los operadores que practican esta labor. Además, se consideran las estadísticas de desconexiones y reconexiones que se realizan de manera mensual por la empresa que, para el caso de la ciudad de Maracay, en promedio se requiere la suspensión del servicio a aproximadamente el cinco por ciento del total de suscriptores de la Ciudad. Por lo anterior, se presenta el desarrollo de un dispositivo de estado sólido para ejecutar desconexiones y reconexiones del servicio eléctrico de los usuarios de CORPOELEC por concepto de impago a la empresa, mediante la recepción de un código enviado de manera remota desde un software piloto de computadora desarrollado para tal labor. El dispositivo cuenta con un módulo de comunicación GSM con un identificador único, un equipo de procesamiento de datos y un circuito de accionamiento para desconectar o reconectar el servicio eléctrico a través de relés de estado sólido. En el software de computadora se introduce un código identificador (ID) vinculado a un usuario, al cual se le requiere suspender o reactivar el servicio eléctrico y, posteriormente, se enviará un código de manera remota al dispositivo, el cual lo procesará para conectar o desconectar el servicio eléctrico del usuario en cuestión.

PALABRAS CLAVES: Dispositivo de estado sólido, módem GSM, comandos AT, software de computadora.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos son redes complejas que requieren de un imparable estudio, supervisión, mantenimiento y mejoras en todos los ámbitos concernientes, cuestión que requiere de una gran cantidad de recursos humanos a la disposición de estas labores para minimizar los inconvenientes técnicos y no técnicos que se presentan.

Las mejoras de tipo tecnológico que se introducen al sistema, ayuda a reducir el factor humano involucrado, lo que se convierte en un manejo más eficiente y eficaz de los elementos pertenecientes a éste, y de manera general, intentan salvaguardar al personal de los riesgos que implica el trabajo directo e indirecto con la electricidad.

Con base en lo anterior, el desarrollo de nuevas herramientas que optimicen o replacen las labores humanas beneficiará tanto a la empresa de servicio eléctrico como a los consumidores del servicio, motivo por el cual se planteó el diseño de un sistema que permite la desconexión y reconexión remota del servicio eléctrico a usuarios de CORPOELEC, cuyo propósito es eliminar los inconvenientes que actualmente presentan estas tareas al tiempo que representa una innovación.

La investigación cuenta con cinco capítulos que se resumen a continuación:

- Capítulo I: Aborda el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos para la solución del problema y los resultados esperados.
- Capítulo II: Presenta los antecedentes y las bases teóricas que sustentan los procedimientos para solucionar el problema.

- Capítulo III: Se define el tipo de investigación y la metodología a utilizar para cumplir con los objetivos del proyecto.
- Capítulo IV: Se explica en detalle el desarrollo del sistema planteado.
- Capítulo V: Se simula el sistema planteado comprobando su funcionamiento.
- Capítulo VI: Se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas de servicio eléctrico tiene como principales labores la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, hecho que se traduce en el manejo de sistemas que permitan la coordinación en cada uno de estos sectores que se deben llevar a cabo para el correcto funcionamiento del sistema de potencia al que pertenecen.

Enfocando la comercialización como elemento que permite ver a la empresa de servicio eléctrico como una compañía que requiere sustentabilidad económica, se necesitan estrategias de inversión que hagan cumplir este principio, con el fin de obtener el mayor beneficio con el menor costo posible y, a su vez, teniendo en cuenta los particulares principios que posea dicha empresa, como en el caso de Venezuela donde la Corporación Eléctrica Nacional S.A. (CORPOELEC, 2015) «es la empresa de servicio eléctrico encargada de garantizar la prestación de un servicio confiable, incluyente y con sentido social la cual sigue un modelo de gestión socialista. »

Las inversiones requeridas por dicha empresa son de diversa índole para cada uno de los sectores que ésta maneja, sin embargo, se resalta las inversiones de tipo tecnológicas que proporcionan mejoras a nivel de funcionamiento, rendimiento económico y otros aspectos de los diversos subsistemas que se manejan y, por estas razones, se proponen innovaciones tecnológicas que puedan traer notables beneficios en pro de incrementar la confiabilidad, comodidad y seguridad en los distintos ejercicios que desempeñan los trabajadores y trabajadoras que hacen labor en estas empresas.

En la actualidad, CORPOELEC sanciona a aquellos usuarios que no cancelan su factura de servicio eléctrico de forma oportuna mediante la desconexión del mismo, el cual se realiza de forma manual, es decir, los operadores encargados deben trasladarse a la zona donde se ubica el usuario sancionado para realizar la desconexión. Estos operadores deben tratar con los usuarios en un momento determinado. Una vez que los usuarios cancelan su respectiva deuda con la empresa de servicio eléctrico, esta procede a realizar la reconexión del servicio de la misma forma que se realiza la desconexión.

Es importante resaltar que se pueden llegar a presentar diversas condiciones que pudieran afectar el desempeño de los encargados de estas tareas como puede ser la zona de ubicación de los usuarios sancionados, eventos en la vía del traslado, factores ambientales o que simplemente no se disponga del personal, debido a que pudieran estar atendiendo fallas más trascendentales. Estos inconvenientes pueden ocasionar pérdidas de tiempo, enfrentamientos entre operadores y usuarios y reclamos de los clientes.

Para tener una noción en cuestión de porcentaje de usuarios desconectados en ciertas zonas de estudio, se presentan las tablas en el **apéndice A**, las cuales fueron obtenidas según la data proporcionada por la empresa de suministro eléctrico CORPOELEC. En ellas se observa que en la zona de Maracay se presenta hasta un 2,42% de cortes programados por mes con respecto al total de usuarios de la ciudad. En zonas como Palo Negro se tienen en lista para desconectar hasta el 8,75% del total de los usuarios de la localidad, siendo esta zona la que tiene mayor índice de cortes programados. Este proceso de cortes origina gastos en salarios de operarios, herramientas y el empleo de camiones cestas los cuales se usan en la ejecución de la labor.

Por los motivos expuestos, se plantea una propuesta la cual consiste en diseñar un dispositivo que realice la desconexión y reconexión del servicio eléctrico de manera remota, con el fin de realizar un cambio significativo en la ejecución de este tipo de labor. El dispositivo se accionará a través de una interfaz por computadora donde el operario podrá realizar la desconexión o reconexión del servicio eléctrico; cada unidad de vivienda tendrá asociado un código que el operador debe ingresar para realizar la acción antes descrita. La ejecución de la tarea será enviada de manera inalámbrica al dispositivo, donde éste la procesará y determinará la operación que se debe llevar a cabo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El principal interés de esta propuesta es la innovación tecnológica que puede representar para la empresa de servicio eléctrico al mismo tiempo de obtener beneficios económicos, comodidad, rapidez y seguridad en la labor de conexión y desconexión del servicio.

Los operadores que realizan esta labor requieren de traslado, tiempo y esfuerzo físico los cuales serían eliminados en su totalidad en los lugares donde se pueda implementar dicha propuesta. Además de ser un medio de garantía para que los usuarios no reconecten el servicio por métodos ilegales, tales como “by-pass”.

Acorde a lo relatado por operadores de CORPOELEC expresa:

“Los operarios que se acercan al sitio donde se va a realizar la desconexión, en ocasiones se encuentran con usuarios indispuestos para que realicen su labor, presentando actitudes inapropiadas o agresivas, pudiendo presentarse

cruces de palabras entre el operador y el usuario, incluyendo la posible negación del acceso al área donde se realiza la desconexión”

Bajo este contexto, se garantiza que los operadores no tengan que emprender algún tipo de comunicación directa con los usuarios a los que se les suspende el servicio.

Por ende se debe poner bajo estudio la factibilidad económica del proyecto debido a que no requiere personal que realice esta operación, sin embargo debe tenerse en cuenta los aspectos técnicos que este tipo de dispositivos posee a fin de garantizar su funcionamiento.

En Venezuela no se conoce implementación comercial de este tipo de sistema, por lo que representaría un hito bajo este concepto. Además sirve de base para el desarrollo físico del dispositivo, teniendo así carácter de un diseño y tecnología Venezolana, hecho contaría como un dispositivo producido en el país y sirviendo así de motivación para otros estudiantes de pregrado al desarrollo de equipos con utilidad para ser desarrollados en la nación.

El presente proyecto se encuentra bajo la línea de Investigación de Análisis y Procesamiento de Señales del Departamento de Circuitos y Mediciones, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo de estado sólido para la desconexión y reconexión del servicio eléctrico a usuarios de manera remota.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el circuito electrónico básico del dispositivo, con el fin de determinar los componentes que éste requiere.
- Establecer el método de accionamiento de desconexión y reconexión del dispositivo a través de componentes analógicos, digitales o una combinación de ambos.
- Analizar los tipos de protocolo y el módulo de comunicación, para establecer la mejor opción a utilizar.
- Desarrollar la Interfaz de comunicación, donde los operadores puedan ejecutar la desconexión o reconexión del servicio eléctrico.
- Simular el funcionamiento del equipo y de la interfaz de comunicación mediante softwares de computadora.

1.4 ALCANCE

El propósito del proyecto será diseñar un dispositivo para desconectar y reconectar de manera remota el suministro de energía eléctrica a los usuarios de CORPOELEC. Bajo este concepto se desarrollará el circuito electrónico con todos los

componentes que se requieran, asegurando que el dispositivo cuente con un sistema de respaldo de datos internos y protecciones que garantice su funcionamiento.

Así mismo, seleccionar un sistema o equipos de comunicación sencillo y de alto alcance con el fin de diseñar un programa piloto de interacción con los operadores encargados a realizar la conexión y desconexión de manera remota y el dispositivo, donde se prevé que cada dispositivo tenga incorporado un código de identificación único para lograr que el operador pueda asociar dicho código con un usuario o usuarios conectados a tal dispositivo. De esta manera se puede lograr un registro eficiente para la ejecución de la labor.

Una vez realizado lo anterior se procederá a realizar pruebas mediante simulaciones por computadora.

1.5 RECURSOS

- Recursos financieros propios.
- Computadora.
- Libros de consulta, trabajos de grado, revistas, internet.
- Recursos Humanos: Profesores, ingenieros y técnicos especializados en el área.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS

Un sistema piloto interconectado de manera remota entre el programa de computadora y el dispositivo de estado sólido que realice la tarea planteada, que sea sencillo, confiable y económico.

El dispositivo de estado sólido debe ser capaz de procesar la información emitida desde un computador por ejecución de un operador, y que pueda ser comprobable mediante la simulación por computadora con los programas que se requieran.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Cortez Ángel y Morales Rafael, en su proyecto de grado, (2004), **“Automatización remota del control de la desconexión y reconexión de los clientes de ELEOCCIDENTE zona Cojedes”** presentado para optar por el título de Ingeniero Electricista. Presentan un método para realizar la desconexión y reconexión de manera remota a través de una computadora donde el medio de comunicación inalámbrica se basa en radio frecuencia. La señal enviada es procesada por un microcontrolador el cual puede diferenciar entre las acciones a ejecutar. El mismo presenta similitud con respecto a lo que quiere representar en este proyecto de grado, por lo que fue considerado como base fundamental para los conceptos básicos en cuestión de poder realizar la desconexión y reconexión de los clientes de servicio eléctrico.

Hipolito M. Leon C. y Amner E. de Paz M; en su proyecto de grado (2007), **“Diseño de un equipo para indicar el consumo de energía eléctrica, en sectores de bajos ingresos, con tecnología de microcontroladores”**. Este diseño presenta funciones semejantes a los requerimientos de este trabajo de grado, con la diferencia que el equipo diseñado es quien envía la información necesaria a los operadores.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 EL TRANSISTOR

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada. Cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

El principal funcionamiento de los transistores es amplificar corriente, pueden ser usados para amplificar la pequeña corriente de salida de un circuito integrado (IC) lógico de tal forma que pueda manejar una bombilla, un relé u otro dispositivo de que consuma una carga considerable. Un transistor puede ser usado como un interruptor (ya sea a la máxima corriente (encendido ON) o con ninguna corriente (apagado OFF)) y como amplificador (siempre conduciendo corriente). (Mohan, Undeland, & Robbins, 2009)

2.2.1.1 Transistores tipo Darlington

Es un dispositivo semiconductor que combina dos transistores bipolares en un tándem (a veces llamado par Darlington) en un único dispositivo. La ganancia de corriente que presente este dispositivo es igual a la multiplicación de las ganancias de cada transistor. La Figura 2.1 muestra la conexión de los dos transistores formando lo que se conoce par Darlington. (Mohan, Undeland, & Robbins, 2009)

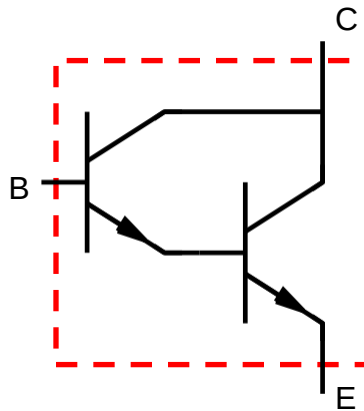


Figura 2.1 Modelo de un transistor Darlington

Fuente: (Mohan, Undeland, & Robbins, 2009)

Estos dispositivos son ampliamente utilizados en circuitos en donde es necesario controlar cargas grandes con corrientes muy pequeñas.

2.2.2 RELÉS DE ESTADO SÓLIDO

Un relé de estado sólido (conocido como SSR por sus siglas en inglés Solid State Relay) es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control. Estos dispositivos hacen la misma función que los relés electromecánicos, pero sin partes móviles que se desgasten, siendo esta una de sus principales ventajas.

Los SSR consisten en un sensor que responde a una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga, y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua, utilizan semiconductores de potencia como tiristores y transistores para conmutar corrientes hasta más de 100 amperios. La conmutación se realiza con

gran velocidad (del orden de milisegundos). En la figura 2.2 se puede ver un modelo comercial de un SSR, donde se visualizan los puntos de conexión del circuito de control y el circuito de la carga.



Figura 2.2 Modelo Comercial de un SSR

Fuente: (FOTEK, 2015)

2.2.2.1 Funcionamiento

- **Para Cargas de Corriente Continua (CC)**

Para cargas de CC se emplean SSR basados en un único MOSFET, o múltiples MOSFET en paralelo. Estos implementan un diodo que conduce la electricidad en un sólo sentido. Estos dispositivos constan básicamente de un MOSFET pero que manejan mayor corriente, con la peculiaridad de que la entrada está aislada de la salida, y además, tienen el terminal positivo y el terminal negativo identificados, ya que se pueden dañarse si las polaridades se invierten. Cuando se conmutan cargas inductivas debe colocarse un diodo de protección en la salida del SSR para evitar que las corrientes inversas de retorno lo dañen.

- **Para Cargas de Corriente Alterna (CA)**

Para cargas de CA se emplea un TRIAC que consta de dos SCR conectados en direcciones opuestas. Los TRIAC se utilizan porque la corriente alterna está constantemente cambiando de dirección; cuando la puerta del TRIAC deja de recibir corriente, el TRIAC cortará el paso de electricidad cuando el ciclo de la alterna pase por 0, por lo que nunca se interrumpe el paso en un pico de la alterna, evitando los altos voltajes transitorios que de otra forma se producirían si se interrumpiera el paso bruscamente debido al colapso repentino del campo magnético sobre el inducido. Esta propiedad se denomina conmutación en "paso por cero".

2.2.3 EL MICROCONTROLADOR.

Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. (Mikroelektronika, 2015)

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o microvatios). Por lo general, tendrá la capacidad para mantener la funcionalidad a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción. El consumo de energía durante el estado de reposo (reloj de la CPU y los periféricos de la mayoría) puede ser sólo nanovatios, lo que hace que de ellos sean adecuados para aplicaciones con batería de larga duración. Otros microcontroladores pueden servir para roles de rendimiento crítico, donde sea necesario actuar más como un procesador digital de señal (DSP), con velocidades de reloj y consumo de energía más altos.

2.2.3.1 Recursos comunes entre los microcontroladores

Los microcontroladores, al estar integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales, procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

2.2.3.1.1 Arquitectura básica

Inicialmente todos los microcontroladores adoptaban la arquitectura clásica de Von Neumann, aunque en el presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). (Mikroelektronika, 2015). En la Figura 2.3 se puede ver la representación y disposición de los elementos que caracterizan a la arquitectura Von Neumann.

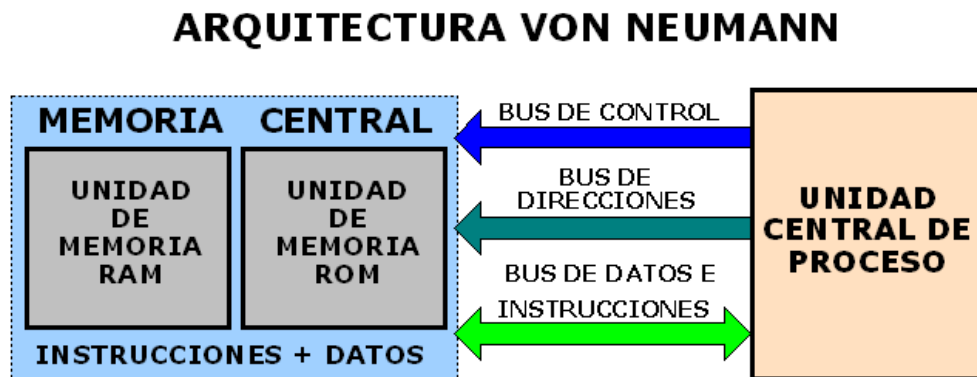


Figura 2.3 Arquitectura Von Neumann

Fuente: (Mikroelektronika, 2015)

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. (Mikroelektronika, 2015). En la figura 2.4 se puede ver la representacion y disposicion de los elementos que caracterizan la arquitectura Harvard.

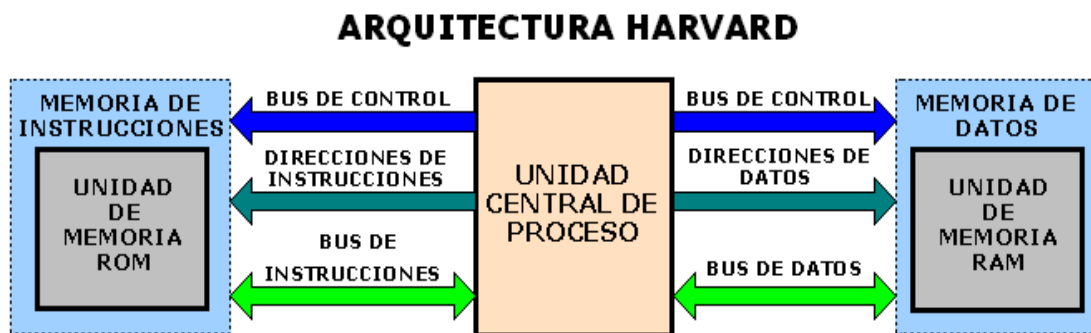


Figura 2.4 Arquitectura Harvard

Fuente: (Mikroelektronika, 2015)

2.2.3.1.2 El procesador o Unidad Central de Proceso (UCP)

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado (Mikroelektronika, 2015).

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

- **CISC:** Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución (Mikroelektronika, 2015).

Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

- **RISC:** Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Conjunto de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador (Mikroelektronika, 2015).
- **SISC:** En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico). (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.1.3 Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y es destinada a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y es destinada a guardar las variables y los datos. (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.1.4 Puertas de Entrada y Salida

Son las estructuras de hardware (físicas) que le permiten al microcontrolador recibir o enviar información al mundo exterior.

Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos, un resonador cerámico o una red R-C (Mikroelektronika, 2015).

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero conlleva un incremento del consumo de energía.

2.2.3.2 Recursos Especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas, amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el costo, el hardware y el software. (Mikroelektronika, 2015)

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watch dog Timer".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

2.2.3.2.1 Temporizadores o "Timers"

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores). Para la medida de tiempos se carga un registro con un valor adecuado y dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o de algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso. (Mikroelektronika, 2015)

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguno de los pines del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

2.2.3.2.2 Perro guardián o "Watchdog"

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema. Pero un microcontrolador tiene la capacidad de funcionar sin el control de un supervisor y de forma continua las 24 horas del día. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema. (Mikroelektronika, 2015)

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque un reinicio. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización se provocará el reinicio.

2.2.3.2.3 Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que reinicia al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.2.4 Estado de reposo o de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar (sin hacer nada) a que se produzca algún acontecimiento externo active el funcionamiento normal de éste. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los

PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.2.6 Convertidor A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Convertidor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar niveles de señales analógicas y convertirlas a un equivalente digital almacenándolo en un registro. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde los pines del circuito integrado (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.2.7 Convertidor D/A (CDA)

Convierte datos digitales almacenados en una correspondiente señal analógica equivalente según los parámetros de la conversión, y esta señal se dispone en algún pin de salida del microcontrolador (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.2.8 Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal de referencia y otra variable que se aplica por uno de los pines de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 o 0 según una señal sea mayor o menor que la otra (Mikroelektronika, 2015).

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

2.2.3.2.9 Modulador de ancho de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida pulsos con un ciclo de trabajo variable, que se ofrecen al exterior a través de los pines del encapsulado. (Mikroelektronika, 2015)

2.2.3.2.10 Puertos de E/S digitales

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus pines a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando puertos. Las líneas digitales de los puertos pueden configurarse como “entrada” o como “salida” cargando un 1 o un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración (Mikroelektronika, 2015).

2.2.3.2.11 Puertos de comunicación

Son módulos implementados con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con una variedad de dispositivos externo, bajo normas y protocolos existentes (Mikroelektronika, 2015). Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

1. UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
2. USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona

3. Puerta paralela esclava para conectarse con los buses de otros microprocesadores.
4. USB (Universal Serial Bus).
5. Bus I2C. Interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
6. CAN (Controller Area Network). Permite la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles.

2.2.4 MODOS DE COMUNICACIÓN

2.2.4.1 Comunicación Serial

La comunicación serial es un protocolo para comunicación entre dos o más dispositivos digitales. Se utilizan puertos seriales estandarizados para tal propósito y estos últimos para transmitir y/o recibir datos binarios de un bit a la vez. Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII (Mikroelektronika, 2015).

2.2.4.2 Comunicación Serial Asíncrona

La Comunicación Serial Asíncrona es un protocolo que no requiere de una señal de reloj que mantenga en sincronía los dispositivos conectados sino, que utiliza de forma básica solo dos líneas para transmitir y recibir datos y una línea de tierra común como se muestra en la Figura 2.5 (Comunicación Serial Asíncrona, 2014). Existen tres modos de envíos de datos a través de las líneas de interconexión que los cuales son:

- **Simplex:** En ella la comunicación serie usa una dirección y una línea de comunicación. Siempre existirá un transmisor y un receptor, no ambos.

- **Half Duplex:** La comunicación serie se establece a través de una sola línea, pero en ambos sentidos. En un momento el transmisor enviará información y en otro recibirá, por lo que no se puede transferir información en ambos sentidos de forma simultánea.
- **Full Duplex:** Se utilizan dos líneas (una transmisora y otra receptora) y se transfiere información en ambos sentidos. En la Figura 2.5 se puede notar la principal ventaja de este método la cual es que se puede transmitir y recibir información de manera simultánea.

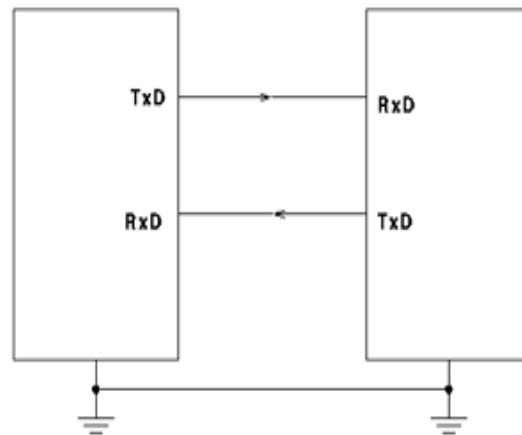


Figura 2.5 Enlace de comunicación serial Full Duplex

Fuente: (Comunicación Serial Asíncrona, 2014)

Es requisito además, que para establecer la comunicación correcta, los dispositivos deben tener ciertos parámetros configurados por software acerca de cómo serán enviados los datos, los cuales son:

- **Velocidad de transmisión (*baud rate*):** Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds). Por ejemplo, 300 baudios representa 300 bits por segundo. Las velocidades más comunes para la comunicación serial son 9600, 19200, 38400 y 57600 bauds.

- **Bits de datos:** Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8 bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere. Por ejemplo, el ASCII estándar tiene un rango de 0 a 127, es decir, utiliza 7 bits; para ASCII extendido es de 0 a 255, lo que utiliza 8 bits. Si el tipo de datos que se está transfiriendo es texto simple (ASCII estándar), entonces es suficiente con utilizar 7 bits por paquete para la comunicación. Un paquete se refiere a una transferencia de byte, incluyendo los bits de inicio/parada, bits de datos, y paridad. Debido a que el número actual de bits depende en el protocolo que se seleccione, el término paquete se usa para referirse a todos los casos.
- **Bits de parada:** Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Debido a la manera como se transfiere la información a través de las líneas de comunicación y que cada dispositivo tiene su propio reloj, es posible que los dos dispositivos no estén sincronizados. Por lo tanto, los bits de parada no sólo indican el fin de la transmisión sino además dan un margen de tolerancia para esa diferencia de los relojes. Mientras más bits de parada se usen, mayor será la tolerancia a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será más lenta.
- **Paridad:** Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no usar paridad alguna también está disponible. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico. Por ejemplo, si la información a transmitir es 011 y la paridad es par, el bit de paridad sería 0 para mantener el número de bits en estado alto lógico como par. Si la paridad seleccionada fuera impar, entonces el

bit de paridad sería 1, para tener 3 bits en estado alto lógico. La paridad marcada y espaciada en realidad no verifican el estado de los bits de datos; simplemente fija el bit de paridad en estado lógico alto para la marcada, y en estado lógico bajo para la espaciada. Esto permite al dispositivo receptor conocer de antemano el estado de un bit, lo que serviría para determinar si hay ruido que esté afectando de manera negativa la transmisión de los datos, o si los relojes de los dispositivos no están sincronizados.

La interconexión con tres líneas es la forma más simple de establecer una comunicación serial asíncrona, sin embargo esta se rige por estándares que establece el uso de más señales para sincronizar correctamente la transmisión y recepción de los datos tales como el RS-232, RS-422 y RS-485. El más común y simple es el RS-232, el cual está basado en la estructura del conector DB9 donde su nombre refiere a la existencia 9 pines para establecer la comunicación y, los niveles de tensión utilizados para la señal de cero (0) y uno (1) lógico los cuales se encuentra entre +3V y +25V (+12V típico) y -3V y -25V (-12V típico) respectivamente (Comunicación Serial Asíncrona, 2014). El conector DB9 es el que se muestra en la figura 2.6:

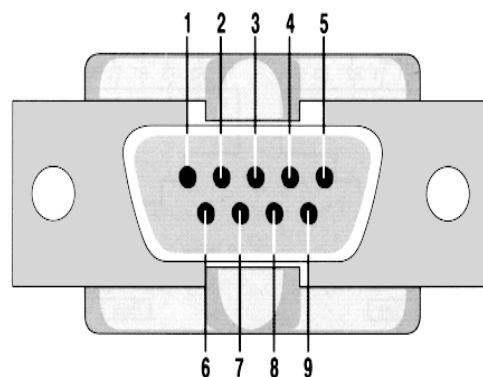


Figura 2.6 Puerto DB9 Hembra

Fuente: (Comunicación Serial Asíncrona, 2014)

Si se establece como Standar de comunicación el RS-232, los pines del puerto DB9 tendrían determinadas funciones como las que se describen en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1
Funciones de los pines del módulo RS-232

#	PIN	E/S	Función
1	--	N/A	Tierra de Chasis
2	RXD	E	Recibir Datos
3	TXD	S	Transmitir Datos
4	DTR	S	Terminal de Datos Listo
5	SG	N/A	Tierra de Señal
6	DSR	E	Equipos de Datos listo
7	RTS	S	Solicitud de Envío
8	CTS	E	Libre para envío
9	RI	S	Timbre telefónico

Fuente: (Comunicación Serial Asíncrona, 2014)

Para utilizar el módulo RS-232 es necesario utilizar los niveles de tensión de este módulo por lo que, si se trabaja con un microcontrolador (por ejemplo) cuyo niveles de tensión se basan en la lógica TTL (0V a 5V), entonces se requiere de un dispositivo que adecue estas señales. Es por esto que se usa el dispositivo MAX232 de manera típica, el cual realiza esta función con una conexión sencilla. (Comunicación Serial Asíncrona, 2014). En la Figura 2.7 se representa el esquema de conexión del módulo MAX.232

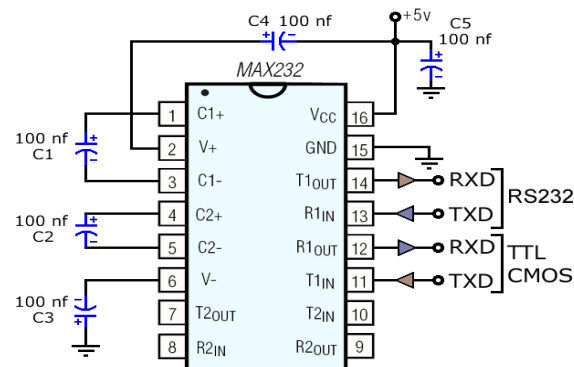


Figura 2.7 Representación del módulo MAX-232

Fuente: (Comunicación Serial Asíncrona, 2014)

2.2.4.3 Comunicación Serial Síncrona

Este tipo de comunicación se basa en la transmisión de datos entre dos dispositivos que comparten un mismo reloj de tiempo que sincroniza el enlace de datos. Este tipo de comunicación trae como ventaja el poder manejar mayores velocidades debido a que no se requieren transmitir bits de inicio y parada para la transmisión de datos sino que el reloj sincroniza el inicio y la parada de los datos a transmitir o recibir.

Existen varios protocolos de comunicación serial y los más conocidos son el SPI (Interfaz Periférico Serial) e I²C (Circuitos Inter-Integrados).

Estándar SPI

Es un bus estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. El bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI es un estándar para controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj (comunicación síncrona).

Este estándar incluye una línea de reloj, dato entrante, dato saliente y un pin de chip select, que conecta o desconecta la operación del dispositivo con el que se desea comunicar. De esta forma, este estándar permite multiplexar las líneas de reloj.

La sincronización y la transmisión de datos se realizan por medio de cuatro señales:

- **SCLK** (Clock): Es el pulso que marca la sincronización. Con cada pulso de este reloj, se lee o se envía un bit. También llamado TAKT (en Alemán).
- **MOSI** (Master Output Slave Input): Salida de datos del Master y entrada de datos al Slave. También llamada SIMO.
- **MISO** (Master Input Slave Output): Salida de datos del Slave y entrada al Master. También conocida por SOMI.
- **SS/Select**: Para seleccionar un Slave, o para que el Master le diga al Slave que se active. También llamada SSTE.

La cadena de bits es enviada de manera síncrona con los pulsos del reloj, es decir, con cada pulso el Master envía un bit. Para que empiece la transmisión, el Master baja la señal SSTE o SS/Select a cero, con esto el Slave se activa y empieza la transmisión, con un pulso de reloj al mismo tiempo que el primer bit es leído. Nótese que los pulsos de reloj pueden estar programados de manera que la transmisión del bit se realice en cuatro modos diferentes, a esto se llama polaridad y fase de la transmisión:

- 1. Con el flanco de subida sin retraso.
- 2. Con el flanco de subida con retraso.
- 3. Con el flanco de bajada sin retraso.
- 4. Con el flanco de bajada con retraso.

En forma ejemplo, en la Figura 2.8 se representa un esquema de control del módulo SPI con varios esclavos, mostrando la conexión entre las para la correcta comunicación.

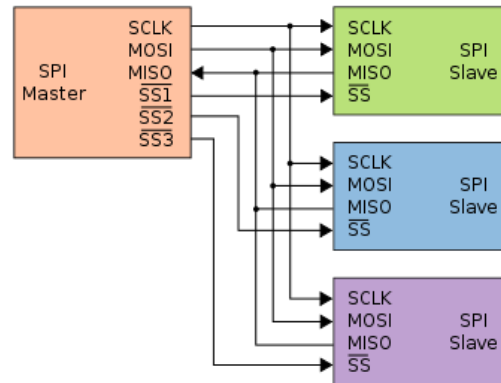


Figura 2.8. Esquema de control del Módulo SPI con varios esclavos

Fuente: (Mikroelectronika, 2015)

Estándar I²C

I²C es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de Inter-Integrated Circuit (Circuitos Inter-Integrados). La versión 1.0 data del año 1992 y la versión 2.1 del año 2000, su diseñador es Philips. La velocidad es de 100 kbit/s en el modo estándar. También permite velocidades de 3.4 Mbit/s. Es un bus muy usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados y, generalizando más, para comunicar circuitos integrados entre sí que normalmente residen en un mismo circuito impreso. (Comunicación Serial I²C, 2014).

La principal característica de I²C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y otra para la señal de reloj. También es necesaria una

tercera línea, pero ésta es sólo la referencia (masa). Como suelen comunicarse circuitos en una misma placa que comparten una misma masa esta tercera línea no suele ser necesaria. (Comunicación Serial I2C, 2014).

Las líneas se llaman:

- SDA: datos
- SCL: reloj
- GND: tierra

Los dispositivos conectados al bus I²C tienen una dirección única para cada uno. También pueden ser maestros o esclavos. El dispositivo maestro inicia la transferencia de datos y además genera la señal de reloj, pero no es necesario que el maestro sea siempre el mismo dispositivo, esta característica se la pueden ir pasando los dispositivos que tengan esa capacidad. Esta característica hace que al bus I²C se le denomine bus multimaestro. (Comunicación Serial I2C, 2014).

Las transacciones en el bus I²C tiene el siguiente formato:

| start | A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 R/W | ACK | ... DATA ... | ACK | stop | idle |

- El bus está libre cuando SDA y SCL están en estado lógico alto.
- En estado bus libre, cualquier dispositivo puede ocupar el bus I²C como maestro.
- El maestro comienza la comunicación enviando un patrón llamado "start condition". Esto alerta a los dispositivos esclavos, poniéndolos a la espera de una transacción.
- El maestro se dirige al dispositivo con el que quiere hablar, enviando un byte que contiene los siete bits (A7-A1) que componen la dirección del dispositivo esclavo con el que se quiere comunicar, y el octavo bit (A0) de menor peso se corresponde con la operación deseada (L/E), lectura=1 (recibir del esclavo) y escritura=0 (enviar al esclavo).

- La dirección enviada es comparada por cada esclavo del bus con su propia dirección, si ambas coinciden, el esclavo se considera direccionado como esclavo-transmisor o esclavo-receptor dependiendo del bit R/W.
- El esclavo responde enviando un bit de ACK que le indica al dispositivo maestro que el esclavo reconoce la solicitud y está en condiciones de comunicarse.
- Seguidamente comienza el intercambio de información entre los dispositivos.
- El maestro envía la dirección del registro interno del dispositivo que se desea leer o escribir.
- El esclavo responde con otro bit de ACK
- Ahora el maestro puede empezar a leer o escribir bytes de datos. Todos los bytes de datos deben constar de 8 bits, el número máximo de bytes que pueden ser enviados en una transmisión no está restringido, siendo el esclavo quien fija esta cantidad de acuerdo a sus características.
- Cada byte leído/escrito por el maestro debe ser obligatoriamente reconocido por un bit de ACK por el dispositivo maestro/esclavo.
- Se repiten los dos pasos anteriores hasta finalizar la comunicación entre maestro y esclavo.
- Aun cuando el maestro siempre controla el estado de la línea del reloj, un esclavo de baja velocidad o que deba detener la transferencia de datos mientras efectúa otra función, puede forzar la línea SCL a nivel bajo. Esto hace que el maestro entre en un estado de espera, durante el cual, no transmite información esperando a que el esclavo esté listo para continuar la transferencia en el punto donde había sido detenida.
- Cuando la comunicación finaliza, el maestro transmite una "stop condition" para dejar libre el bus.
- Después de la "stop condition", es obligatorio para el bus estar "idle" durante unos microsegundos.

2.2.4.4 Comunicación GSM

GSM (“Global System for Mobile Communications”) es un sistema de telefonía netamente digital. Éste se definió como un estándar europeo abierto para redes de teléfonos móviles digitales que soportan voz, mensajes de texto, datos y roaming. GSM corresponde a la segunda generación (2G) más importante del globo terrestre. Su arquitectura se basa en el reparto del espectro disponible debido a la limitación del rango de frecuencias disponibles, ya que cada conversación requiere un mínimo de ancho de banda. A cada compañía se le asigna cierto ancho de banda con unas frecuencias delimitadas y, además, debe emplearse más de una antena para poder abastecer el necesario ancho de banda, donde también deben ser separados los rangos de cada terminal para prevenir interferencias entre usuarios. (ITU-T, 2003)

2.2.5 MÓDULO O MÓDEM GSM

Es un equipo móvil con la capacidad de conectarse a una red GSM y utilizar los principales servicios que esta posee, tales como llamadas, servicios de mensajes cortos, intercambio de datos, entre otros.

Las principales aplicaciones de estos módulos vienen dados por la necesidad de tener que establecer comunicación entre dispositivos terceros con el fin de controlarlos y/o monitorearlos de manera remota o, que los dispositivos se conecten a un servidor donde depositen información, donde dicha comunicación no es posible establecerla mediante el uso de cables. Estos módulos hacen posibles una transferencia segura de datos, utilizando una codificación y/o un firewall. Además, las económicas tarifas por volumen establecen costos de transferencia reducidos.

2.2.6 COMANDOS AT O COMANDOS HAYES

Es un lenguaje desarrollado por la compañía Hayes Communications que prácticamente se convirtió en estándar abierto de comandos para configurar y parametrizar módems. Los caracteres «AT», que preceden a todos los comandos, significan «Atención», e hicieron que se conociera también a este conjunto de comandos como comandos AT. Midiendo la longitud de los bits se puede determinar en detalle la velocidad de transmisión (Lammert Bies, 2015).

Es importante mencionar que la telefonía móvil GSM también ha adoptado este lenguaje para comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los equipos móviles GSM poseen un conjunto de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar SMS, además de otras opciones para la configuración del terminal.

En la tabla 2.1 se muestran los principales códigos AT utilizados para interactuar con un equipo móvil (módem o celular) desde equipo terminal (por ejemplo computador).

Tabla 2.2
Comandos AT más comunes

Comando	Función
AT+CGMI	Identificación del fabricante.
AT+CGSN	Obtener número de serie.
AT+CIMI	Obtener el IMSI.
AT+CPAS	Leer estado del modem.
AT+CPMS	Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS.
AT+CMGF	Seleccionar formato de los mensajes SMS.
AT+CMGR	Leer un mensaje SMS almacenado.
AT+CMGL	Listar los mensajes almacenados
AT+CMGS	Enviar mensaje SMS.
AT+CMGW	Almacenar mensaje en memoria.
AT+CMSS	Enviar mensaje almacenado.
AT+CSCA	Establecer el Centro de mensajes a usar.
AT+WMSC	Modificar el estado de un mensaje.
AT+CSQ	Obtener calidad de la señal.
AT+CREG	Registrarse en una red.
AT+WOPN	Leer nombre del operador
AT+CPIN	Introducir el PIN
AT+CPINC	Obtener el número de reintentos que quedan
AT+CPWD	Cambiar password
AT+CPBR	Leer todas las entradas
AT+CPBF	Encontrar una entrada.
AT+CPBW	Almacenar una entrada.
AT+CPBS	Buscar una entrada.

Fuente: (European Telecommunications Standards Institute, 1996)

2.2.7 SOFTWARE Y SIMULACIÓN

2.2.7.1 Proteus

Proteus es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: Ares e Isis y, los módulos VSM y Electra.

El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta circuitos más complejos con microprocesadores o microcontroladores, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

Una de las prestaciones de Proteus, integrada con ISIS, es VSM, el Virtual System Modeling (Sistema Virtual de Modelado), una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, con posibilidad de más rapidez; todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo nosotros mismos el programa que controlará el microcontrolador y cada una de sus salidas, y a la vez, simulando las tareas que queramos que lleve a cabo con el programa. Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos, como motores, lcd's, teclados en matriz, etc. Incluye, entre otras, las familias de PIC's PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 y dsPIC33. ISIS es el corazón del entorno integrado PROTEUS. Combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos con extensión .wdsDA.

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

En la Figura 2.9 se muestra la interfaz principal del software Proteus 8.1

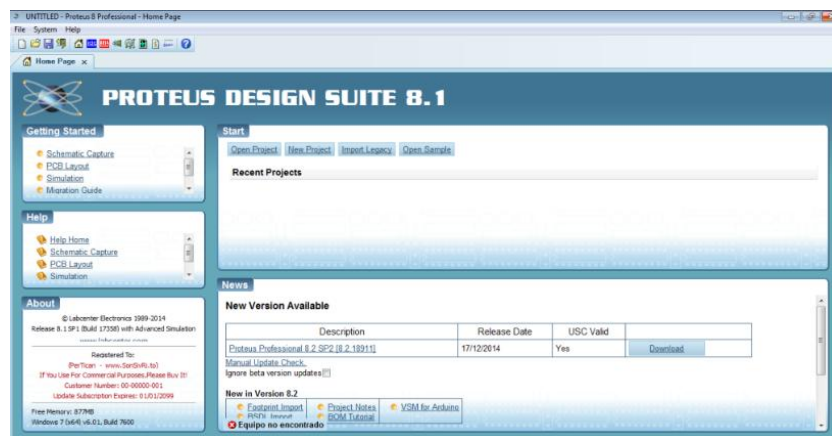


Figura 2.9 Interfaz de Proteus 8.1

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

- **Virtual Terminal (en Proteus)**

Virtual Terminal es un componente que trae integrado Proteus en donde se puede visualizar la transmisión y recepción de datos. Esta información se verá reflejada en código ASCII si se mantiene la configuración por defecto, incluyendo los comandos de Control, similar al HiperTerminal de Windows. Si se envían caracteres no imprimibles, estos aparecerán como signos extraños, para poder visualizarlos se debe emplear el modo "HEX". En la Figura 2.10 se representa donde se puede ubicar el componente de Virtual Terminal una vez que nos encontramos dentro del espacio de trabajo de Proteus.

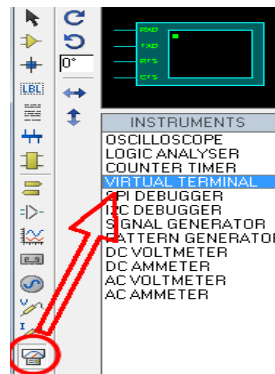


Figura 2.10 Ubicación del Virtual Termina en Proteus (Software Proteus 8.1)

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En la figura 2.11 se puede notar como se visualizan la transmisión y recepción de datos mediante el Virtual Terminal si se mantiene la configuración por defecto (Código ASCII).

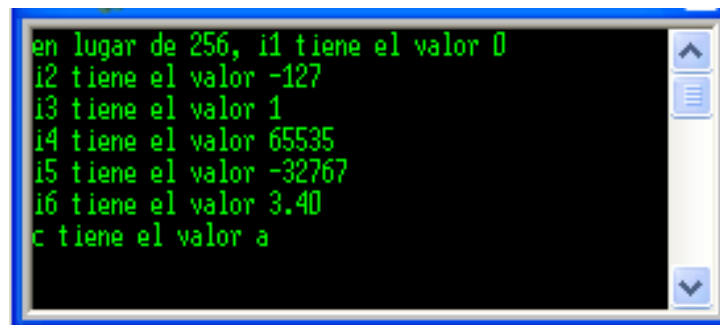


Figura 2.11 Visualización en caracteres (Software Proteus 8.1)

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Por el Contrario, si la configuración del Virtual Terminal es modificada a modo HEX, la transmisión y recepción de datos se visualizaría como muestra la figura 2.12.

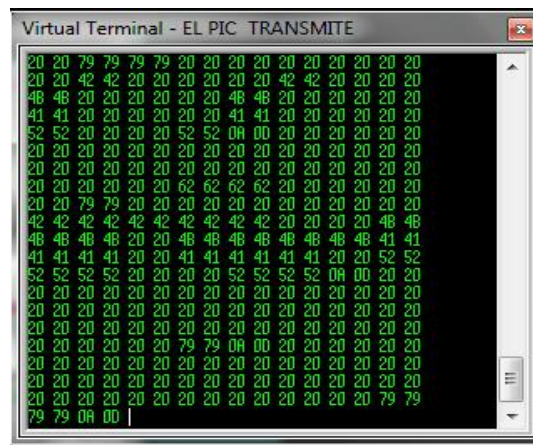


Figura 2.12 Visualización en modo HEX (Software Proteus 8.1)

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

2.2.7.2 MikroC

Es un software de alto nivel dedicado a la programación de microcontroladores PIC en sus distintas presentaciones tales como PIC, DSPIC, PIC32, etc., mediante el lenguaje “C”, el cual emplea la mayoría de las características de este lenguaje normalizado por ANSI pero con algunas limitaciones, principalmente impuestas por la arquitectura de estos microcontroladores.

Como programador de alto nivel se le atribuye una serie de ventajas con respecto a los programadores de bajo nivel en el uso de herramientas de software preestablecidas para el manejo de varios tipos de datos y elementos de hardware tales como pantallas, teclados, etc., que facilitan el trabajo de programación, al tiempo que se pueden realizar desarrollos complejos con recursos de manera abstracta que con sus contrapartes de bajo nivel.

Se caracteriza por el modo de compilación del archivo fuente que contiene el código en mikroC que se escribe para programar el microcontrolador. El preprocesador se utiliza automáticamente por el compilador al iniciarse el proceso de la compilación. El compilador busca las directivas del preprocesador (que siempre empiezan por '#') dentro del código y modifica el código fuente de acuerdo con las directivas. En esta fase se llevan a cabo inclusión de archivos, definición de constantes y macros, etc., lo que facilita el proceso. El analizador sintáctico (parser) elimina toda la información inútil del código (comentarios, espacios en blanco). Luego, el compilador traduce el código a un archivo binario denominado archivo .mcl. El enlazador (linker) recupera toda la información requerida para ejecutar el programa de los archivos externos y la agrupa en un solo archivo (.dbg). Además, un proyecto puede contener más de un archivo fuente y el programador puede utilizar funciones predefinidas y agrupadas dentro de los archivos denominados librerías. Por último, el generador .hex produce un archivo .hex que es el archivo que se va a cargar en el microcontrolador (Mikroelectronika, 2015) .



Figura 2.13 Procesamiento de código de alto nivel a lenguaje máquina

Fuente: (Mikroelectronika, 2015)

2.2.7.3 Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio es un Entorno de Desarrollo Integral (ID, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta múltiples lenguajes de programación tales como C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby, PHP; al igual que entornos de desarrollo web como ASP.NET MVC, Django, etc., a lo que se le

suma las nuevas capacidades online bajo Windows Azure en forma del editor Monaco (Microsoft Visual Studio, 2014).

Visual Studio permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión .NET 2002). Así se pueden crear aplicaciones que se comuniquen entre estaciones de trabajo, páginas web, dispositivos móviles, dispositivos embebidos, consolas, etc. (Microsoft Visual Studio, 2014).

Las versiones más recientes de Visual Estudio son:

- Microsoft Visual Studio 2008.
- Microsoft Visual Studio 2010.
- Microsoft Visual Studio 2012.
- Microsoft Visual Studio 2013.

Microsoft desarrolló entornos las ediciones “Express” de estos programas orientados a estudiantes y desarrolladores aficionados teniendo las mismas características pero sin las opciones avanzadas de integración que posee la versión comercial.

2.2.7.4 Network Serial Port Kit

NETWORK SERIAL PORT KIT, es un software que permite la creación de puertos COM virtuales, con el fin de simular comportamientos de transmisión y recepción de datos a través de dichos puertos que no se encuentran físicamente disponibles.

En la figura 2.14 se visualiza la interfaz gráfica del Software Network Serial Port Kit para la creación de puertos COM virtuales.

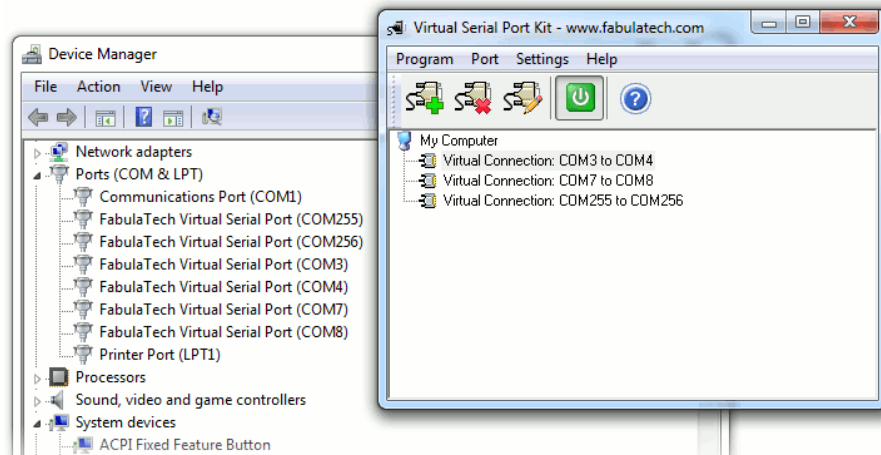


Figura 2.14 Creación de puertos COM

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Este software además permite proporcionar una conexión de módem nulo entre dos aplicaciones de comunicación serie, es decir permite simular la comunicación entre dos puertos a través de un cable virtual proporcionando de esta forma que la información que sea recibida por uno de los puertos virtual se puede enviar mediante otro puerto virtual y viceversa. De esta forma se puede establecer un intercambio de datos entre aplicaciones o módulos que se relacionen con cables virtuales. En la Figura 2.15 se visualiza la representación gráfica de la conexión entre dos aplicaciones mediante un cable virtual.

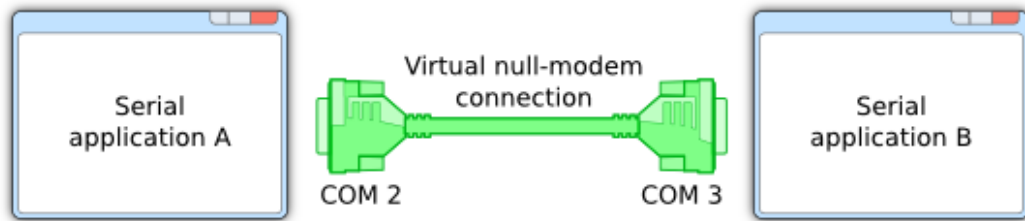


Figura 2.15 Interconexión de programas con comunicación serial

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Dentro de este marco teórico se definen conceptos y términos del lenguaje utilizado de modo que no haya comprensión inequívoca del lector, dichas palabras se presentaran a continuación:

- **CISC:** Computador con Conjunto de Instrucciones Complejas.
- **Hardware:** Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.
- **Memoria No Volátil:** es un tipo de memoria que no necesita energía para perdurar.
- **Memoria Volátil:** es aquella memoria cuya información se pierde al interrumpirse el flujo eléctrico.
- **RAM:** Memoria de Acceso Aleatorio
- **RISC:** Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas.
- **ROM:** Memoria de solo lectura.
- **SISC:** Conjunto de Instrucciones Simples.
- **Software:** Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Refiriéndose al diseño de un dispositivo de conexión y reconexión remota de servicio eléctrico a usuarios de CORPOELEC, se establece que el mismo corresponde a un proyecto de grado factible ya que representa una solución al problema indicado mediante la investigación aplicada.

(Hernández, 2003) El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.

(Rodríguez Moguel, 2005) La investigación Aplicada: «... se aplica la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a una utilización inmediata y no al desarrollo de teorías.» (p. 23).

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Bajo los diseños de investigación existentes el proyecto se caracteriza por ser del tipo de investigación experimental, fundamentando en (Gómez, 2006) que según es: «un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control creada por el investigador.» (p. 87).

Esto entra en concordancia con las características de la propuesta, debido a que se requiere del envío (manipulación de una variable) y recepción de señales para poder efectuar una determinada acción (cambia el estado de otra variable) tal como la conexión o desconexión del servicio eléctrico.

3.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Se describen a continuación las fases que se efectuaron de manera secuencial con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto

FASE 1: Búsqueda y análisis de información.

- Se visitó la sede de COPORLEC Maracay para recabar información acerca de la metodología de las desconexiones y reconexiones del servicio eléctrico, así como las estadísticas de éstas.
- Se recaudó información sobre los dispositivos de estado sólido, protocolos y módulos de comunicación.
- Se analizó la data obtenida a fin de establecer factibilidad en el proyecto.

FASE 2: Diseñar el circuito electrónico del dispositivo estableciendo los componentes a utilizar.

- Se diseñó el circuito electrónico analógico-digital y sus componentes de seguridad.
- Se determinaron los valores de los componentes del circuito electrónico.
- Se determinaron los valores comerciales de los componentes del circuito electrónico.

FASE 3: Selección del microcontrolador y sistema de comunicación a utilizar.

- Se seleccionó el microcontrolador más adecuado en función de las necesidades que se requerían en el diseño.
- Se determinó un sistema de comunicación donde se consideró el módulo de comunicación con capacidad establecer conexión con el microcontrolador.
- Se desarrolló el algoritmo del microcontrolador encargado del procesamiento de las señales provenientes del módulo de comunicación y de la ejecución de la desconexión o reconexión del servicio eléctrico a los usuarios.
- Se acopló el módulo de comunicación con el circuito electrónico analógico-digital.

FASE 4: Diseño de la interfaz por computadora para el accionamiento del dispositivo a través de la comunicación inalámbrica.

- Se seleccionó el software de programación.

- Se desarrolló la interfaz de usuario mediante un software de programación. Esta interfaz tiene la capacidad de ejecutar acciones de desconexión o reconexión mediante un programa de computadora que puede ser usado por el operador.

FASE 5: Simulaciones.

- Se simuló el funcionamiento del software piloto para ejecutar una orden de desconexión o reconexión a uno o varios usuarios.
- Se simuló funcionamiento del dispositivo de estado sólido mediante un programa, corroborando el procesamiento de una orden de desconexión o reconexión.

3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Las técnicas de procesamiento de datos describen las distintas operaciones a las que fueron sometidos los datos obtenidos (Arias, 1999).

En el presente proyecto, el procesamiento de los datos corresponde a las variables modificadas o afectadas con respecto a las acciones ejecutadas mediante la interfaz de usuario, esto realizó mediante el estudio detallado de cada una de las mismas en las pruebas con simulaciones.

En cuanto al análisis de datos, este se define de acuerdo al tipo de técnica empleada para descifrar los datos obtenidos, las cuales pueden ser técnicas lógicas, que se basan en inducción, deducción, análisis y/o síntesis; o técnicas de estadísticas del tipo descriptivo o inferencial. (Arias, 1999).

En este proyecto, las técnicas lógicas y de análisis son empleadas para descifrar en base a las variables afectadas o modificadas, el correcto funcionamiento de la interfaz y del circuito electrónico.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1 DESCRIPCIÓN

El sistema desarrollado tiene como elemento principal a un dispositivo de estado sólido, el cual operará para realizar la reconexión o desconexión de servicio eléctrico de usuarios conectados a éste, bajo un código enviado por el software de computadora por ejecución de un operador, utilizando como medio de conexión o comunicación remoto un par de módems GSM donde, uno de ellos estará conectado al computador y el otro será parte del dispositivo.

La figura 4.1 se muestra la concepción del sistema:

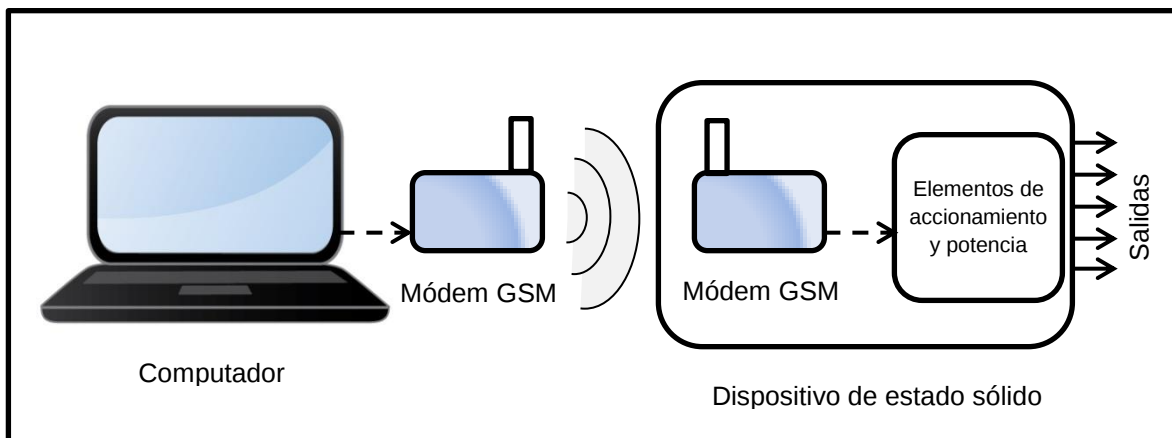


Figura 4.1 Representación del Sistema Diseñado

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.2 DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO

El dispositivo se diseñó de manera sencilla, con componentes electrónicos comunes, dispositivos comerciales, un microcontrolador y un elemento de protección para el circuito DC.

Los componentes específicos seleccionados para el diseño son los siguientes:

- Resistores
- Transistores tipo Darlington modelo MPSA05
- Relés de Estado Sólido comerciales
- Módem GSM comercial
- Componente MAX-232
- Conector DB9
- Fusible
- Fuente comercial AC/DC

4.2.1 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR Y FUNCIONAMIENTO

El microcontrolador se seleccionó con base a las funciones mínimas requeridas para ser el medio de procesamiento del código enviado desde el computador y ejecutar las acciones referentes a dicho código, a través de la activación o desactivación de sus pines de salida.

Las funciones mínimas requeridas son:

- 1 Módulo de comunicación UART

- 7 Pines I/O
- Watch Dog Timer (WDT)
- Oscilador Interno
- Al menos 1K-(Words) de memoria de programa
- Memoria EEPROM

Se seleccionó entonces el microcontrolador PIC 16F628A de Microchip, cuyas características básicas se muestran a en la figura a continuación:

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Selectable internal or external reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
 - 16-bit Capture/Compare
 - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options:
 - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Low-power internal 48 kHz oscillator
 - External Oscillator support for crystals and resonators
- Power-saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low-voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range (2.0-5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High-Endurance Flash/EEPROM cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - 40 year data retention

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

Figura 4.2 Características del Microcontrolador PIC16F628A

Fuente: (Microchip Technology Incorporated, 2006)

Por lo que cumple con los requisitos mínimos sin ser muy sobredimensionado en funciones especiales adicionales.

En cuanto al funcionamiento del microcontrolador, éste inicialmente configurará al módem GSM conectado, perteneciente al dispositivo.

Esta configuración se realiza mediante el envío de comandos AT por parte del microcontrolador con lo cual, el módem debería enviar respuestas y, según los comandos particulares enviados por el microcontrolador, éste esperará por respuestas específicas por cada comando. En caso de no recibir las respuestas esperadas, el microcontrolador intentará reenviar los comandos hasta el módem responda de la manera adecuada o que el WDT (Watch Dog Timer) se desborde (ha transcurrido tiempo esperado para reiniciar del microcontrolador).

En caso de configurar adecuadamente el módem, la segunda y más importante función del microcontrolador es procesar la llegada de un SMS entrante, el cual contiene el código para reconectar o desconectar el (los) usuario(s) según se determine.

Se utilizaron cinco pines como salidas que funcionan como señales de control y serán activadas (tensión positiva) o desactivadas (tensión de referencia) con el fin de desconectar o reconectar el servicio eléctrico respectivamente, por medio del accionamiento de los relés de estado sólido. Se podrán conectar hasta cinco acometidas al dispositivo.

Se utilizó entonces la lógica inversa para accionar los relés de estado sólido y cuya razón es que, en caso de falla del microcontrolador u otro elemento que sea parte del sistema de control, no será desconectado el servicio eléctrico a los usuarios.

4.2.2 CIRCUITO DISEÑADO

El circuito con los componentes principales se muestra en la figura 4.3:

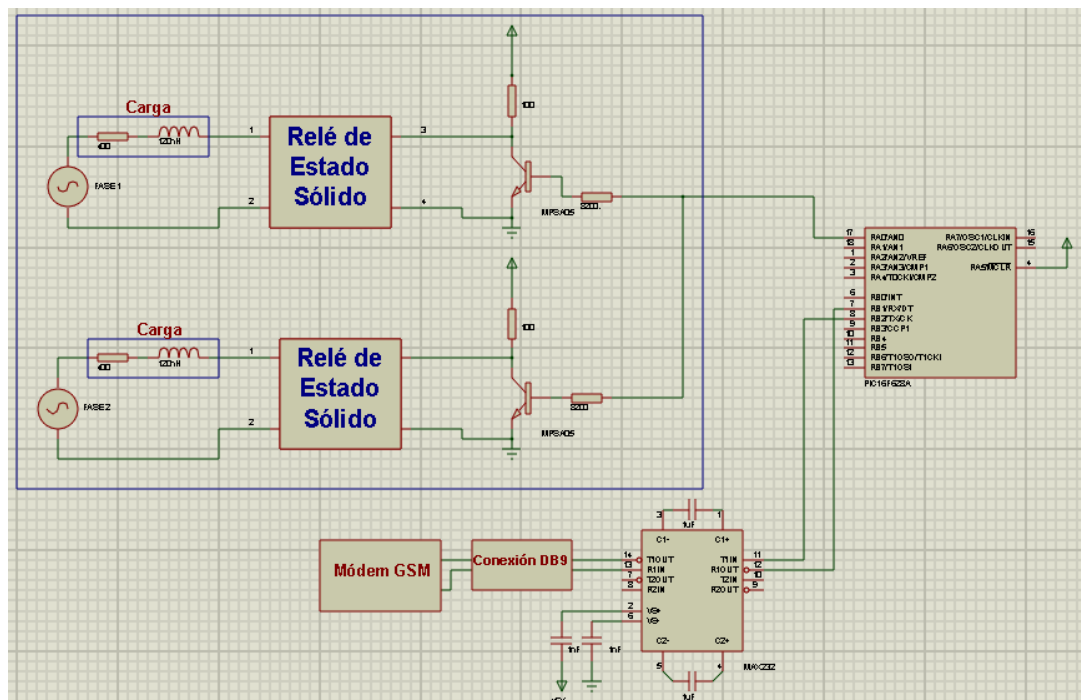


Figura 4.3 Circuito del Dispositivo de Estado Sólido

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

La imagen anterior representa el circuito diseñado sin mostrar la fuente de alimentación en todos los componentes que la requieran directamente, así como tampoco el elemento de protección.

A continuación se mostrarán regiones de la imagen anterior con el fin de explicar detalladamente el circuito:

En la figura 4.4 se resalta al microcontrolador y sus pines donde, el marcado como RA0 es una de las salidas para controlar la activación o desactivación de los relés de estado sólido adjudicados a un usuario, así como las conexiones de los pines de transmisión y recepción (Tx y Rx) de la UART para la comunicación con el módem GSM. Los Pines RA1, RA2, RA3 y RA4 son el resto de las salidas para el resto de los circuitos de accionamiento de los relés vinculados a los demás usuarios, pero por simplicidad en la imagen mostrada, los componentes dentro del recuadro de la figura 4.3 se omiten.

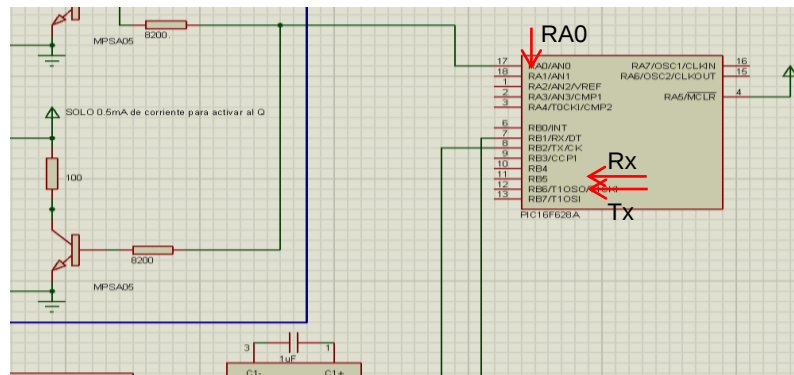


Figura 4.4 Microcontrolador y Pines Utilizados

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En la figura 4.5 se detalla el medio de conexión entre el microcontrolador y el módem GSM, mediante el componente MAX232 y la conexión DB9 con tres hilos (transmisión, recepción y referencia (no mostrada)).

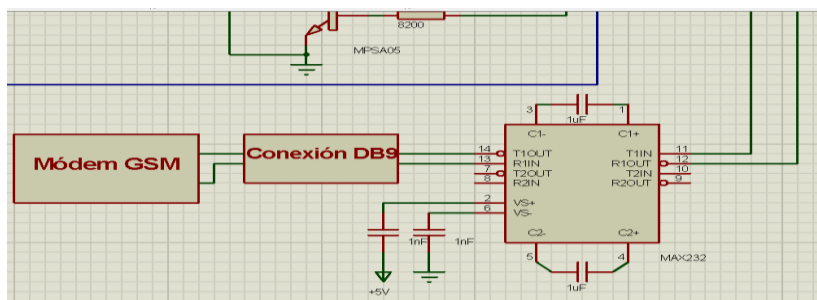


Figura. 4.5 Circuito para la comunicación con el Módem GSM

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

La Figura 4.6 representa la etapa de accionamiento de los relés de estado sólido mostrados que, por medio de los estados de los transistores, “corte” y “saturación”, se logra cambiar el estado de dichos relés.

Los estados de los transistores son manipulados con la salida RA0 del microcontrolador y, en el circuito mostrado se coloca de manera idéntica en el resto de las salidas (RA1, RA2, RA3 y RA4) ya que por cuestiones de visualización no se ubicaron en el circuito.

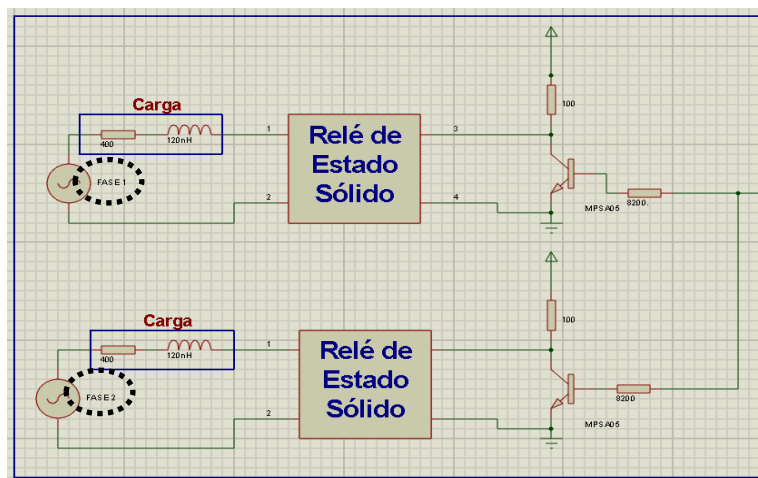


Figura 4.6 Circuito de accionamiento de los relés

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

La razón por la que se utiliza un par de circuitos con relés de estado sólido por salida del microcontrolador, yace en que típicamente las residencias son alimentadas con dos fases tal como se denota en los óvalos punteados de la figura 4.6.

4.2.3 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE LOS COMPONENTES

4.2.3.1 Microcontrolador PIC16F628A

Las especificaciones más relevantes son:

- Máxima disipación de potencia: 800 mW
- Máxima corriente entrando por V_{DD} : 250 mA
- Máxima corriente saliendo por V_{SS} : 300 mA
- Máxima corriente sumida por cualquier puerto I/O: 25 mA
- Máxima corriente suministrada por cualquier puerto I/O: 25 mA
- Máxima corriente suministrada o consumida por el puerto A y B simultáneamente: 200mA.

4.2.3.2 Relé de Estado Sólido

Los relés de estado sólido comerciales de distintos fabricantes cuentan con características similares en cuando a sus especificaciones.

El dispositivo comercial seleccionado es de la marca **Crydom** del tipo **Series 1**, modelo **D1225** (Crydom Inc., 2014), cuyas características principales son:

Especificaciones de Salida (Potencia):

- Voltaje operativo: 47 – 140 V(rms)
- Sobrevoltaje Transitorio: 600 V(pk)
- Corriente máxima de carga (según modelo detallado): 10 a 40 A(rms)
- Factor de potencia mínimo (a carga máxima): 0.5
- Caída de tensión máxima a corriente nominal: 1.15 V(rms)

Especificaciones de Entrada (Control):

- Rango de voltaje de control: 3 – 32 V_{DC}
- Voltaje mínimo de encendido: 3 V_{DC}
- Voltaje mínimo de apagado: 1 V_{DC}
- Máxima corriente de entrada: 12 mA_{DC}

4.2.3.3 Transistor tipo Darlington MPSA05

Las características principales de este componente son:

- Máxima disipación de potencia a 25°C: 625 mW
- Voltaje colector-emisor máximo: 60 V
- Voltaje base-emisor máximo: 4 V
- Corriente de colector de manera continua: 500 mA

4.2.3.4 Módem GSM

Las especificaciones eléctricas del módem comercial **USR-GPRS-MODEM** de **Jinan USR IOT Technology Limited** son:

- Rango de voltaje de alimentación: 5 - 18 V_{DC}
- Incluye adaptador propio AC/DC a 5 V

4.2.3.5 Componente MAX-232

Las especificaciones recomendadas son a temperatura de trabajo entre 0 y 70°C:

- Voltaje de alimentación: 5 V
- Voltaje de entrada de nivel alto (mínimo): 2 V
- Voltaje de entrada de nivel bajo (máximo): 0.8 V
- Voltaje de entrada del receptor (máximo): ± 30 V
- Consumo de corriente máxima (5.5 V de alimentación y Temperatura Ambiente 25°C): 10 mA

4.2.3.6 Resistores

Los resistores utilizados en el circuito diseñado son:

- Resistor entre pin de salida del microcontrolador y base del transistor: 8200 Ω
- Resistor conectado al colector de los transistores: 100 Ω
- Resistor colocado a la entrada del PIN RA5 del microcontrolador: 100 Ω

4.2.4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

4.2.4.1 Microcontrolador

El consumo en corriente por parte el microcontrolador queda como:

- Oscilador interno @5V/4MHz: 1.3 mA
- WDT: 2 μ A
- Por PIN de salida utilizado: 1 mA (0.5 mA para alimentar la base de un transistor)
- Total de los 5 Pines de salida: 5 mA

El consumo total más un margen de reserva queda en 15 mA.

4.2.4.2 Transistores

La corriente de colector a considerar en el transistor será aquella en estado de saturación, y dicha corriente calculada es de 50 mA en este estado.

La cantidad máxima de transistores en el estado de saturación es de 10, por lo que la demanda máxima de corriente por concepto de transistores es 500 mA.

Debido a que el punto de alimentación de corriente de los transistores y la entrada de la señal de control de los relés de estado sólido es el mismo, se despreciará el consumo de corriente por parte de los relés, ya que típicamente están en el orden de los 12 mA (versus los 50 mA) de consumo (Crydom Inc., 2010) y, no será simultáneo con el consumo de corriente de los transistores en estado de saturación.

4.2.4.3 MAX-232

El consumo de corriente para este dispositivo es de 10 mA máximo, bajo condiciones de temperatura ambiente estándar (25°C).

Tomando como reserva de un 100% del valor máximo de consumo se asumirá 20 mA para este componente.

4.2.4.4 Fuente de Alimentación y Fusible

Sumando los consumos de corriente de los elementos del circuito de corriente directa a 5V de alimentación, la corriente total demandada es 0.535 A.

Se puede utilizar una fuente de AC/DC 120/5 V de 1 A.

El fusible se puede calcular con un criterio de 1.5 veces la corriente del circuito, que sería 0.8 A

Se puede seleccionar un fusible comercial de 1 A.

4.3 SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR DEL DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO

El software para el microcontrolador se desarrolló mediante el compilador MikroC Pro for PIC de MikroElektronika (Mikroelektronika, 2015) y está diseñado para configurar los parámetros generales del módem GSM con los comandos AT adecuados, basados en el estándar GSM 07.07 (European Telecommunications Standards Institute, 1996) y para los servicios de mensajes cortos (SMS) según el estándar GSM 07.05

(European Telecommunications Standards Institute, 1996), a través de comunicación serial basado en el estándar RS-232.

Configurados los parámetros generales y los parámetros de servicios de mensajes cortos, se procede a la lectura del (los) posible(s) mensaje(s) existente(s) en la tarjeta SIM a fin de procesar el código contenido y ejecutar las posibles acciones de desconexión y/o reconexión. Se elimina(n) el (los) mensaje(s) leído(s) y se procede a esperar un “unsolicited result code” (European Telecommunications Standards Institute, 1996), el cual es enviado automáticamente desde el modem GSM al microcontrolador como aviso de la llegada de un nuevo SMS.

El nuevo SMS es leído, procesado y luego borrado para esperar continuamente por un “unsolicited result code”.

Además se programó una característica especial de seguridad de ejecución de código en caso de falla llamada “Watch Dog Timer” (WDT) (Microchip Technology Incorporated, 2006), la cual está en los microcontroladores de Microchip, y sirve para reiniciar el microcontrolador en un período de tiempo en caso de “colgarse” o entrar en un ciclo infinito en el cual el WDT no sea reiniciado.

4.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR

El software del microcontrolador inicia con la configuración de los puertos I/O, el módulo UART, el establecimiento del estado de las salidas según el registro de respaldo de éstas (detallado en el apartado cinco de esta sección) y la configuración del tiempo de desbordamiento del WDT para reiniciar el microcontrolador.

Posteriormente se utilizan subprocesos para enviar comandos desde el microcontrolador hacia el módem para configurar los parámetros básicos y los parámetros del servicio de mensajes cortos de módem GSM.

Luego se procede a leer posibles mensajes existentes en la tarjeta SIM del módem, mediante comandos enviados por el microcontrolador, para procesarlos y eliminarlos. Finalmente, el microcontrolador entra en un ciclo infinito a la espera de un nuevo mensaje corto para ser procesado.

Cada subproceso mencionado, se ejecuta a través de códigos cíclicos en caso de que la respuesta enviada por el módem no sea la esperada por el microcontrolador. Éstos se repetirán hasta que el WDT se desborde, lo que implicará un reinicio del microcontrolador.

En el caso de que el módem responda de la manera esperada antes del desbordamiento del WDT, éste abandona el subproceso en cuestión y procede a reiniciar el WDT. Posteriormente se entra al subproceso siguiente.

Lo descrito anteriormente se realiza a través de los subprocesos que se muestran en el diagrama de la figura 4.7.

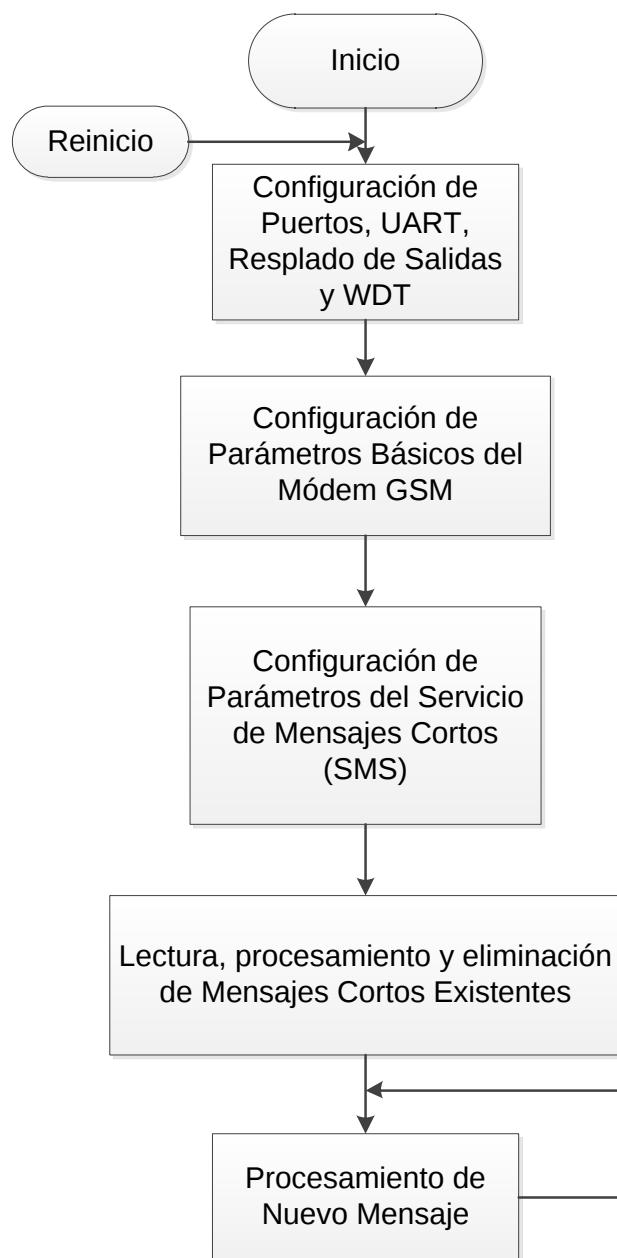


Figura 4.7 Diagrama General del Software del Microcontrolador

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DEL MÓDEM GSM

Inicialmente el microcontrolador envía el comando “AT” hacia el módem, esperando como respuesta un “OK” con el fin de saber si el módem está conectado. En caso de no recibir tal respuesta, se reenviará dicha palabra hasta que el módem responda correctamente o se reinicie el microcontrolador por concepto del WDT.

En caso de responder correctamente al comando anterior, se reinicia el WDT y se envía el comando “AT+CPAS”, cuya respuesta debe ser la esperada por el microcontrolador para entender que el módem está “disponible” para recibir otros comandos AT. En caso de no recibir la respuesta esperada, se entrará en un ciclo de envío del comando en cuestión, hasta que se reciba la respuesta esperada o se reinicie el microcontrolador.

De manera análoga a los dos comandos anteriores, se enviarán los comandos “+CPIN”, “+CREG=1” y “+CREG?”, para introducir el código PIN e intentar establecer conexión con la red móvil de la tarjeta SIM con esos tres comandos. De igual manera, se puede entrar en el ciclo de espera enviando estos comandos continuamente si las respuestas no son las esperadas y reiniciar el microcontrolador si se desborda el WDT.

Si se obtienen todas las respuestas esperadas de esta configuración, se procede a configurar los parámetros del servicio de mensajes cortos.

Se detalla el proceso descrito anteriormente en el diagrama de la figura 4.8, donde muestra los comandos enviados, las respuestas esperadas y los ciclos mencionados.

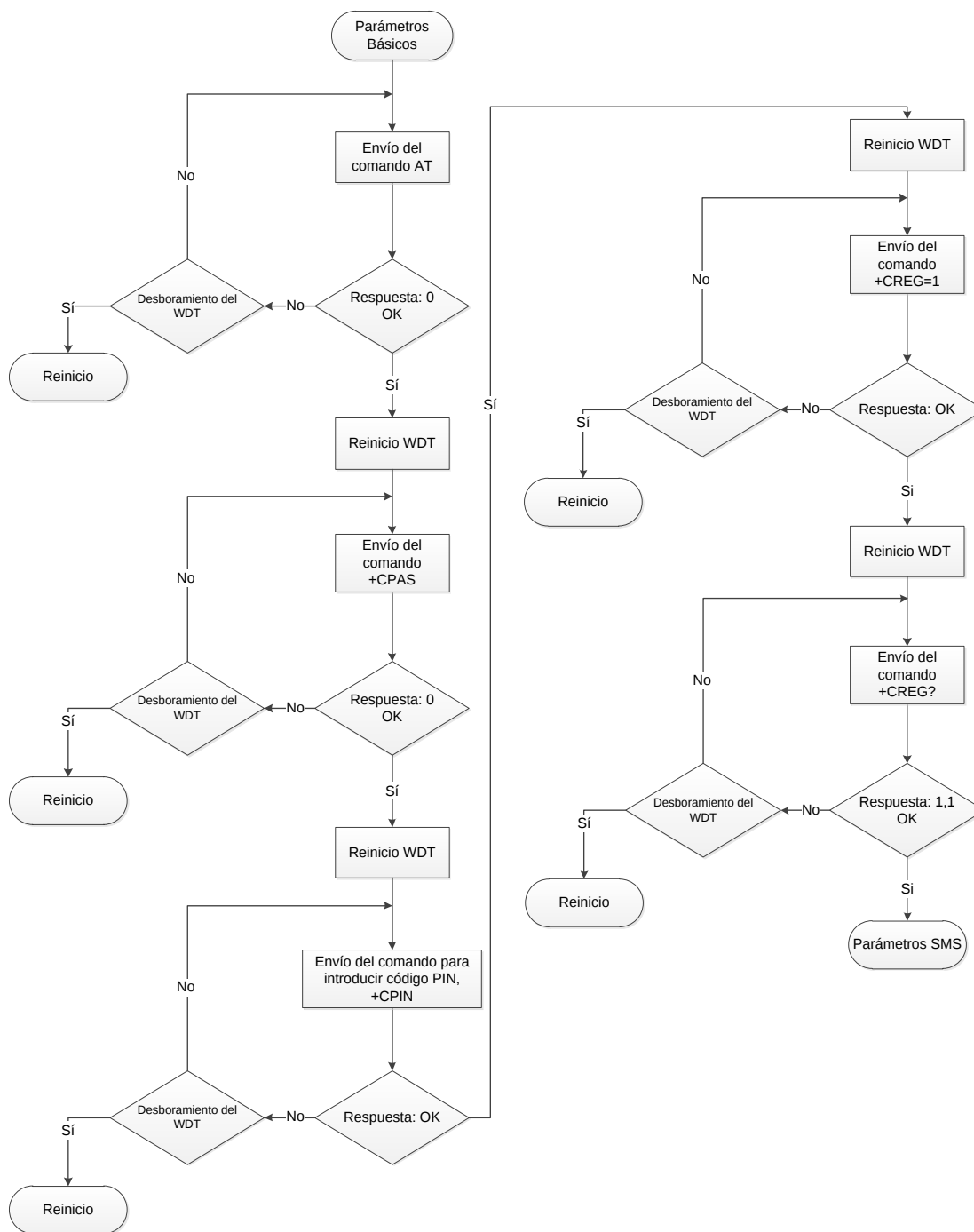


Figura 4.8 Diagrama de la Configuración de los Parámetros Básicos del módem GSM

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.3.3 DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El primer comando enviado es “+CSMS?”, cuya función es preguntarle al módem cuáles servicios de mensajes estándares soporta. Se espera una determinada respuesta por parte del módem y en caso de recibirla, reinicia el WDT y envía un nuevo comando. En caso contrario, entra en un ciclo de espera por la respuesta esperada en caso de que no se desborde el WDT.

En caso de que el módem soporte el servicio esperado, se envía el comando “+CSMS=0”, el cual configura al módem para utilice dicho servicio. La respuesta esperada por el microcontrolador es “OK” para este comando y, en caso de no recibirla, se entrará en el ciclo de espera hasta recibirla o se reiniciará debido el WDT. Si se recibe la respuesta correcta, se reinicia el WDT.

El siguiente comando es “+CPMS...” (con otros parámetros), el cual selecciona la memoria de almacenamiento de mensajes recibidos y enviados, los cuales típicamente son la memoria de la tarjeta SIM y la memoria propia del módem. La memoria que se selecciona mediante el código es la perteneciente a la tarjeta SIM, a lo que el módem responderá de una manera particular y, de no recibirla, se aplica lo ya mencionado para los otros comandos.

Los últimos comandos enviados son “+CMGF=1” y “+CNMI=...”, cuyas funciones son seleccionar el formato tipo “Texto” para enviar o recibir mensajes, y activar los “unsolicited result code” respectivamente.

En la figura 4.9 se muestra el diagrama de lo expuesto en este apartado.

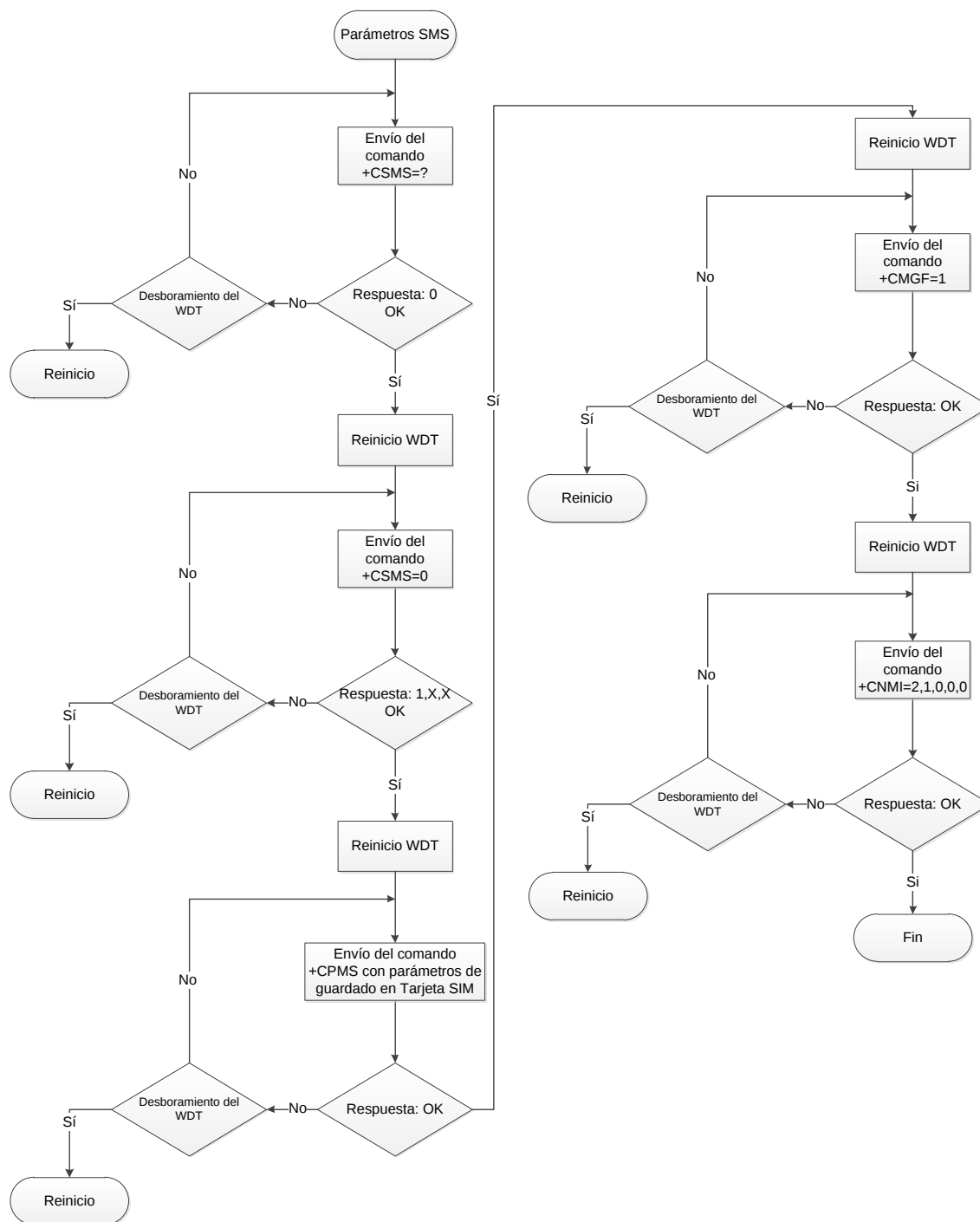


Figura 4.9 Diagrama de la Configuración de los Parámetros SMS

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.3.4 DESCRIPCIÓN DE LECTURA, PROCESAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE MENSAJES CORTOS EXISTENTES

En este subproceso verifica la existencia de los primeros cinco mensajes de texto almacenados en la tarjeta SIM, cuyo propósito es procesarlos (ejecutar conexiones y/o desconexiones) y luego eliminarlos para no cargar la memoria de la tarjeta.

Se leen de manera secuencial los primeros mensajes en orden ascendente, iniciando por la localidad “1” de la memoria, verificando la existencia de éste, y en caso de existir procesarlo. Lo propio se hace con el resto de las localidades, terminando en la número “5”.

Una vez procesado(s) el (los) posible(s) mensaje(s) existentes, se eliminan mediante una rutina de borrado.

El comando para efectuar la lectura de un mensaje es “+CMGR=i”, donde “i” es el índice de la localidad en la memoria a ser leída.

En la figura 4.10 se observa el diagrama con los procedimientos descritos en este apartado.

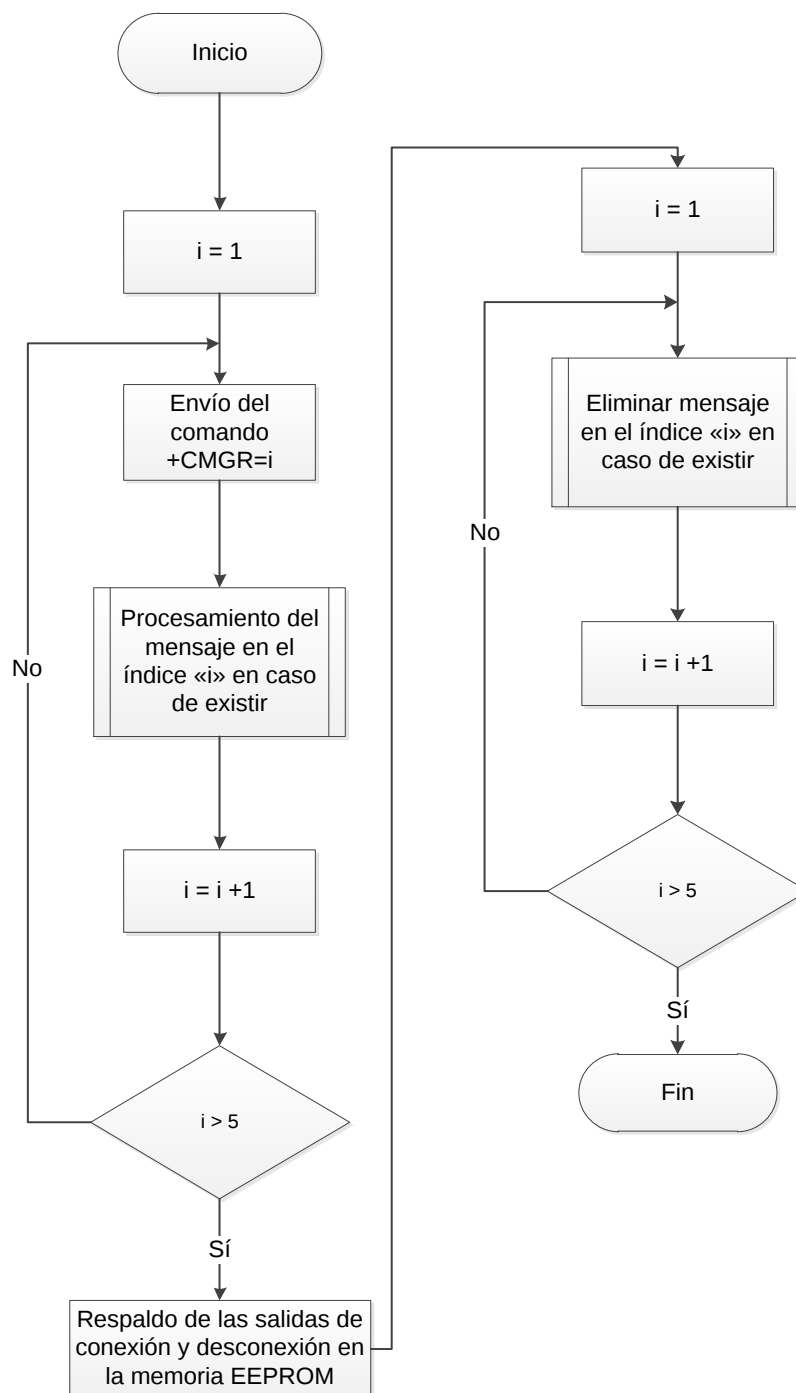


Figura 4.10 Diagrama de Lectura, Procesamiento y Eliminación de Mensajes Cortos

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE UN NUEVO MENSAJE

El procesamiento de un nuevo mensaje es el último subproceso que se ejecuta en el código y se reinicia continuamente.

Inicia con la espera del código “+CMTI: “SM”, i”, el cual es un “unsolicited result code” que envía el módem al microcontrolador. Éste indica que se ha recibido un mensaje nuevo en la memoria “SM” (de la tarjeta SIM) en la localidad “i”.

En caso de recibir el código anterior, lee el mensaje en dicha localidad, lo procesa para ejecutar alguna acción y luego es eliminado para no almacenar mensajes en la tarjeta.

El procesamiento del mensaje actualiza los estados de las salidas del microcontrolador (nuevos usuarios conectados y/o desconectados), y se requiere del respaldo del estado de dichas salidas en caso de que se pierda la alimentación eléctrica del dispositivo.

El respaldo se logra guardando el estado actualizado de las salidas en un registro de la memoria EEPROM (no volátil), de manera que, si fallara la alimentación del dispositivo, al ser restablecida, se carga el registro de la EEPROM en las salidas del microcontrolador, tal como se mencionó en la descripción general software del microcontrolador.

Se muestra en la figura 4.11 el diagrama secuencial de lo descrito anteriormente.

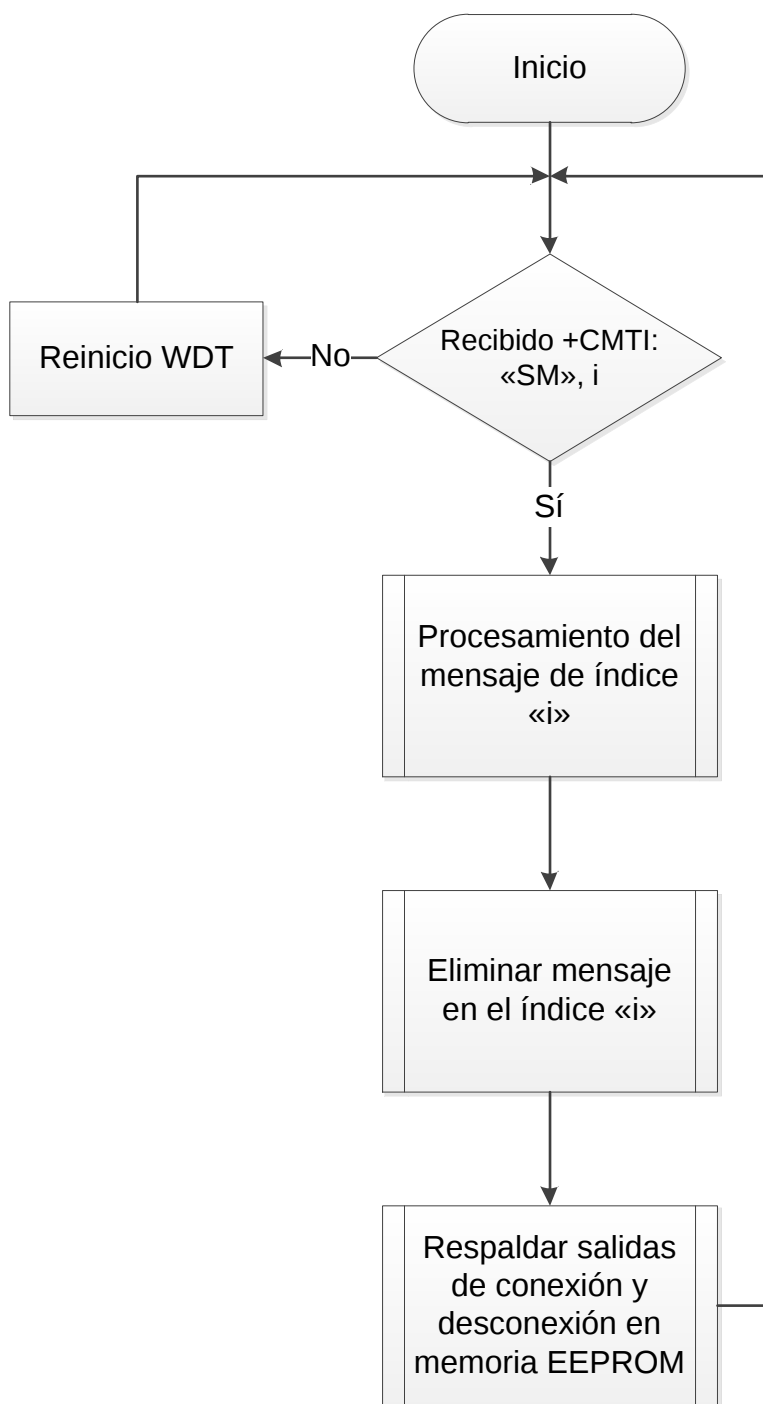


Figura 4.11 Diagrama del Procesamiento de un Nuevo Mensaje
Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4 SOFTWARE PARA COMPUTADORA COMO INTERFAZ PARA EJECUTAR LA DESCONEXIÓN Y RECONEXIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO

El software fue desarrollado con el compilador Microsoft Visual Basic Express 2012 de Microsoft, siendo éste diseñado de manera sencilla e intuitiva con fines de uso como programa piloto.

La corrida del programa inicia con la pantalla principal que posee dos pestañas llamadas “Conexión y Desconexión” y “Configuraciones”. Por defecto la pestaña activa es “Conexión y Desconexión” en la cual se encuentra el formulario completo para ejecutar desconexiones y/o reconexiones. Sin embargo, no se puede utilizar el formulario debido a que primero se debe realizar la conexión con el módem GSM para configurarlo, tal como en el caso del microcontrolador (parámetros básicos y parámetros SMS).

Esta conexión con el módem GSM debe realizarse en la pestaña de “Configuraciones”, llenando un formulario y luego conectar con el módem. Una vez conectado exitosamente, nos dirigimos a la pestaña “Conexión y Desconexión” para llenar el formulario en caso de que se requiera.

En “Conexión y Desconexión”, inicialmente se introduce un ID de usuario (equivalente al NIC de usuario que aparece en las facturas emitidas por CORPOELEC), el cual es buscado en la base de datos piloto para verificar coincidencia con el ID introducido; en caso de existir coincidencia, se muestra una tabla con los datos del usuario vinculado al ID introducido donde, uno de los datos es el número de la tarjeta SIM del dispositivo particular al cual ese usuario está conectado. Con ese número de tarjeta SIM, además se muestran los usuarios que también comparten ese número de SIM, es decir, el mismo dispositivo.

El usuario principal (entiéndase como aquel al cual le pertenece el ID buscado), será resaltado en la tabla mostrada y según su estado actual (conectado o desconectado, que es un dato extraído de la base de datos) se le seleccionará automáticamente en un “checkbox” la opción para “desconectarlo” si está conectado o “reconectarlo” si está desconectado.

El resto de los usuarios tendrán “checkbox” sin seleccionar en caso de que se requiera “conectar” o “desconectar” según su estado actual.

Sí existiese incongruencia entre el estado actual de los usuarios mostrados en la tabla del programa con el registro utilizado por el operador para ejecutar la acción que se deba realizar (como ejemplo, si un usuario aparece en la tabla “desconectado” pero el operador tiene en su registro que debe ser “desconectado” en vez de “conectado”) existe una botón para forzar a seleccionar cualquiera de los dos estados y obviar el estado que se encuentra en la base de datos.

Seleccionado el o los usuarios a desconectar o reconectar, se procede a “procesar” el código que será enviado del computador al módem GSM que finalmente llegará al dispositivo de estado sólido, cuestión que completaría la finalidad del desarrollo.

En caso de que el procesamiento sea exitoso, se mostrará un mensaje indicativo y además, se actualizará(n) el (los) estado(s) del (los) usuario(s) en la base de datos.

El software se diseñó utilizando las siguientes características:

- Interfaz sencilla para el manejo de un operador.

- Manejo de una base de datos SQL, piloto, para figurar como una base de datos de usuarios de la empresa CORPOELEC.
- Comunicación serial con protocolo de comunicación RS-232 para comunicarnos con el modem GSM que enviará el código a ejecutar por el dispositivo.

4.4.1 INTERFAZ DEL SOFTWARE

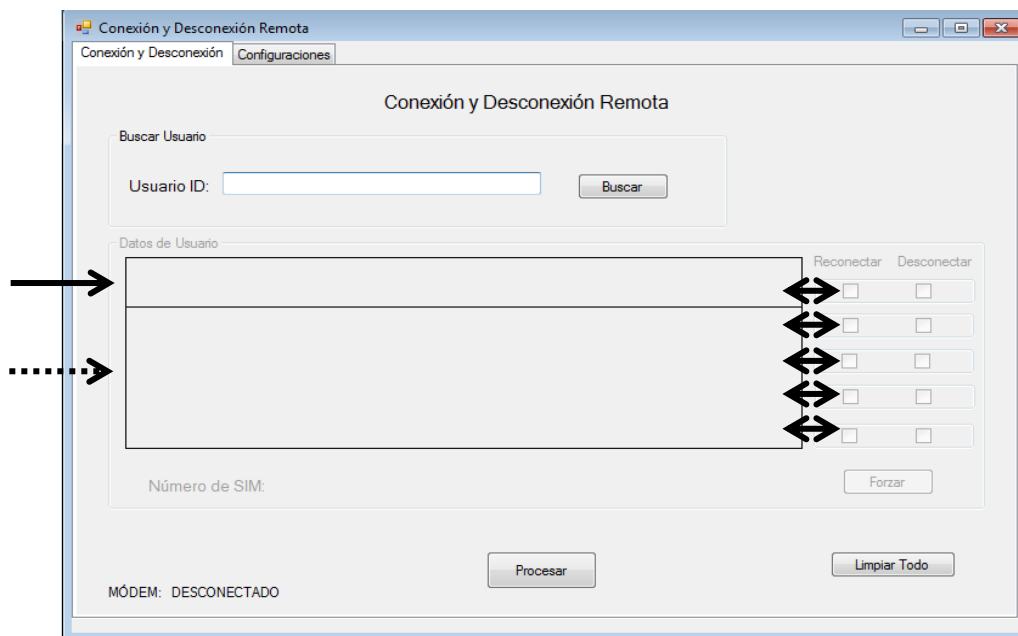


Figura 4.12 Interfaz principal del Software

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

La figura 4.12 representa la pestaña de Conexión y Desconexión remota, en la cual se encuentra un campo de llenado de texto donde se observa que en él se introduce el ID del usuario.

Si el usuario existe, se carga la tabla con los datos en el recuadro señalado con una flecha “continua” de la imagen, y si hay más usuarios vinculados al dispositivo del

usuario buscado (por el número de la tarjeta SIM), se cargarán en el recuadro señalado con una flecha “punteada”.

Los “checkboxes” que se encuentran a la derecha de los recuadros se posicionan de manera de seleccionar la acción a ejecutar (reconectar o desconectar) según como se ejemplifica con las flechas “bidireccionales”.

Se puede limpiar todo el formulario y reiniciar una búsqueda presionando el botón “Limpiar Todo”, si se desea descartar el usuario buscado.

En caso de querer ejecutar lo marcado en el formulario, se presiona el botón “Procesar”, en el cual se intentará enviar un código a través del módem conectado al computador, que será recibido por el módem del dispositivo para ser procesado por el microcontrolador.

En la figura 4.13 se muestra la interfaz para la configuración en la pestaña “Configuraciones”:

Figura 4.13 Formulario para conectar con el módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert (2015)

El formulario de la figura 4.13 permite seleccionar un puerto serial COM existente en el computador y luego introducir el código PIN de la tarjeta del módem.

Una vez hecho lo anterior, se presiona el botón “Conectar Módem”, el cual enviará al módem comandos de configuración general y servicios de mensajes cortos.

Es necesario realizar esta conexión antes de utilizar la pestaña de “Conexión y Desconexión”, debido a que no se estará conectando con el módem y por tanto no se podrán enviar mensajes. De igual manera, si se intentara utilizar la pestaña mencionada, buscando un ID de usuarios, se mostrará un mensaje para que se conecte el módem.

4.4.2 BASE DE DATOS

El servidor de base de datos utilizado es SQL Server 2012 de Microsoft, el cual fue utilizado con el propósito de crear una base de datos piloto, figurando como una base de datos de la empresa CORPOELEC.

En esta base de datos se creó una sola tabla que contendrá los datos de los usuarios.

El nombre de la base de datos es “CORPUSERS” y el de la tabla “Usuarios”, los cuales se utilizaron como parámetros dentro del software para acceder a la misma.

Las columnas (o datos) colocados en la tabla de la base de datos son:

1. ID
2. NOMBRE
3. APELLIDO
4. IDDISP (Número de la tarjeta SIM del dispositivo asociado)
5. ESTADO (conectado o desconectado)
6. ID-S (Identificador del pin de salida del microcontrolador)

Los datos 1, 2 y 3 pueden ser valores reales de las bases de datos existentes.

Los tipos de datos utilizados en las columnas se muestran en la figura 4.14.

Nombre de columna	Tipo de datos
ID	char(10)
NOMBRE	varchar(50)
APELLIDO	varchar(50)
IDDISP	char(13)
ESTADO	varchar(20)
[ID-S]	char(1)

Figura 4.14 Columnas de la Tabla de la Base de Datos

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

La tabla piloto utilizada es la mostrada en la figura 4.15:

ID	NOMBRE	APELLIDO	IDDISP	ESTADO	ID-S
0000000214	CARLOS	SOTO	+584164374055	CONECTADO	1
0000000215	LUIS	PEREZ	+584127687025	CONECTADO	1
0000000216	NESTOS	ALVARADO	+584167894561	CONECTADO	1
0000000217	ELI	GARCIA	+584164374055	CONECTADO	2
0000000218	JAVIER	HERNANDEZ	+584164374055	CONECTADO	3
0000000219	ANGEL	GONZALES	+584164374055	CONECTADO	4
0000000220	MARIA	PEREIRA	+584164374055	CONECTADO	5
0000000221	PEDRO	GOMEZ	+584127687025	CONECTADO	2
0000000222	JUAN	NAZOA	+5892225485	CONECTADO	1
0000000223	ANA	MORALES	+5812458789	CONECTADO	1

Figura 4.15 Tabla Piloto de Usuarios

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS CONFIGURACIONES PARA CONECTAR CON EL MÓDEM GSM

En la pestaña de “Configuraciones”, se selecciona un puerto COM de la lista que aparece el cuadro de selección donde se tenga certeza que en él está conectado el módem y se presiona “Seleccionar”.

Posteriormente se introduce el código PIN perteneciente a la tarjeta SIM del módem y se presiona “Establecer PIN”.

Una vez realizado los pasos anteriores se procede a presionar “Conectar Módem”, el cual permitirá que el programa envíe comandos para configurarlo.

En caso de que la conexión sea exitosa (el módem respondió correctamente a todos los comandos) se muestra un mensaje alusivo. Caso contrario, se muestra un mensaje de conexión fallida y se recomienda reintentar.

En la figura 4.16 se muestra lo relatado en este apartado.

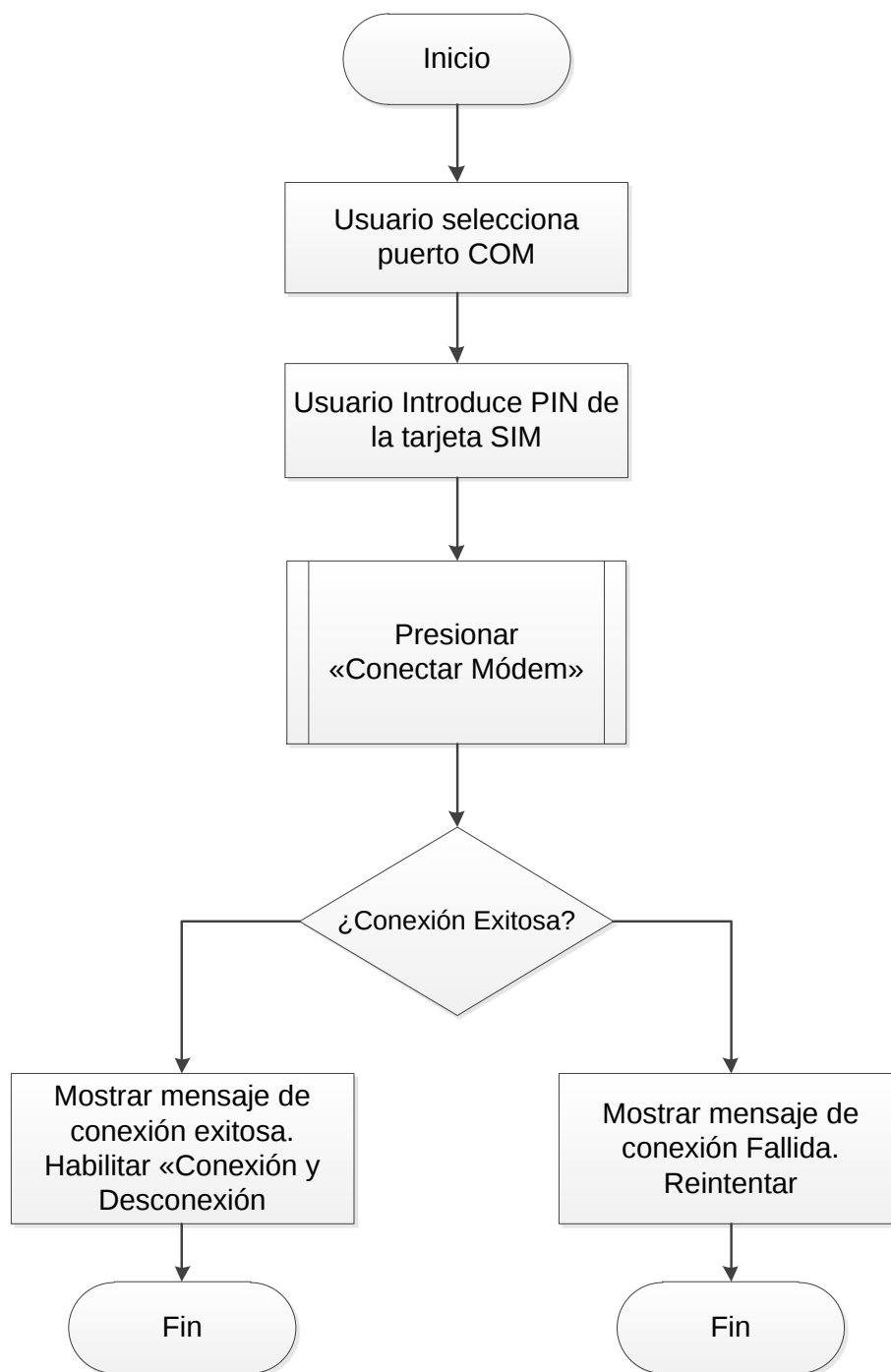


Figura 4.16 Diagrama General de Configuraciones del Módem GSM

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.4 DESCRIPCIÓN PARA CONECTAR MÓDEM GSM (PÁRAMETROS GENERALES)

Inicialmente el microcontrolador envía el comando “AT” hacia el módem, esperando como respuesta un “OK” con el fin de saber si el módem está conectado. En caso de no recibir tal respuesta, se envía un mensaje al usuario de conexión no exitosa.

El comando siguiente es “AT+CPAS”, cuya respuesta debe ser la esperada por el microcontrolador para entender que el módem está “disponible” para recibir otros comandos AT.

De manera análoga a los dos comandos anteriores, se enviarán los comandos “+CPIN”, “+CREG=1” y “+CREG?”, para introducir el código PIN e intentar establecer conexión con la red móvil de la tarjeta SIM con esos tres comandos. En caso de recibir las respuestas esperadas se procede a la configuración de los parámetros del servicio de mensajes cortos.

Para todos los comandos mencionados, en el caso de no recibir la respuesta esperada por el computador para el comando en específico se envía un mensaje de conexión no exitosa.

Lo anterior se detalla en el diagrama de la figura 4.17.

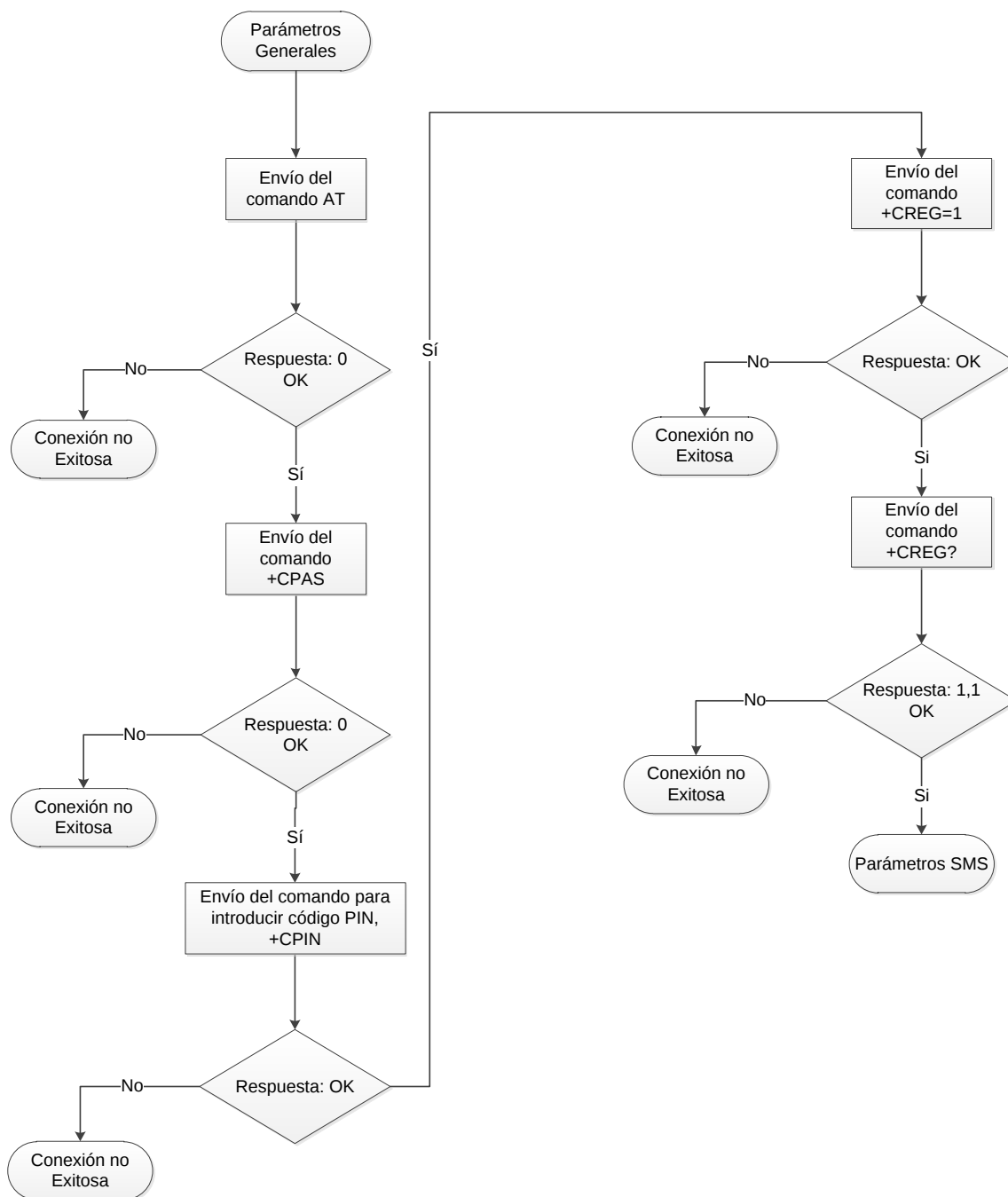


Figura 4.17 Diagrama de Configuración de Parámetros Generales del Módem GSM
Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.5 DESCRIPCIÓN PARA CONECTAR MÓDEM GSM (PÁRAMETROS SMS)

El primer comando enviado es “+CSMS?”, cuya función es preguntarle al módem cuáles servicios de mensajes estándares soporta. Se espera una respuesta particular por parte del módem y en caso de recibirla se envía el siguiente comando.

En caso de que el módem soporte el servicio esperado, se envía el comando “+CSMS=0”, el cual configura al módem para utilice dicho servicio. La respuesta esperada por el microcontrolador es “OK” para este comando.

El siguiente comando es “+CPMS...” (con otros parámetros), el cual selecciona la memoria de almacenamiento de mensajes recibidos y enviados, los cuales típicamente son la memoria de la tarjeta SIM y la memoria propia del módem. La memoria que se selecciona mediante el código es la perteneciente a la tarjeta SIM y se esperará por una respuesta específica por parte del módem.

Finalmente, los últimos comandos a enviar son “+CMGF=1” y “+CNMI=...”, cuyas funciones son seleccionar el formato tipo “Texto” para enviar o recibir mensajes, y activar los “unsolicited result code” respectivamente.

Igual que en caso de los parámetros generales, si ante el envío de alguno de estos comandos no se recibe la respuesta esperada por el programa, se enviará un mensaje de conexión no exitosa.

En la figura 4.18 se muestra el diagrama de estas configuraciones.

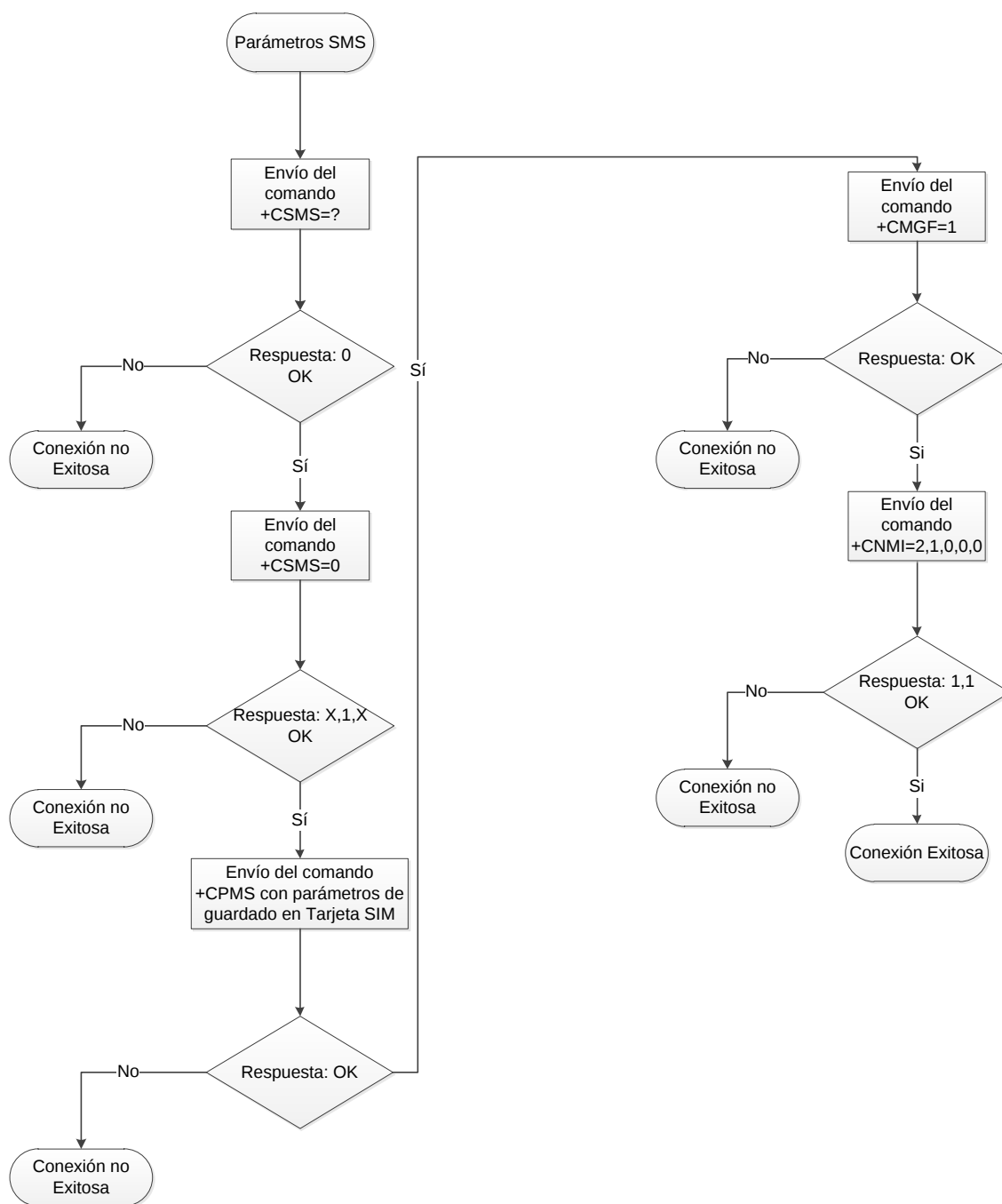


Figura 4.18 Configuración de los Parámetros Generales del Módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.6 DESCRICIÓN PARA EJECUTAR CONEXIONES Y DESCONEXIONES

Inicialmente el formulario cargado en la pestaña “Conexiones y Desconexiones” permite la introducción de un ID de usuario y, como acto seguido, se espera que se presione el botón “Buscar”.

Se procede a buscar en la base de datos si existe coincidencia con el ID buscado y, en caso de existir, se cargarán los datos del usuario al cual le pertenece el ID, y además, los datos de los usuarios que comparten el mismo dispositivo (por el número de la tarjeta SIM). En caso de no existir coincidencia, se envía un mensaje alusivo.

Se espera a que se presione cualquiera de los botones “Procesar” o “Limpiar”.

En caso de que se presione “Procesar”, se procesa el formulario que contiene los usuarios a reconectar o desconectar.

En caso de que presione “Limpiar”, se borran todos los datos cargados, esperando a introduzca un nuevo usuario y reinicie el proceso inicial.

El proceso completo se muestra en el diagrama de la figura 4.19.

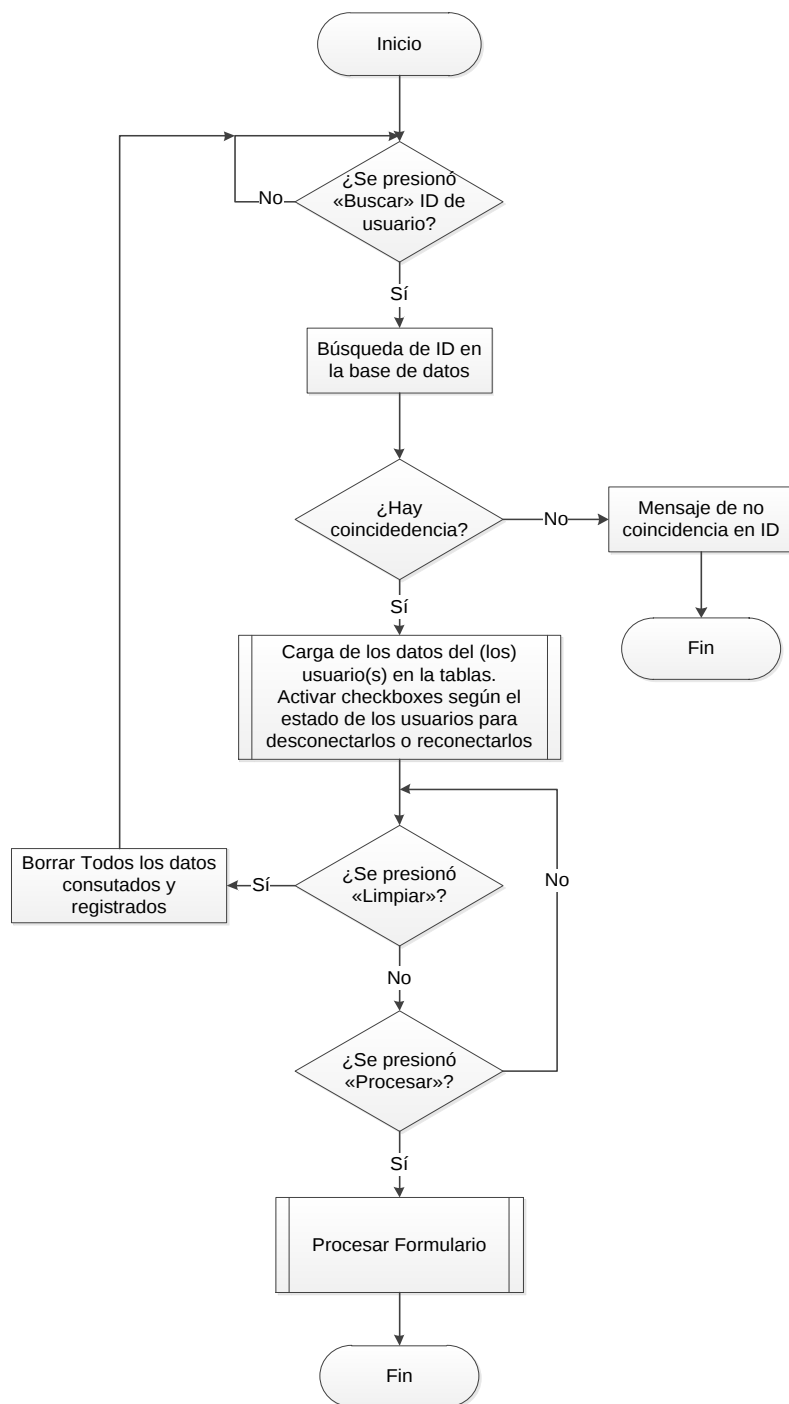


Figura 4.19 Diagrama para Ejecutar Conexiones y Desconexiones

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.7 DESCRIPCIÓN PARA PROCESAR FORMULARIO

En el procesamiento de formulario se crea un código que será enviado a través del módem para que sea recibido y procesado por el dispositivo de estado sólido.

Para esto se requiere de la verificación de cuales “checkboxes” están seleccionados y a que usuario le pertenece tal “checkbox”, para luego enviar un mensaje corto con el código generado mediante el comando “+CMGS...” (incluyendo otros parámetros).

Una vez enviado el comando hacia el módem, se esperará una respuesta por parte de éste que inicia con “+CMGS...”, hecho que se traduce en un envío exitoso del mensaje hacia el dispositivo. Se muestra un mensaje de procesamiento exitoso y se borra completamente el formulario para ingresar un nuevo ID.

En caso de que falle el envío del mensaje, obteniendo una respuesta distinta de “+CMGS...”, se envía un mensaje de procesamiento no exitoso, pero no se modifica el formulario previamente cargado con el fin de reintentar en envío.

Se detalla en la figura 4.20 el diagrama para procesar el formulario.

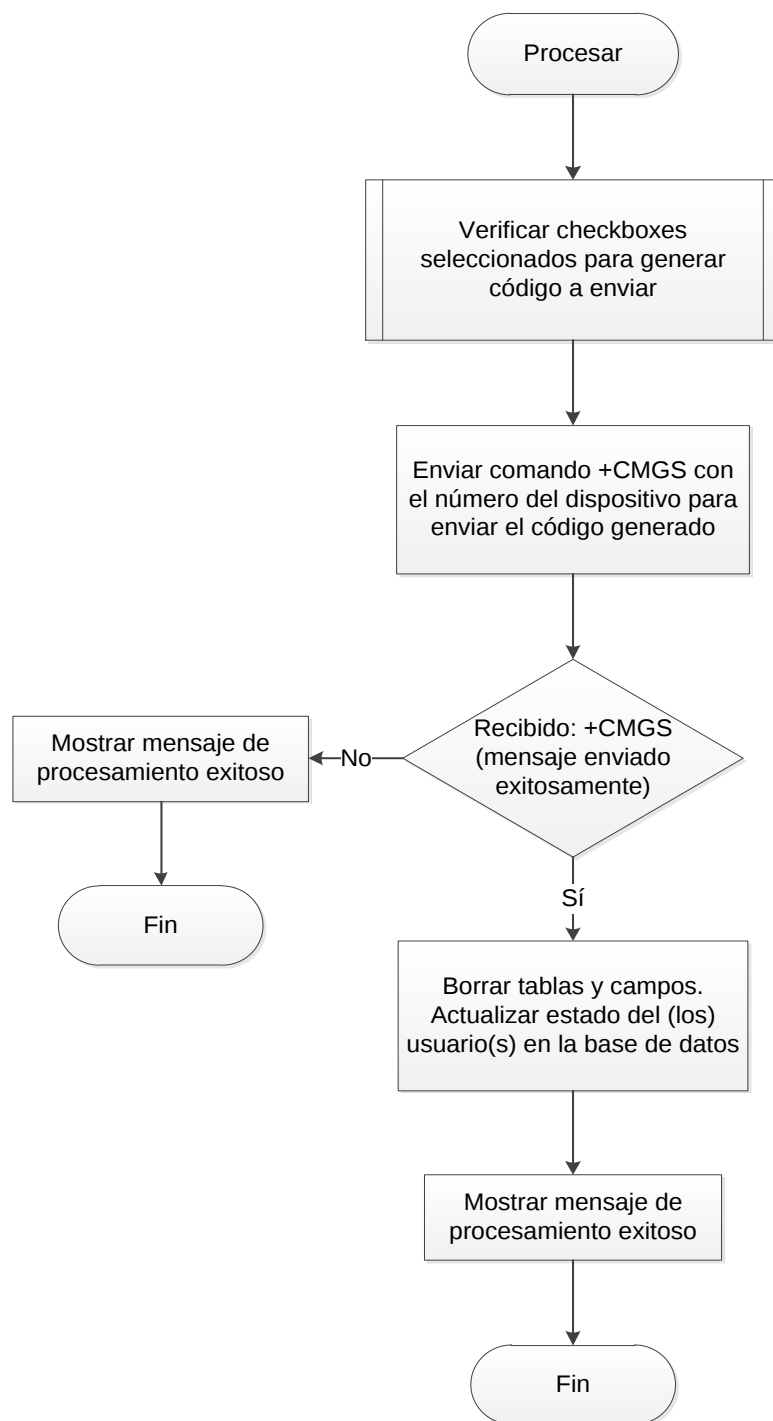


Figura 4.20 Diagrama para Procesar Formulario

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.4.8 DESCRIPCIÓN PARA GENERAR CÓDIGO A ENVIAR

El código a enviar se forma verificando las opciones de “reconexión” o “desconexión” que fueron seleccionadas en los “checkboxes” para cada usuario. Esta verificación se inicia con el usuario “1” mostrado en la tabla cargada en el formulario. El usuario “1” es aquél cuyo ID fue buscado y luego se hace lo propio con el resto.

Si se “reconectara” un determinado usuario mediante la selección del checkbox asociado, se escribe una “C” en el código. Caso contrario, si se “desconectara”, se escribe una “D”. Esta codificación es alusiva a “Conectar” con “C”, y “Desconectar” con “D”.

Una vez escrita alguna de las letras anteriores, se procede a tomar el “ID-S” del usuario en cuestión, el cual es un número del “1” al “5”, debido a que éste representa el pin de salida del microcontrolador asociado al usuario. Entonces, el “ID-S” se escribe de manera contigua a la letra “C” o “D”, y a manera de ejemplo, quedaría algo como “D2” (desconectar el pin “2”).

Esto se repetirá para cada uno de los usuarios a los cuales se les haya seleccionado alguna acción a ejecutar. El usuario asociado al ID buscado siempre tendrá algún “checkbox” de “reconexión” o “desconexión” seleccionado, por lo que el código más corto contendría solo dos caracteres, y por ende, el más largo contendría diez.

En el capítulo V, se encontrará un ejemplo donde se detalla un código creado para ejecutar acciones a determinados usuarios.

La secuencia lógica de lo descrito en este apartado se encuentra en el diagrama de la figura 4.21.

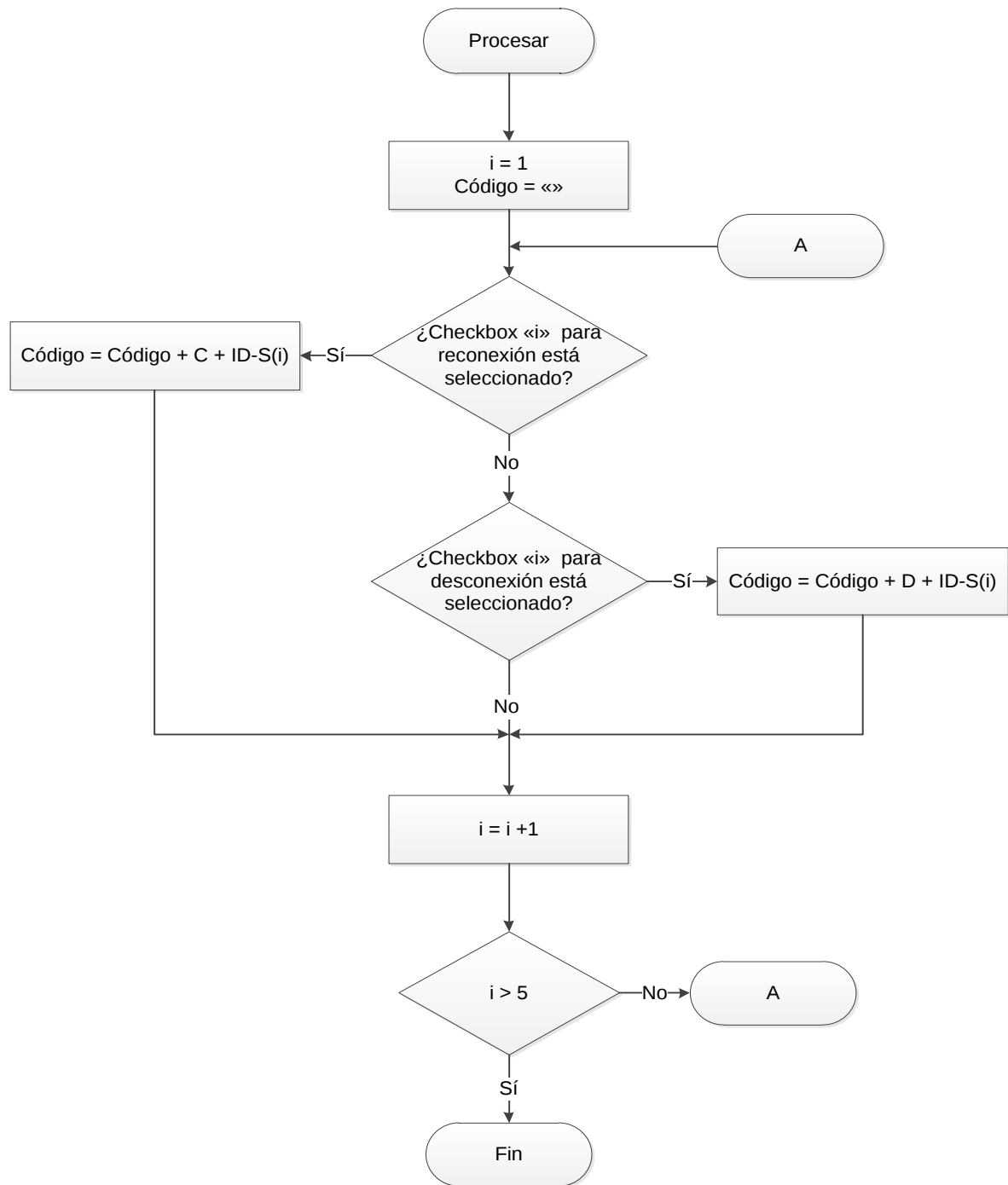


Figura 4.21 Diagrama para General Código a Enviar

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

4.5 CONSIDERACIONES

4.5.1 DEL DISPOSITIVO

El dispositivo está diseñado para ser ubicado en un poste de distribución en un contenedor que permita ventilación y una temperatura ambiente menor o igual a 40 °C.

4.5.2 DE LOS RELÉS DE ESTADO SÓLIDO

La capacidad de corriente de los relés puede ser seleccionada en función de la clase de usuario, llámese también, usuarios de bajo, medio o alto consumo.

Para englobar usuarios de bajo y medio consumo se propone utilizar relés de estado sólido de 25A, considerando una alimentación una tensión de 120V fase-neutro, se tiene una potencia máxima de 3000VA. Como se dispusieron de dos relés por usuario, entonces la potencia máxima que puede ser entregada es de 6000VA.

Para usuarios de alto consumo, se considera utilizar relés con capacidad de 40A, igualmente teniendo en cuenta una alimentación de 120V fase-neutro, la potencia entregada máxima por fase es de 4800VA. Con dos relés de estado sólido, la potencia máxima es de 9600VA.

Se toma en cuenta además que, para entregar la máxima potencia de los relés (corriente), se requiere del uso de disipadores de calor.

Para los relés comerciales mencionados en el proyecto, el fabricante recomienda para aquellos de capacidad de 25A, un disipador de 2°C/W para entregar la máxima corriente hasta una temperatura ambiente de 40°C.

Para el caso de los relés de 40A, se recomienda un disipador de 1°C/W para entregar la máxima corriente a una temperatura ambiente de 40°C.

4.5.3 DE LA CONEXIÓN ENTRE EL COMPUTADOR Y EL MÓDEM GSM

Los computadores modernos ya no tienen incorporados puertos seriales (COM) y el software diseñado establece conexión de manera serial con el módem.

Entonces, se prevé el uso de un cable adaptador USB-SERIAL-DB9, el cual es común en el mercado.

4.5.4 DEL MÓDEM GSM

En el cálculo eléctrico no se incluyó el consumo de corriente por parte de este dispositivo, ya que según el fabricante, incluye su propio adaptador AC/DC como se especifica en el Apéndice C.

4.5.5 DE LA COMUNICACIÓN SERIAL

El tipo de comunicación utilizada es UART (transmisión y recepción asíncrona universal) tanto para la conexión entre el computador y su módem como para el microcontrolador y su módem.

Las características de la comunicación para ambas conexiones son:

- Velocidad de transmisión de 9600 Baudios
- Descartar valor nulo: falso
- Habilitación DTR: Falso

- Handshake: Falso
- Bit de Paridad: Falso
- Habilitación RTS: Falso
- Bits de parada: Uno

CAPÍTULO V

SIMULACIONES

5.1 DESCRIPCIÓN

El sistema planteado en el proyecto se puede separar en dos subsistemas, el computador con un módem GSM conectado y el dispositivo de estado sólido. Por tal hecho, se realizaron dos simulaciones independientes, una por cada subsistema, ya que no se cuenta con los módems GSM para que estos interactúen entre sí.

Sin embargo las respuestas que deben ser emitidas por los módems GSM al computador y al microcontrolador son conocidas porque, como se ha mencionado antes, éstos se diseñan bajo los estándares de Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo, (European Telecommunications Standards Institute, 1996) y (European Telecommunications Standards Institute, 1996), por lo cual podemos simular las respuestas de los módem acorde a las solicitudes de los softwares desarrollados.

5.2 COMPUTADOR Y MÓDEM GSM

En esta simulación se mostrará el funcionamiento del software de computadora, empezando desde la corrida inicial, para luego pasar a la pestaña “Configuración”. En esta pestaña se llenará el formulario correspondiente para intentar conectar el módem GSM. La conexión implicará el envío de comandos hacia el módem, los cuales observaremos a través de un recurso del software Proteus llamado “Virtual Terminal”, y desde este mismo recurso, se responderá a tales comandos como si lo hiciera el módem

Una vez conectado al módem, se pasará a la pestaña “Conexión y Desconexión”, en la cual se llenará el formulario correspondiente. Se busca un usuario para ejecutar alguna desconexión o reconexión, pasando luego a procesar dicho formulario, cuyo fin será enviar comandos hacia el módem para que éste remita un mensaje al dispositivo de estado sólido.

La conexión serial entre el software desarrollado y Proteus se realizará a través del programa Network Serial Port Kit, el cual permite crear puertos COM virtuales en el computador, cuyo propósito es conectar virtualmente de forma serial ambos programas.

La figura 5.1 representa el inicio del programa donde se encuentra el formulario para conectar o desconectar el servicio eléctrico a usuarios determinados. Se resalta el óvalo punteado, indicando que el estado del módem es “DESCONECTADO”, cuestión que indica que no hay conexión con el módem GSM. Se procede entonces a la pestaña “Configuraciones” para conectarlo.

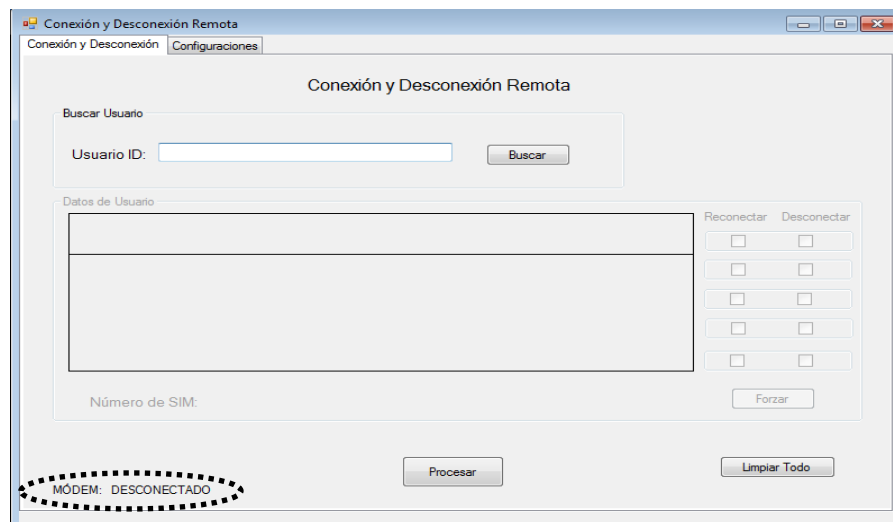


Figura 5.1 Inicio del programa

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En la figura 5.2 se observa el formulario de la pestaña de “Configuraciones”, en la cual se selecciona un puerto serial (donde se conecte el módem) y se presione posteriormente “Seleccionar”. Luego se introduce un Código PIN perteneciente a la tarjeta SIM del módem GSM.

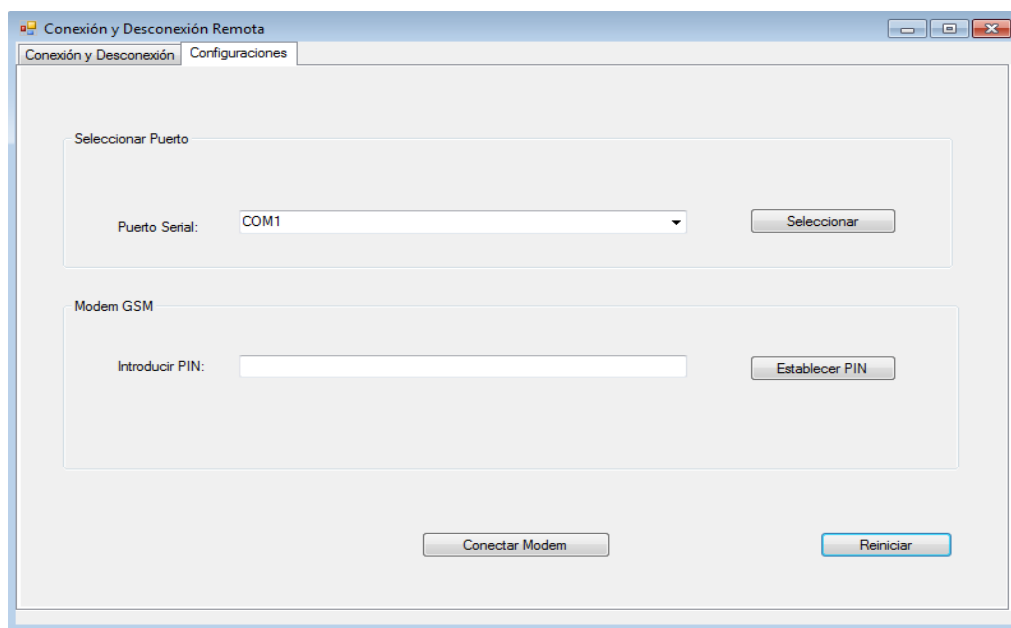


Figura 5.2 Pestaña de Configuraciones

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En la figura 5.3 se muestra el formulario completado, para luego presionar el botón “Conectar Módem” e iniciar con la configuración de éste.

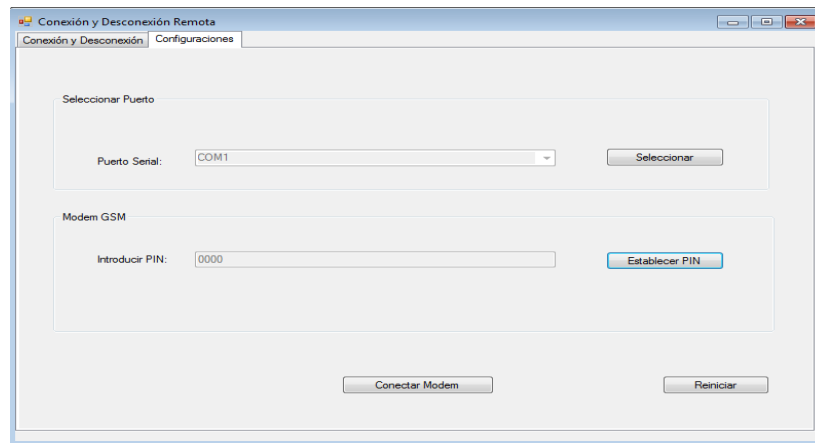


Figura 5.3. Formulario de “Configuraciones” completado

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Una vez llenado el formulario, se presiona el botón “Conectar Módem” para enviar los comandos de configuración de éste. Se mostrarán los comandos y se enviarán las respuestas del supuesto módem con el Virtual Terminal como se muestra en la figura 5.4.

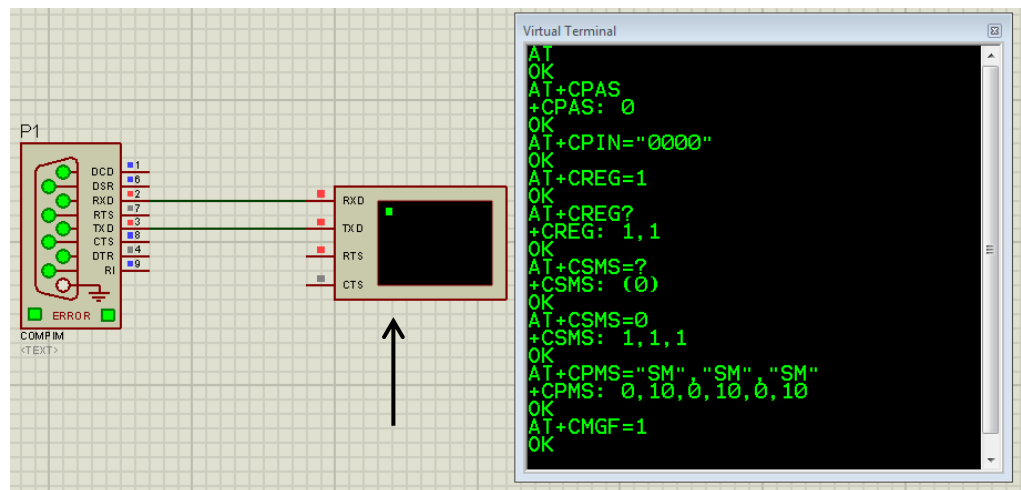


Figura 5.4 Simulación con interacción “Software-Módem” con Virtual Terminal

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En la figura 5.4 se observa un elemento con las características de un puerto DB9 que simula la conexión entre el puerto COM físico del computador y el conector del módem. El componente señalado con la flecha es un “Virtual Terminal”, el cual es un elemento que permite observar los datos recibidos en su terminal “RXD” y enviar datos por el terminal “TXD” y justamente, la pantalla a su derecha es la interacción esperada entre el computador y el módem.

Los comandos enviados por el computador son aquellos que empiezan con “AT” y el resto son las supuestas respuestas del módem que fueron escritas por los autores de este proyecto.

Las respuestas observadas son respuestas válidas y aceptadas por el software diseñado, por lo que aparecerá el mensaje en pantalla mostrado en la figura 5.5:

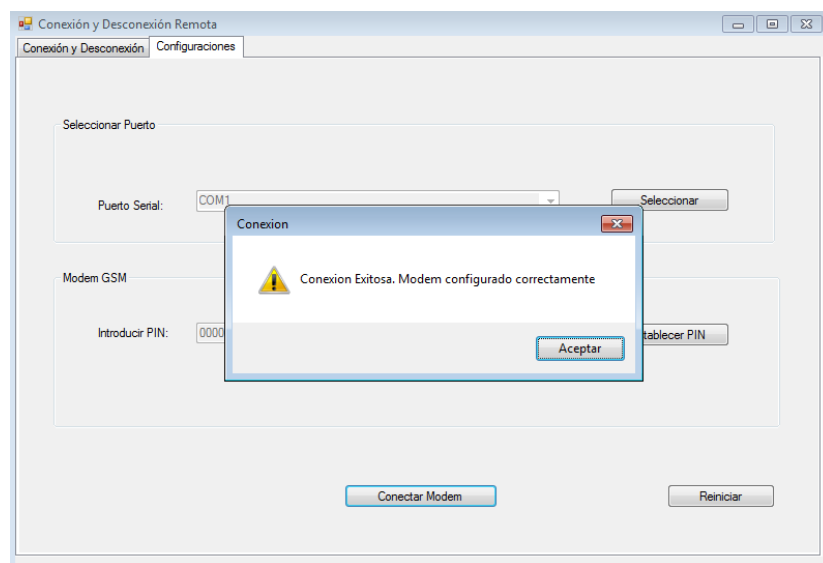


Figura 5.5 Conexión Exitosa con el módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Intentando realizar de nuevo la conexión, pero respondiendo a los comandos de la manera no esperada por el software, no se realizará la conexión y se mostrarán los mensaje que se observan en las figuras 5.7 y 5.8.

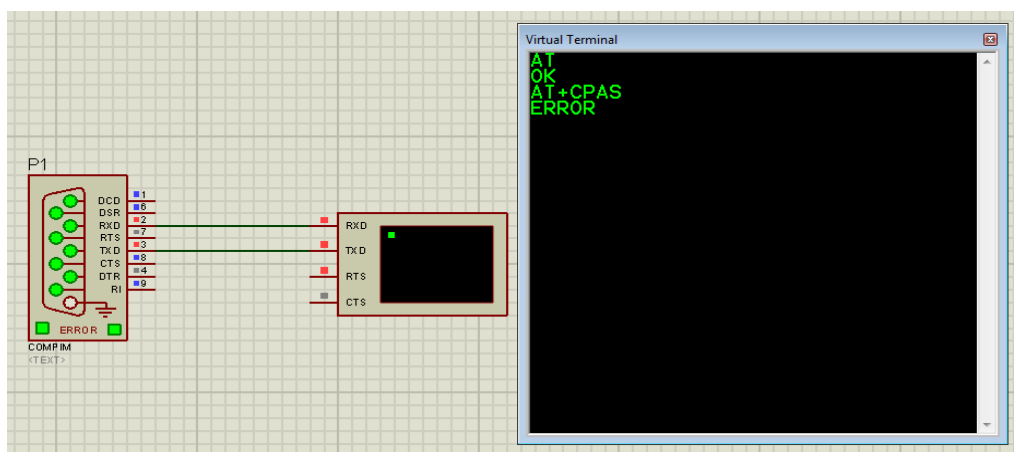


Figura 5.6 Respuesta Inesperada o errónea por parte del módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

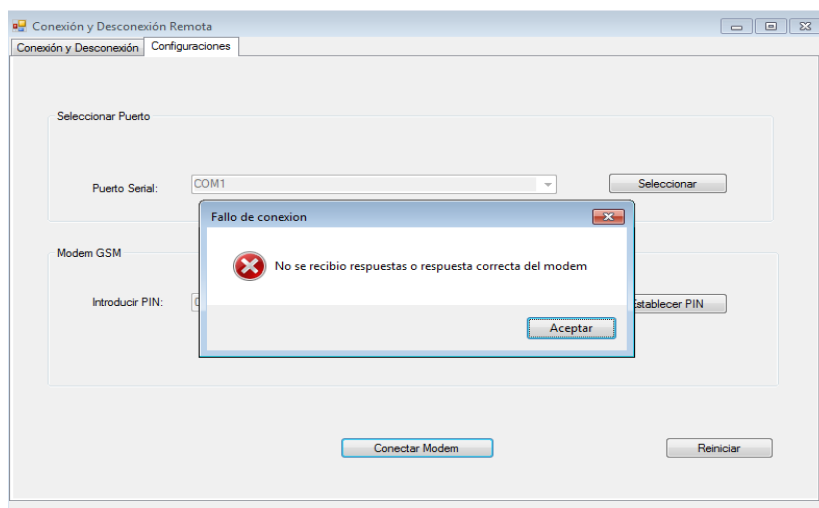


Figura 5.7 Mensaje de aviso de error en la respuesta del módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

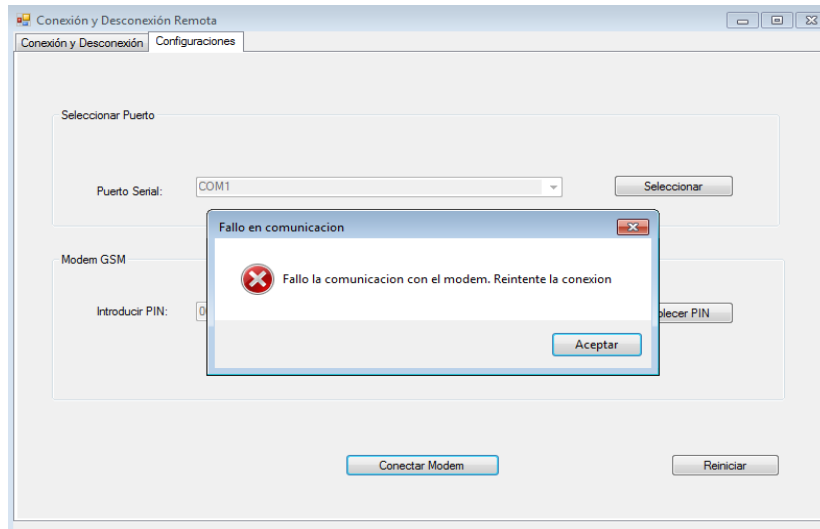


Figura 5.8 Mensaje de fallo en la comunicación con el módem

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Corriendo el programa con una conexión exitosa, se procede ir a la pestaña de “Conexión y Desconexión” donde se observa en la Figura 5.9 que el estado del módem ha cambiado a “CONECTADO”.

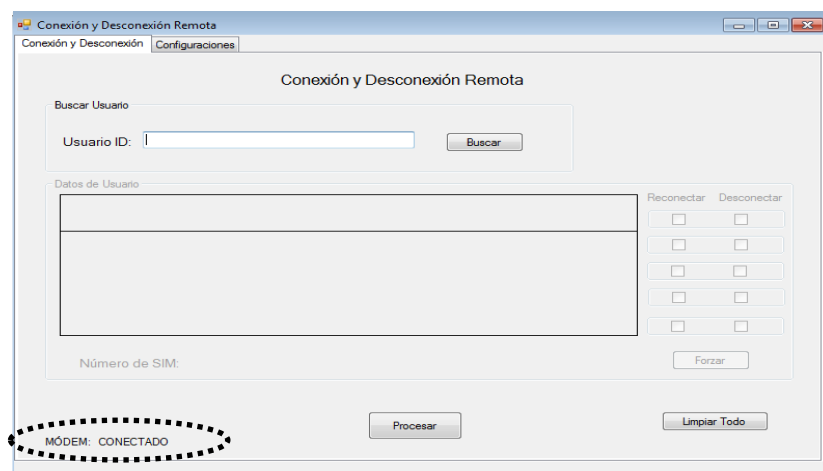


Figura 5.9 Cambio de Estado

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

En esta condición, el programa está listo para buscar un ID de usuario, donde se introducirá uno de los ID mostrados en la tabla de la base de datos en capítulo IV. Se ilustra la búsqueda en la siguiente Figura 5.10.

ID	NOMBRE	APELLIDO	IDDISP	ESTADO	ID-S	Reconectar	Desconectar
0000000214	CARLOS	SOTO	+584164374055	CONECTADO	1	☐	☒
0000000217	ELI	GARCIA	+584164374055	CONECTADO	2	☐	☐
0000000218	JAVIER	HERNANDEZ	+584164374055	CONECTADO	3	☐	☐
0000000219	ANGEL	GONZALES	+584164374055	CONECTADO	4	☐	☐
0000000220	MARIA	PEREIRA	+584164374055	CONECTADO	5	☐	☐

Figura 5.10 Búsqueda de un Usuario

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Como se puede apreciar en la Figura 5.10, se buscó el usuario mostrado y se cargaron los datos de dicho usuario en la fila de fondo blanco. Además se cargaron los datos de los usuarios que comparten el mismo dispositivo que el usuario buscado, cuyas filas son de color gris. El usuario buscado ya tiene por defecto la acción a realizar que es “Desconectar” ya que en su “ESTADO” aparece como “CONECTADO”, por lo que la opción del checkbox “Reconectar” no está habilitada.

Con el resto de los usuarios no se seleccionó la opción contraria a su estado actual porque no es el usuario buscado, pero se tiene la posibilidad de tomar la acción disponible si así lo determina el operador.

En el caso de que exista incongruencia entre el parámetro “ESTADO” del usuario en la base de datos y la acción que debe tomar el operador, se puede presionar el botón “Forzar” cuyo efecto es el mostrado en la figura 5.11.

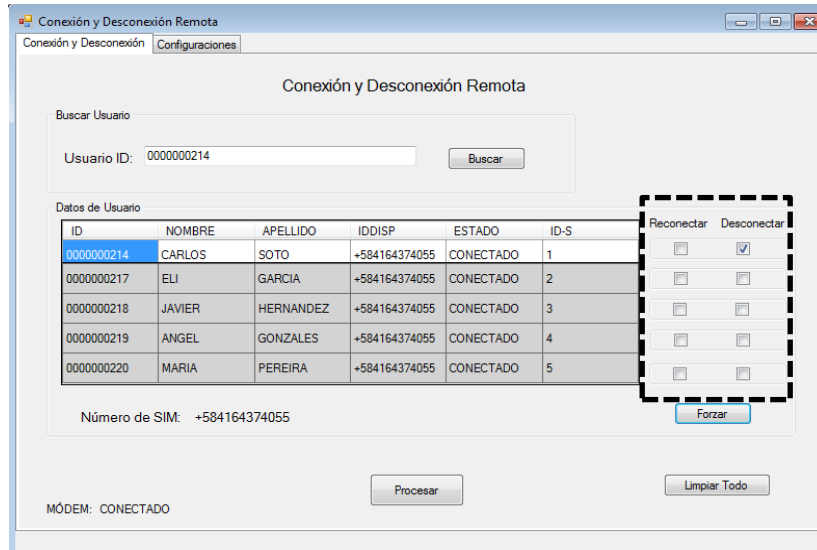


Figura 5.11 Acción del Botón “Forzar”

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Como se observa en el recuadro segmentado de la figura 5.11, todos los checkboxes están habilitados para seleccionar cualquier acción independientemente del estado actual de los usuarios.

Se desconectará además el tercer usuario, con el fin de observar el código que enviará el software quedando el formulario como en la figura 5.12.

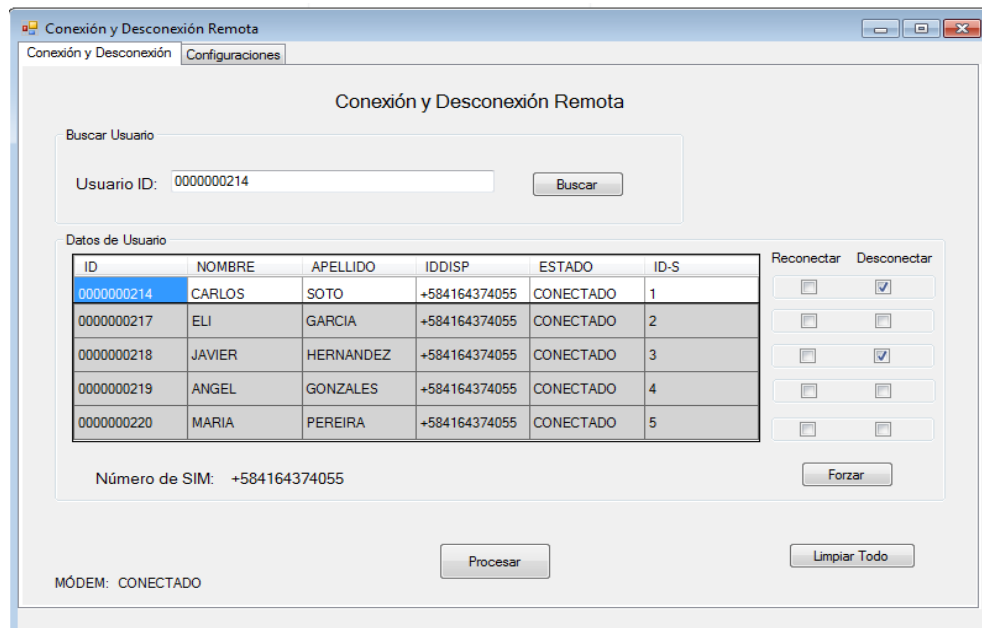


Figura 5.12 Selección de otro usuario para ser desconectado

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Una vez determinada la acción a tomar, se procede a presionar el botón “Procesar”, el cual enviará los comandos necesarios con el código correspondiente a través del puerto serial y serán observados de igual manera en el Virtual Terminal.

En la figura 5.13 se observa la ventana del Virtual Terminal donde, debajo de la línea segmentada, está el comando para el envío del mensaje al número del dispositivo. Luego se espera por el carácter “>” para enviar el código que, como se observa es “D1D3”.

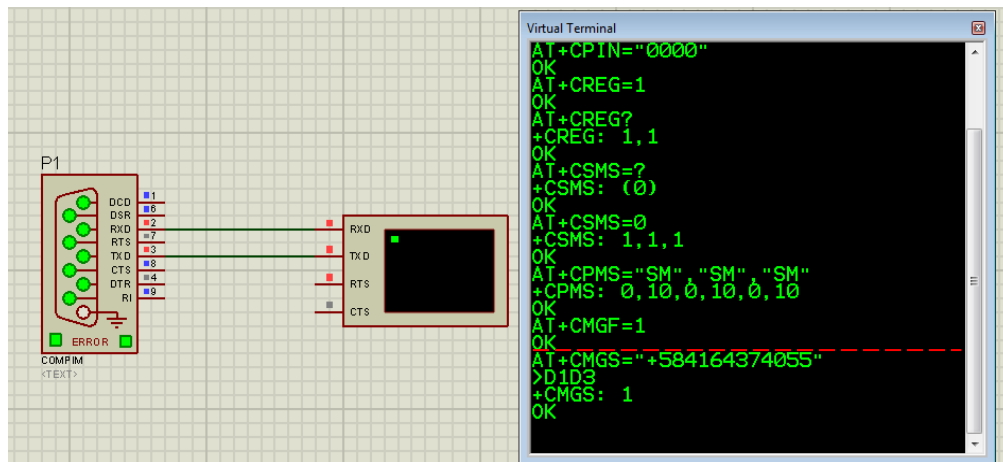


Figura 5.13 Envío del mensaje con el código hacia el dispositivo

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

El código enviado significa “desconectar (D) el usuario en el pin “1” y desconectar (D) al usuario en el pin “3”” (los pines referidos al microcontrolador).

Los valores de los pines, (para el ejemplo son “1” y “3”) fueron tomados del parámetro “ID-S”, que corresponde el pin del microcontrolador al cual está vinculada la acometida del usuario correspondiente.

La respuesta del módem “+CMGS: 1” indica que el mensaje se envió exitosamente, por lo cual sirve como referencia al software para determinar tal envío exitoso.

Si se recibiera otra respuesta, tal como “ERROR”, se enviaría un mensaje diciendo “Procesamiento no Exitoso”.

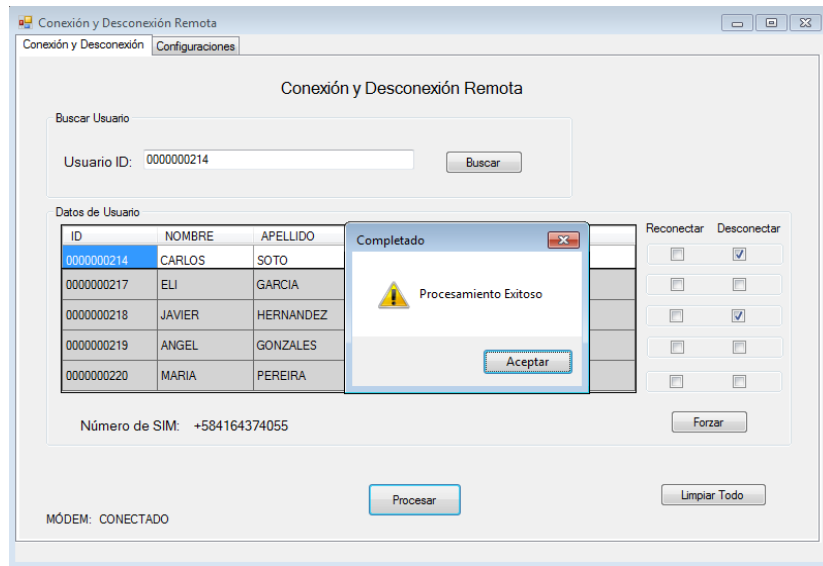


Figura 5.14 Mensaje de Procesamiento Exitoso

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña

Una vez presionado el botón “Aceptar” en el mensaje de la Figura 5.14, el formulario quedará vacío tal al inicio del programa esperando así el ingreso de un nuevo usuario.

5.3 DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO

La simulación del dispositivo se realizó con el software ISIS perteneciente a Proteus, en el cual se diseñó el circuito y se correrá con el software del microcontrolador para comprobar su funcionamiento, enviando los comandos al módem para su configuración básica, configuración de los servicios de mensajes cortos y el procesamiento de un mensaje recibido que contiene el código para ejecutar las acciones ya conocidas.

Por cuestiones de visualización en el circuito del dispositivo, se cambiarán los relés por LED's, con fin de conectar un LED por salida del microcontrolador, equivalente

accionamiento de los relés por un conjunto de LEDs. La segunda es el cambio del módem GSM por un Virtual Terminal para realizar la interacción.

En la figura 5.16 se muestra la corrida de la simulación, en la cual se encuentra la ventana del Virtual Terminal con los comandos enviados por el microcontrolador y las supuestas respuestas del módem.

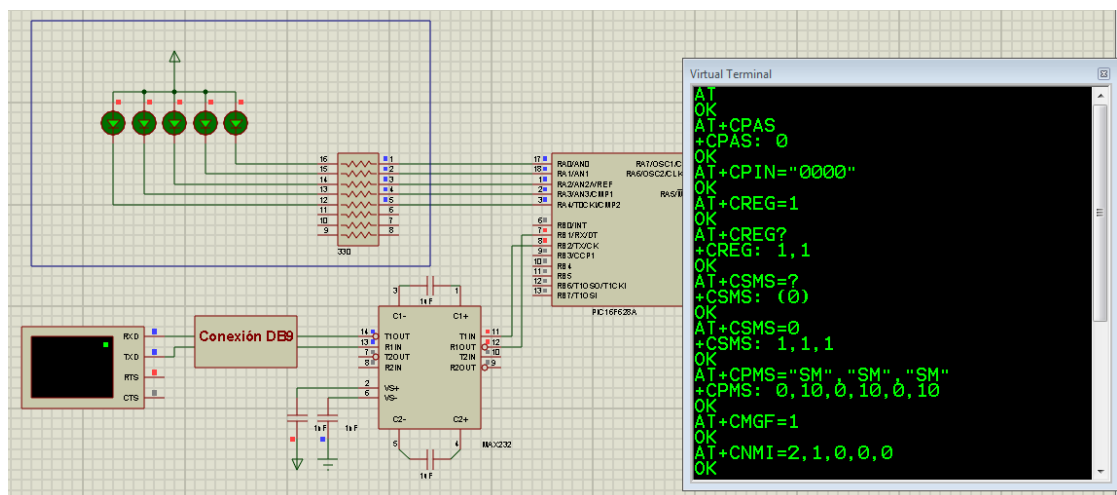


Figura 5.16 Configuración de los parámetros básicos y de servicios de mensajes cortos

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

El procedimiento de configuración de los parámetros básicos y de servicios de mensajes cortos, se realizó de igual manera que en el caso del computador y el módem conectado a éste, aunque añadiendo al final el comando “AT+CNMI=2,1,0,0,0”, el cual sirve activar la recepción del mensajes no solicitados por concepto de un “nuevo mensaje”, es decir, que el módem le envíe una notificación al microcontrolador de la llegada de un nuevo mensaje sin requerir un comando previo.

La figura 5.17 muestra la continuación de la corrida de la simulación que se aprecia debajo de la línea segmentada. El módem envió comandos “AT+CMGR=”, el cual funciona para la lectura de mensajes y se leen las primeras cinco entradas para verificar la existencia de alguno.

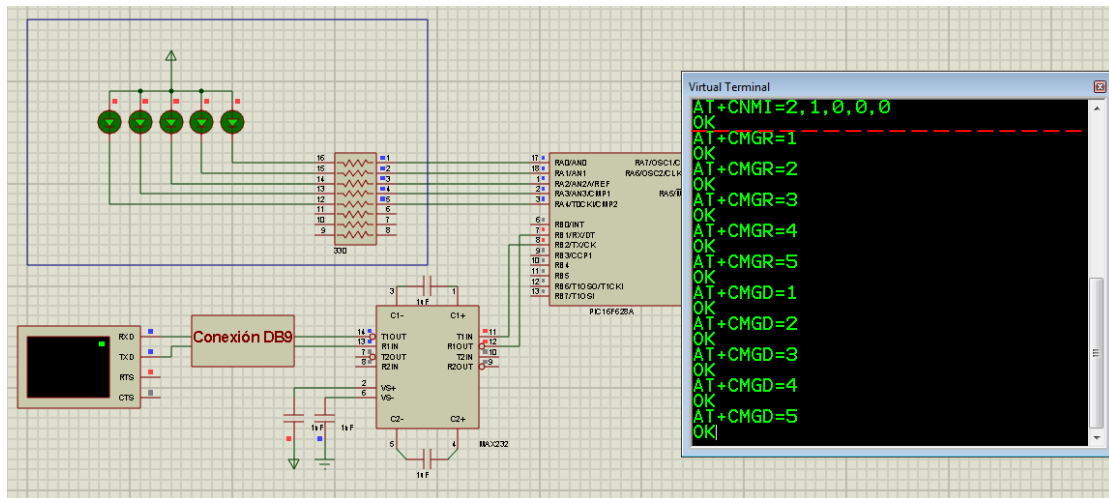


Figura 5.17 Lectura, procesamiento y borrado de posibles mensajes existentes

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Para la simulación se respondió a todos los comandos “AT+CMGR=” con “OK”, lo que equivale a que no hay mensajes en ninguna de las entradas.

En el caso de que hubiese algún mensaje, este se procesaría, y se actualizarían las salidas de los pines del microcontrolador, para luego eliminar el o los mensajes con una subrutina de borrado de los primeros cinco mensajes en la memoria de la tarjeta SIM, hecho que se muestra en los comandos “AT+CMGD=” de la figura 5.16.

Después de lo anterior, el microcontrolador entra en el ciclo de espera de un “código de resultado no solicitado”, dicho de otra manera, el aviso de un mensaje nuevo, que posiblemente contenga un código a procesar.

Siguiendo el ejemplo de la simulación del computador, el módem del dispositivo recibirá un mensaje con el código “D1D3” y los eventos siguientes se muestran en la figura 5.18.

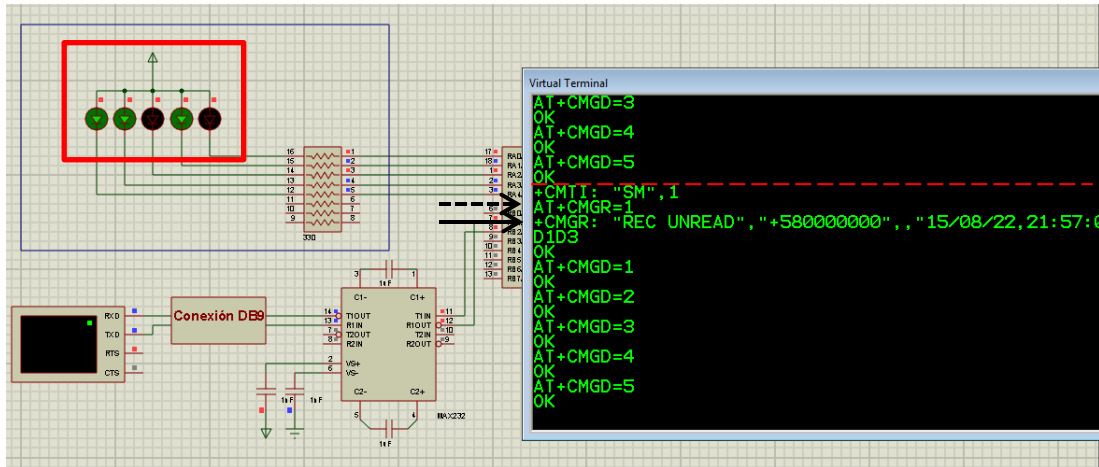


Figura 5.18 Nuevo mensaje Recibido

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Debajo de la línea segmentada de la figura 5.18 se encuentra el código de resultado no solicitado “+CMTI: “SM”,1”, el cual indica que hay un nuevo mensaje almacenado en la tarjeta SIM en la ubicación “1” de la memoria y, una vez recibido por el microcontrolador, éste lee el mensaje en la ubicación mencionada.

La lectura del mensaje arroja en la primera línea señalada con un flecha segmentada, la cual representa parámetros del mensaje tal como el número del emisor, hora, fecha, etc. Y luego en la línea señalada con la fecha continua, está el cuerpo del mensaje, el cual será procesado para ejecutar, en este caso, la desconexión de los usuarios conectados de los pines “1” y “3” tal como se resalta en el cuadro rojo de la figura 5.18.

Luego de haber sido ejecutada la acción, se utiliza la rutina de borrado, el cual dejará limpia la memoria de la tarjeta SIM, quedando así el microcontrolador listo para recibir un nuevo mensaje.

Después de haber procesado un mensaje, se respalda el estado de las salidas del microcontrolador, porque, en caso de quedar desenergizado el dispositivo por cualquier motivo, al ser alimentado de nuevo éste mantenga el estado de las salidas antes de la desenergización.

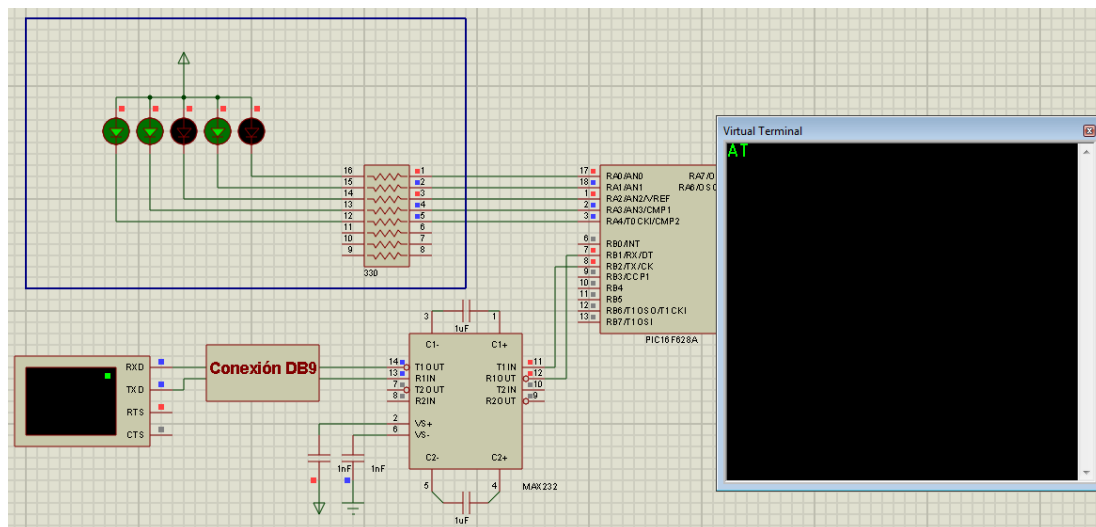


Figura 5.19 Respaldo de las salidas del microcontrolador después de reiniciar el sistema.

Fuente: Carlos Soto y Gilbert Montaña (2015)

Después de procesar el mensaje, se detiene la simulación y luego se reinicia para comprobar el respaldo en la memoria EEPROM del microcontrolador. El propósito de esto, es que al inicio del código del microcontrolador, este respaldo sea pasado a las salidas tal como se observa en la figura 5.18, en la cual se comprueba que el sistema está iniciando ya que solo se ha enviado el comando “AT” desde el microcontrolador.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El dispositivo de estado sólido fue diseñado con componentes electrónicos comerciales comunes, tales como resistores, transistores, relés de estado sólido, entre otros, hecho que aporta simplicidad al circuito y minimiza los posibles fallos de éste.

El accionamiento para la desconexión y reconexión del dispositivo se desarrolló mediante el cambio de estado (corte o saturación) de los transistores, a través del acoplamiento de la base de éstos a los pines de salida del microcontrolador, cuyo efecto es la conmutación del relé de estado sólido para suspender o reactivar el servicio eléctrico de los suscritores.

Mediante el análisis de los posibles sistemas de comunicación inalámbricos se seleccionó el sistema de comunicación GSM, ya que los principales proveedores de este servicio en el país han implementado estas redes en las principales regiones de la nación, lo que conllevó a verlas como una ventaja para el alcance de las zonas en las que se pueda implementar el dispositivo, contando así con un sistema de comunicación inalámbrico, desarrollado y confiable con la simple contratación de este servicio y así, se intercomunicarían de manera sencilla ambos subsistemas desarrollados, los cuales son el software de computadora y el dispositivo de estado sólido.

El desarrollo de la interfaz de computadora para ejecutar las desconexiones y reconexiones fue realizada de manera simple e intuitiva, tanto como en el apariencia del programa, como en los mensajes indicativos de alguna acción exitosa o no, para que el

operador que la maneje no presente dificultades en su operación. Además, el software es de fácil adaptación, con el fin de ser modificado para utilizar bases de datos reales de alguna empresa de servicio eléctrico, acotando que se deben incluir los parámetros señalados en el proyecto como: el identificador del dispositivo, el estado actual del usuario (conectado o desconectado) y el identificador de salida vinculado al pin del microcontrolador.

Las simulaciones realizadas comprobaron el funcionamiento de los subsistemas que, para el caso del dispositivo, se procesó el código contenido de un supuesto mensaje de texto cambiando el estado de las salidas del microcontrolador acorde a lo esperado y, en el caso de la simulación del software de computadora, se corroboró el envío del código en función del formulario cargado para un usuario de prueba, además de actualizar el estado de “conectado” o “desconectado” del (los) usuarios(s) a los que se les ejecutó alguna labor.

6.2 RECOMENDACIONES

- Proponer un proyecto para la implementación del sistema diseñado en redes áreas y subterráneas.
- Incluir en el software de computadora registros de acceso a éste, para conocer los operarios que efectúan desconexiones y reconexiones con el fin de evitar operaciones malintencionadas.
- Modificar el software de computadora con el fin de automatizar las desconexiones y reconexiones periódicamente, lo que implicaría un vínculo con el sistema
- Realizar un trabajo de campo para conocer la cantidad máxima de acometidas cercanas a los postes de distribución con el fin de incluir más salidas de potencia al dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Comunicación Serial Asíncrona*. (2014). Recuperado el 4 de Marzo de 2015, de National Instruments:
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1#232>
- Comunicación Serial I2C*. (14 de Junio de 2014). Recuperado el 4 de Marzo de 2015, de Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- Microsoft Visual Studio*. (2014). Recuperado el 4 de Marzo de 2015, de Wikipedia:
http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio
- CORPOELEC. (2015). Recuperado el 22 de Enero de 2015, de CORPOELEC:
<http://www.corpoelec.gob.ve/qui%C3%A9nes-somos>
- Interfaz Serial Periférica*. (2015). Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de Wikipedia:
http://es.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- CADAFE. (1965). *Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación*. Caracas.
- Crydom Inc. (2014). *Series 1 120 VAC*. Crydom Inc.
- Crydom, Inc. (1996). *Crydom*. Recuperado el 13 de 10 de 2015, de Crydom:
<http://www.crydom.com/>
- European Telecommunications Standards Institute. (1996). *AT command set for GSM Mobile Equipment (ME)*. Valbonne: ETSI.
- European Telecommunications Standards Institute. (1996). *Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS)*. Valbonne: ETSI.
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba, Argentina: Brujas.
- González, M., & Jiménez, C. (2002). *Normas para la elaboración de Trabajos de Grado en la escuela de Ingeniería Eléctrica*. Valencia: Fondo Editorial de la Universidad de Carabobo.
- Hart, D. H. (1997). *Electrónica de Potencia*. NJ: Prentice-Hall.
- Hernández, M. T. (2003). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización Y Maestría Y Tesis Doctorales*. Caracas: FEDUPEL.

Microchip Technology Incorporated. (2006). *PIC16F627A/628A/648A Data Sheet*. U.S.A: Microchip Technology Incorporated.

Mikroelektronika. (2015). *Programación de Microcontroladores*. Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de mikroe: <http://www.mikroe.com/chapters/view/80/capitulo-2-programacion-de-los-microcontroladores/>

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2009). *Electrónica de Potencia*. McGraw-Hill.

Rodríguez Moguel, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Tabasco, México: Héctor Merino Rodríguez.