

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
MONITOREO A DISTANCIA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN VIAL
UTILIZANDO PLC’S Y TECNOLOGÍA GSM”**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Escarrá R. Aquiles J.
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
MONITOREO A DISTANCIA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN VIAL
UTILIZANDO PLC’S Y TECNOLOGÍA GSM”**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. García, Juan.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Escarrá R. Aquiles J.
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008

DEDICATORIA

A mi Madre
Por todo lo que has hecho.

AGRADECIMIENTOS

Si hay que agradecer a alguien, es a mi Madre; gracias por tu dedicación, tu esfuerzo y simplemente por ser como eres.

Igualmente agradezco a mi familia; mis tíos, primos y a mi única abuela, porque es sencillamente única. A César A., quien me apoyó y animó al uso, conocimiento y reparación de computadoras.

A mi novia, quien me acompañó desde el principio de mi carrera, ayudándome en los proyectos que llevaban noches de trabajo y teniendo gran paciencia en aquellos semestres más difíciles.

A la Universidad Central de Venezuela, por brindarme la educación superior de la cual hoy obtengo frutos y a la Facultad de Ingeniería y sus profesores, por ser pilar fundamental dentro de mi desarrollo como profesional.

A mi jefe y profesor, el Ing. Grullón, por darme la oportunidad de aprender dentro de su empresa y por brindarme su confianza.

A mi mentor, Ing. Juan García, por sus valiosos consejos a la hora de la realización de este trabajo especial de grado.

A todos mis amigos y compañeros de la Escuela de Ingeniería Mecánica por brindarme su apoyo y amistad, y a todos aquellos quienes de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

Aquiles Escarrá

Escarrá R. Aquiles J.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA
MONITOREO A DISTANCIA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN VIAL
UTILIZANDO PLC'S Y TECNOLOGÍA GSM**

**Tutor Académico: Prof. Juan García. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de
Ingeniería Mecánica 2008. 83 págs.**

Palabras claves: AUTOMATIZACION, CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMABLE (PLC), MENSAJE DE TEXTO, GSM, MONITOREO A
DISTANCIA.

El objeto de éste trabajo especial de grado, fue el realizar un proyecto para la supervisión a distancia de un sistema de iluminación vial de encendido y apagado automático. El alumbrado se representó mediante un banco de prueba construido con bombillos de filamento de tungsteno de alto consumo y la supervisión se realizó mediante un relé automático programable modelo Zelio Logic SR3 B101BD acompañado de una serie de equipos para su funcionamiento como lo son: un modem Fastrack de comunicación GSM, un módulo de interfaz de comunicación SR2 COM01, una fuente de poder ABL7 y un transductor de corriente.

La supervisión del sistema se realizó a distancia desde un equipo celular, con la característica principal de la comunicación inalámbrica vía mensaje de texto entre el equipo de supervisión y el operador.

Desde uno o varios equipos celulares fue posible tanto comandar el encendido o apagado de las luces, como también solicitar un reporte del número de luminarias en mal estado.

Se recibieron reportes mediante mensajes de texto al equipo celular en el momento de producirse alguna irregularidad en la iluminación, estando el operador en capacidad de tomar decisiones vía sms para el encendido de las lámparas ó en caso de ser necesario trasladarse al sitio para realizar el reemplazo de las lámparas que se encontraran fuera de servicio.

El equipo de supervisión reportó diariamente el estado del sensor de luminosidad y al presentarse una falla, se comandaron las lámparas mediante el PLC.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION	xi

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 MOTIVACIÓN	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.4 ALCANCES DEL PROYECTO	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	5
2.1 . CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC):	6
2.1.1. Módulo inteligente Zelio Logic	7
2.2 ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBA A REALIZAR.....	8
2.2.1. Relé inteligente Zelio Logic SR3B101BD.....	8
2.2.2. Interfaz de comunicación Zelio Logic SR2COM01	11
2.2.3. Fuente ABL 7RM2401.....	12
2.2.4. Modem GSM de comunicación Fastrack M1306B.....	13
2.2.5. Transductor de corriente AT1-010-000-FF.....	14
2.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN VIA MENSAJES DE TEXTO	15
2.4 LUMINARIAS.....	16
2.5 ILUMINACIÓN VIAL	18
2.6 CONCEPTOS BÁSICOS:.....	19
2.6.1. Corriente eléctrica.....	19

2.6.2.	Voltaje	19
2.6.3.	GSM	20
2.6.4.	SMS	20
2.6.5.	Sensor fotoeléctrico.....	21

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO	22
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	23
3.2 CÁLCULO DE CARGAS A MEDIR.....	24
3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA A TRANSFERIR AL MÓDULO INTELIGENTE.....	25
3.3.1 Sensor de luminosidad.	25
3.3.2 Escalado de la señal de entrada.....	26
3.3.3 Envío de alarma de estado de lámparas.	26
3.3.4 Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico.	27
3.3.5 Reemplazo del sensor fotoeléctrico.	28
3.3.6 Encendido de respaldo en caso de fallo del sensor fotoeléctrico.	29
3.3.7 Apagado de alumbrado desde un equipo celular.....	30
3.3.8 Prueba del sistema de alumbrado desde un equipo celular.	31
3.3.9 Revisión de funcionamiento de las luminarias.....	32
3.4 COMANDOS DE CONTROL Y VARIABLES DEL SISTEMA INSTALADO.....	33
3.5 PRUEBAS DEL SISTEMA	34

CAPÍTULO IV

RESULTADOS.....	36
Parte 1. Alarmas por falla de lámparas durante encendido.....	37
Parte 2. Alarmas por falla de 1, 2, 3 e incluso 4 bombillos simultáneamente.	39
Parte 3. Encendido por sensor fotoeléctrico.....	41
Parte 4. Mensaje de falla en el sensor.	42
Parte 5. Uso del comando “apagardenoche” para control de lámparas.....	43
Parte 6. Pruebas realizadas a otras operadoras (movilnet y movistar).....	45
CONCLUSIONES.....	46

RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	49
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1:Esquema descriptivo del Zelio Logic SR3COM01.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.2: Indicadores de estado del PLC (menú contextual)</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2.3: Interfaz de comunicación Zelio Logic SR2COM01.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2.4: Modem GSM de comunicación Fastrack M1306B</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.5: Estructura de un mensaje de alarma sin confirmación.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.6: Estructura de un mensaje de cambio de valor en variable.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.7: Sistema típico de iluminación vial</i>	<i>19</i>

<i>Figura 3.1: Circuito del Sensor de Luminosidad</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2: Conversión de señal a 0-1000cA.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.3: Comparador de señal y envío de estado de luminarias en falla</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3.4: Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3.5: Reemplazo automático del sensor fotoeléctrico.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3.6: Reemplazo automático del sensor fotoeléctrico.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3.7: Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3.8: Apagado del alumbrado desde un equipo celular.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.9: Prueba del sistema de alumbrado desde un equipo celular</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.10: Revisión de funcionamiento de luminarias</i>	<i>32</i>

Figura 4 1: Mensaje enviado para encendido de lámparas.....	37
Figura 4.2: Mensaje confirmación encendido de lámparas.....	38
Figura 4.3: Reporte de lámparas encendidas	38
Figura 4.4: Mensaje enviado para apagado de lámparas	39
Figura 4.5: Mensaje confirmación apagado de lámparas.....	39
Figura 4.6: Mensaje recibido al apagar una lámpara.....	40
Figura 4.7: Mensaje recibido al apagar dos lámparas.....	40
Figura 4.8: Mensaje recibido al apagar tres lámparas	40
Figura 4.9: Mensaje recibido al apagar las cuatro lámparas.....	41
Figura 4.10: Mensaje recibido al encenderse las lámparas mediante el sensor fotoeléctrico.....	41
Figura 4.11: Mensaje recibido al encenderse las lámparas al estar una fuera de servicio	42
Figura 4.12: Mensaje recibido indicando la falla del sensor	42
Figura 4.13: Mensaje recibido indicando encendido por reloj y falla del sensor	43
Figura 4.14: Mensaje enviado para el apagado de lámparas	44
Figura 4.15: Mensaje confirmación apagado de lámparas.....	44

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2 1: Descripción de las Teclas de Control	10
Tabla N° 2 2: Valores de iluminación del LED de estatus del SR2COM01:.....	12
Tabla N° 2 3: Valores de iluminación del LED de estatus del Fastrack M1306B	14
Tabla N° 2 4: Valores Soortados por el Transductor.....	14
Tabla N° 3 1: Comandos de control	33
Tabla N° 3 2: Variables de control de iluminación	34

INTRODUCCION

El origen de la automatización se remonta a los años 1750, cuando surge la revolución industrial, desde entonces el ser humano se encuentra en búsqueda de procedimientos que le permitan simplificar sus actividades e intervención en los procesos de la industria.

En la actualidad vivimos una época de transición tecnológica donde constantemente las infraestructuras de las comunicaciones están cambiando, casos como el de la telefonía móvil de segunda y tercera generación, implican más y mejores servicios. En los últimos años el progreso de las comunicaciones inalámbricas ha sido acelerado y los problemas que involucra la conexión de dispositivos a través de cables o conectores, comprenden una serie de aspectos, como la necesidad de comunicar dos o más dispositivos en un momento dado y no contar con el dispositivo de conexión en ese momento (cables, conectores y otros.).

La adquisición de datos, el monitoreo o el control de una serie de variables se encuentra entonces ligada a un conexionado entre el proceso a supervisar y el operador encargado. Se ha buscado resolver estos inconvenientes en una nueva tecnología. El monitoreo a distancia de forma inalámbrica es una tecnología naciente que tiene una amplia gama de aplicaciones en todas las ramas de la Ingeniería e industria.

Se desea entonces automatizar la supervisión, control y el alumbrado de una arteria vial; la iluminación vial constituye uno de los principales inconvenientes dentro de las aceras, calles, avenidas y arterias viales en nuestro país. Considerando que el mayor propósito de toda iluminación vial aplicada a vías urbanas está en promover la seguridad y comodidad o confort para el tráfico vehicular y peatonal, proporcionándole una adecuada visibilidad durante los días nublados y en las noches.

Por la situación antes planteada, se desea diseñar un banco de prueba donde se supervise a distancia un conjunto de lámparas controladas mediante un sensor de luminosidad o desde un equipo celular. Para su elaboración se debe identificar el protocolo de comunicación empleado en ésta tecnología, igualmente se deben emplear distintos módulos y equipos; como lo son, el módulo de comunicación wireless Fastrack para comunicación GSM, transductores para la conversión de señales, el módulo de interfaz de comunicación y un relé inteligente de marca Zelio.

Se deben implementar los protocolos de comunicación establecidos para la comunicación del fastrack con el equipo celular. Diseñar el programa para la configuración del PLC, siendo el dispositivo encargado de controlar la interfaz y manejar la información desde y hacia el operador; procesando la información y posteriormente tomando acciones según lo establecido en su programación.

CAPÍTULO I
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 MOTIVACIÓN

El departamento de automática de la escuela de ingeniería mecánica, cuenta actualmente con nuevos equipos PLC, módulos de comunicación y un modem GSM. Con estos equipos se propone desarrollar un banco de prueba, para el monitoreo a distancia supervisión y adquisición de datos mediante un equipo de tecnología celular.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la rama de la automatización y control es de gran importancia la implementación en campo de lo aprendido en la teoría, la manipulación física de los instrumentos, aparatos y variables. Por ésta necesidad se genera la propuesta de un banco de prueba que se orienta al avance tecnológico en el campo de monitoreo, supervisión y control; banco de prueba que podrá ser utilizado para la realización de prácticas de laboratorio con material de última generación.

Se quiere implementar con éste proyecto la utilización de redes GSM y de un protocolo de comunicación basado en SMS (mensajes de texto), para comunicar un PLC con un equipo celular. Pudiendo controlar y supervisar desde el equipo móvil las entradas y salidas del PLC, lo que permitiría conocer las variables del proceso al momento de necesitarlo.

Para la elaboración del programa de control de las lámparas y del sistema completo, se usará el software ZelioSoft 2 Versión 4.1. Para el control del proceso se empleará un PLC Zelio Logic marca Schneider electric gama Modular modelo SR3B101BD.

Como interfaz de comunicación se utilizará un equipo modelo Zelio Logic 2 SR2COM01 de Schneider Electric, configurable y programable desde el software Zelio Soft y para la comunicación GSM se utilizará un modem Fastrack modelo M1306B.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un banco de prueba para el monitoreo y supervisión a distancia de la iluminación de una arteria vial utilizando PLC's y tecnología GSM.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar la lógica de control y supervisión del sistema de alumbrado.
- ✓ Construir el banco de prueba e instalar lámparas, equipos PLC, módulos y aparatos de medición.
- ✓ Obtener mensajes de alarma en caso de falla de lámparas.
- ✓ Supervisar vía mensajes de texto el estado de un conjunto de lámparas al solicitarlo.
- ✓ Modificar el estado de las lámparas instaladas desde un equipo celular.
- ✓ Realizar pruebas vía SMS para comprobar y verificar el correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ Generar una lista de comandos para la comunicación entre el PLC y el equipo móvil.
- ✓ Contribuir a la mejora del departamento de automática mediante el aporte del banco de prueba con tecnología GSM.

1.4 ALCANCES DEL PROYECTO

Los alcances (actividades) que se proponen son los siguientes:

- ✓ Se realizará un estudio del software a programar.
- ✓ Cálculo donde se evaluarán las variables a medir en el proceso, como lo son la corriente por luminaria; Variables que van a ser supervisadas por el PLC.
- ✓ Obtener información relacionada al estado de las luminarias mediante SMS al ser solicitada por el operador.
- ✓ Modificar el estado de las luminarias (encendido/apagado) desde un equipo celular.
- ✓ El Equipo debe enviar un mensaje de alerta al encenderse las luminarias de encontrarse alguna fuera de funcionamiento o mal estado.
- ✓ El PLC debe supervisar el estado del sensor fotoeléctrico a la hora de encendido y apagado de las luminarias, reportando a un equipo celular algún tipo de irregularidad.
- ✓ Ejecución de planos y diagramas.
- ✓ Elaboración de prácticas de laboratorio para la implementación de la tecnología.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 . CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC):

Conocido como P.L.C. por sus siglas en ingles, son dispositivos electrónicos usados para controlar, control que se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa.

El Control Lógico Programable apareció con el propósito de eliminar el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés, el cual contaba con un tiempo de vida limitado y se necesitaba un sistema de mantenimiento muy estricto. El alambrado de muchos relés en un sistema muy grande era muy complicado, si había una falla, la detección del error era muy tediosa y lenta.

Actualmente los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas y manejar señales analógicas para realizar estrategias de control.

La arquitectura de un PLC comprende, entre otros, los siguientes componentes:

- Fuente de alimentación
- CPU (Unidad Central de Procesamiento)
- Memoria (RAM, EPROM, tarjetas externas, ...)
- Módulos de entradas y salidas (discretas y analógicas)
- Módulos de comunicación
- Módulos especiales

El CPU es el “cerebro” del PLC, el programa es cargado a través de un dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) en el CPU, éste se encarga también de procesar la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida. Las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a

niveles del la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.).

Al PLC se le deben agregar la fuente de poder, instrumentos de medición, módulos de interfaz de comunicación y módulo GSM para la comunicación a distancia.

En cuanto a software, los lenguajes de programación que se utilizan en los PLC's actuales están definidos por la norma internacional IEC 61131-3. La norma define cinco lenguajes de programación:

- FBD (Function block diagram)
- LD (Ladder diagram)
- ST (Structured Text)
- IL (Instruction list)
- SFC (Sequential function chart)

2.1.1. Módulo inteligente Zelio Logic

Es un relé inteligente pensado para sistemas de automatización sencillos, existe en dos gamas compacta y modular, diseñados para distintos tipos de aplicaciones y requerimientos en cuanto a módulos de expansión y número de entradas y salidas requeridas. Permite su programación en lenguaje de bloque (FBD) ó en diagrama de contactos (Leader), ésta se puede realizar directamente desde el panel frontal utilizando las teclas de control del relé programable mediante navegación contextual, con una excelente legibilidad gracias a una pantalla LCD retroiluminada. Mediante la utilización del Software Zelio Soft es posible la programación desde un PC en ambos lenguajes.

2.2 ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBA A REALIZAR

Dentro de Banco de prueba a realizar se utilizarán los equipos descritos a continuación:

- ✓ Relé inteligente Zelio logic SR3B101BD
- ✓ Interfaz de comunicación Zelio logic SR2COM01
- ✓ Fuente ABL7RM2401
- ✓ Módulo de comunicación GSM Fastrack
- ✓ Transductor de corriente AT1-010-000-FF

2.2.1. Relé inteligente Zelio Logic SR3B101BD

Para el control de sistemas de automatización sencillos, SR3B101BD zelio logic posee 6 entradas, dos de ellas digitales (24voltios dc) y las otras cuatro analógicas (de 0-10 voltios cc). Cuenta con 4 salidas a relé y su alimentación es de 24vcc, compatible para programación en LEADER y FBD. Posee una pantalla LCD retroiluminada, navegación contextual mediante las teclas de control.

El Zelio Logic posee una memoria de respaldo que permite copiar los programas desde otro relé inteligente, permite de igual manera hacer un respaldo de los programas en la memoria en el PC, útil en caso de necesitar reemplazar el relé.

La autonomía de trabajo del reloj la proporciona una batería de litio diseñada para 10 años de trabajo. La memoria EEPROM Flash para respaldo de valores iniciales y predefinidos es de 10 años.

Descripción de las teclas de control:

La tecla **Mayús** corresponde a la tecla blanca situada a la derecha de la pantalla LCD, al pulsar la tecla se puede ver un menú contextual encima de las teclas Z (Ins, Supr, Parám, etc.).

La tecla **Menú/Aceptar** (de color verde) se utiliza para realizar todas las validaciones: menú, submenú, programa, parámetro, etc.

Las teclas **Zx** son las teclas grises alineadas de izquierda (Z1) a derecha (Z4) y situadas debajo de la pantalla LCD. Las flechas que informan del sentido del desplazamiento asociado a la navegación se indican encima de las teclas.

Cuando los botones se utilizan para otras acciones distintas de la navegación, se visualiza una línea de menú contextual (ejemplo: 1, 2, 3 y 4 como entradas de tipo tecla Zx).

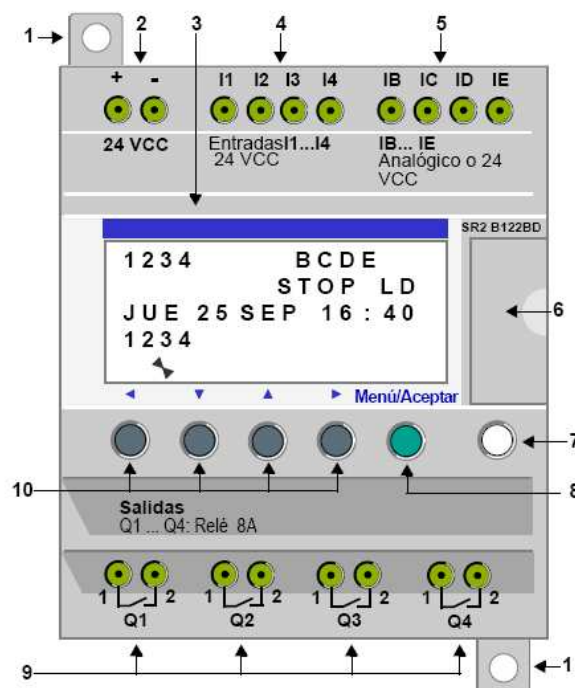


Figura 2.1:Esquema descriptivo del Zelio Logic SR3COM01

Fuente: Manual del Usuario, Zelio Logic 2, Módulo Lógico

Tabla N° 2. 1: Descripción de las Teclas de Control

Indicación	Elemento
1	Pestañas de fijación retráctiles.
2	Bloque terminal de alimentación.
3	Pantalla LCD, 4 líneas, 18 caracteres.
4	Bloque terminal de entradas DIG.
5	Bloque terminal de entradas analógicas. 0-10 voltios utilizables en entradas DIG según el modelo.
6	Alojamiento de la memoria de copia de seguridad o cable conexión para PC.
7	Tecla Mayús (blanca).
8	Tecla Menú/Aceptar (verde) de selección y validación.
9	Bloque terminal de salida para relé.
10	Teclas de navegación (grises) o, después de la configuración, botones pulsadores Z.

Fuente: Manual del Usuario, Zelio Logic 2, Módulo Lógico

Elementos del menú contextual visualizados en la pantalla para conocer el estado del PLC:

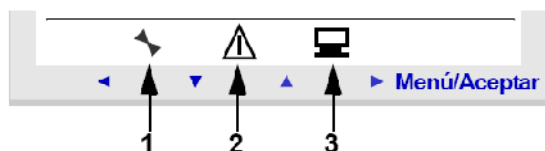


Figura 2.2: Indicadores de estado del PLC (menú contextual)

Fuente: Manual del Usuario, Zelio Logic 2, Módulo Lógico

- 1: Indica el estado del módulo lógico. En RUN estará en movimiento; en STOP estará inmóvil.
- 2: Indica que se han producido errores (consulte el menú FALLO).
- 3: Indica que el módulo lógico está conectado a la herramienta de programación.

2.2.2. Interfaz de comunicación Zelio Logic SR2COM01

Los elementos para comunicación de la gama de Zelio Logic son principalmente diseñados para el control de maquinas o instalaciones sin la intervención de personal. La interfaz de comunicación SR2COM01, es la encargada de la comunicación entre el relé inteligente y el modem de comunicación GSM o con un computador.



Figura 2.3: Interfaz de comunicación Zelio Logic SR2COM01

Fuente: Ayuda de utilización del documento de funcionamiento, Zelio Logic 2, Interfaz de comunicación SR2COM01

- 1: Bloque terminal de alimentación 12 o 24 voltios.
- 2: Puerto de comunicación COM-M
- 3: Led indicador de estado

El indicador de estado toma distintos valores de iluminación para dar a conocer el funcionamiento del módulo, los cuales se presentan en la Tabla 2.2:

Tabla N° 2. 2: Valores de iluminación del LED de estatus del SR2COM01:

SR2COM01 Estado		Verde				Amarillo			
Estado									
1	No alimentado		—	—	—		—	—	—
2	Fallo Módem	—	—	—	—	—	—		—
3	Fallo Zelio 2	—	—	—	—		—	—	—
4	Fallo interno	—	—	—	—		—	—	—
5	Zelio 2 y Módem detectados	—	—		—	—	—	—	—
6	Diálogo COM-M en curso	—		—	—	—	—	—	—
7	Diálogo Zelio Soft 2 en curso/Mensaje OFF	—		—	—		—	—	—

Fuente: Ayuda de utilización del documento de funcionamiento, Zelio Logic 2, Interfaz de comunicación SR2COM01

2.2.3. Fuente ABL 7RM2401

Su función es proveer el voltaje dc necesario para a los circuitos de control, diseñada para aplicaciones industriales, comerciales o residenciales. La potencia nominal es de 30W y el voltaje de suministro requerido es de 100 a 240 Vac (mono fase). La fuente suministra un voltaje de 24 Vdc ajustable mediante un potenciómetro incorporado, permitiendo compensar caídas de voltaje en instalaciones con largos cableados.

El rango de voltajes manejado es el siguiente:

- ✓ Dispositivo de 12Vdc rango 12-14.4 Vdc
- ✓ Dispositivo de 24 Vdc rango 24-28.8 Vdc

2.2.4. Modem GSM de comunicación Fastrack M1306B

El modem GSM de comunicación puede trabajar en doble banda 900/1800 MHz, soporta una plataforma abierta de comunicación llamada “Open AT” la cual es una plataforma estándar en el área celular que incluye caracteres ANSI.



Figura 2.4: Modem GSM de comunicación Fastrack M1306B

Fuente: User Guide, Fastrack M1306B

El suministro de corriente se da mediante un conector de cuatro pines, dos de ellos no conectados directamente al suministro de corriente reservados para una interfaz de entrada y salida; el pin 1 conectado a la batería (5.5 v Min, 13.2v Typ., 32v Max.) y el pin 2 a tierra.

El conector HD 15 pines es para la comunicación RS232 serial, líneas de audio (micrófono y cornetas) y usado en nuestra aplicación para comunicar el modem con el módulo SR2COM01.

El indicador de estado toma distintos valores de iluminación para dar a conocer el funcionamiento del módulo.

Tabla N° 2. 3: Valores de iluminación del LED de estatus del Fastrack M1306B

SR2 MOD02 LED		Rojo			
Estado					
1	No listo		—		—
2	Listo pero no conectado a la red	—	—		
3	Listo y conectado a la red	—			—
4	Modo transmisión	—			—

Fuente: User Guide, Fastrack M1306B

2.2.5. Transductor de corriente AT1-010-000-FF

El transductor es el encargado de medir el flujo de corriente que lo atraviesa, su principio de funcionamiento se base en que la corriente que lo atraviesa induce en la una bobina un voltaje directamente proporcional a la salida de 0 a 10 V dc, y ésta es la señal que posteriormente es acondiciona a los estándares de control 4-20mA, 0-5Vdc o en nuestro caso 0-10Vdc.

Los datos presentados en la tabla representan los valores de entrada soportados por el transductor:

Tabla N° 2. 4: Valores Soortados por el Transductor

Modelo	Rango	MAXIMO	
		6 Seg.	1 Seg.
AT0	2A	2A	250A
	5A	125A	250A
AT1	10A	125A	250A
	20A	150A	300A
	50A	215A	400A
AT2	100A	300A	600A
	150A	450A	800A
	200A	500A	1000A

Fuente: NK Technologies AT current Transducer

2.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN VIA MENSAJES DE TEXTO

Para la comunicación entre un equipo celular y el modem GSM, se deben seguir una serie de estructuras en los mensajes de texto, así como cumplirse una serie de condiciones para la recepción y envío de comandos de control. Los destinatarios deben ser agregados en la memoria o agenda y se le agregan características especiales dependiendo del caso, como pueden ser la confirmación del mensaje recibido, la capacidad de modificación de variables ó el completo control sobre los comandos de control.



Figura 2.5: Estructura de un mensaje de alarma sin confirmación

- 1 Nombre de la estación remota (30 caracteres como máximo)
- 2 Fecha y hora de envío del mensaje
- 3 Estado de confirmación de los destinatarios anteriores
- 4 Asunto y cuerpo del mensaje

Para cambiar el valor de un variable la estructura que debe seguir el mensaje es la siguiente: **1234....!variable=999**



Figura 2.6: Estructura de un mensaje de cambio de valor en variable.

- 1 Clave de acceso de los destinatarios a la estación remota
- 2 Carácter “!” indica fin de la clave
- 3 Variable a cambiar de estado o valor
- 4 Nuevo valor de la variable (debe estar dentro de los valores establecidos para la variable)

2.4 LUMINARIAS

Debido a la muy alta luminancia de las lámparas, es preciso aumentar la superficie aparente de emisión para evitar molestias visuales (deslumbramiento). Por otro lado es necesario apantallar las lámparas para protegerlas de los agentes exteriores y para que dirijan el flujo en la forma más adecuada a la tarea visual.

Según la norma UNE-EN 60598-1 se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte y la protección de las lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en casos necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

En cuanto a los elementos genéricos más característicos, cabe mencionar la carcasa o armadura, el equipo eléctrico, el reflector, el difusor y el filtro.

Según estas características se describen otras tantas clasificaciones:

- ✓ Armadura o carcasa: elemento físico que sirve de soporte para y delimita el volumen de la luminaria. Por éste concepto se pueden distinguir varios tipos:
 - Para interiores o exteriores
 - De superficie o empotradas
 - Suspendidas o de carril
 - De pared, para brazo o sobre columna
 - Abierta, cerrada o estanca
 - Para ambientes normales o de riesgo

- ✓ Equipo eléctrico: Es el adecuado a los distintos tipos de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:
 - Incandescente normales sin elementos auxiliares
 - Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica
 - Fluorescentes
 - De descarga

- ✓ Reflectores: Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modela la forma y dirección del flujo de la lámpara. En función de cómo se emite la radiación luminosa pueden ser:
 - Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico
 - Concentrador (haz estrecho menor del 20 °) o difusor (haz ancho entre 20 y 40°, haz muy ancho mayor de 40°)
 - Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo)
 - Frio o normal

- ✓ Difusores: elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:
 - Opal liso (blanca) o prismática (metálico translucido)
 - Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento)
 - Especular o no especular
- ✓ Filtros: en combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

2.5 ILUMINACIÓN VIAL

El mayor propósito de toda iluminación vial, aplicada a vías urbanas de todo tipo aparcamientos, vías expresas, viaductos, etc., está en promover la seguridad y comodidad o confort para el tráfico vehicular y peatonal, proporcionándole una adecuada visibilidad durante los días nublados y en las noches.

Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas.

Algunos de los beneficios de la correcta iluminación externa influyen en una reacción colectiva e individual en la industria, tales como:

- ✓ incrementa la seguridad individual y colectiva en las vías,
- ✓ incrementa el atractivo de las vías interiores de la fábrica,
- ✓ ofrece mayor protección a los obreros y propiedades de los daños,
- ✓ proporciona confort y tranquilidad,
- ✓ da mayor sentido de seguridad para el uso,

- ✓ contribuye a detener o disminuir las acciones vandálicas
- ✓ la visibilidad y la iluminación media

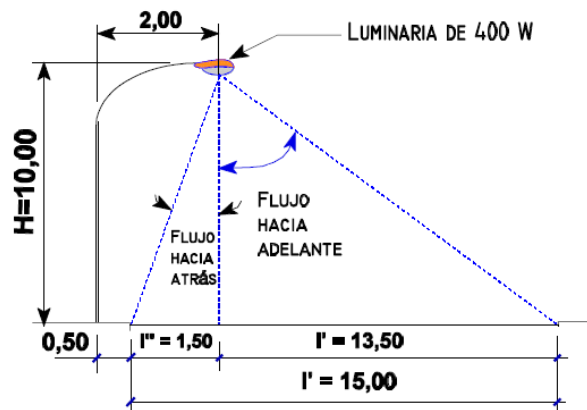


Figura 2.7: Sistema típico de iluminación vial

Fuente: American Standard Practice for Street and Highway Lighting, ASA

2.6 CONCEPTOS BÁSICOS:

2.6.1. Corriente eléctrica

La corriente es electricidad en movimiento y el ampere (A) es su unidad de medición, la corriente es el flujo de electrones a través de un conducto, la fuerza (presión) que impulsa la corriente es la fuerza electromotriz (voltaje o diferencia de potencial). La corriente circula solo entre puntos que tienen una diferencia de potencial, ésta se debe mantener por una fuente, como por ejemplo un generador, de manera que el flujo de corriente sea continuo.

2.6.2. Voltaje

El voltaje es presión, presión eléctrica, referida también como fuerza electromotriz se puede relacionar con la presión de agua en un sistema de distribución de agua, su unidad de medición es el voltio (V) y otros términos usados para definirla son potencial y diferencia de potencial.

2.6.3. GSM

Global System for Mobile communications (sistema global para las Comunicaciones Móviles) es un estándar mundial para los teléfonos móviles digitales. El estándar es abierto no propietario y evolutivo (aún en desarrollo) y es el estándar predominante en Europa, así como el mayoritario alrededor del mundo.

Por ser digital cualquier cliente tiene la posibilidad de conectarse desde su computador para hacer y recibir e-mails, navegar en internet, red LAN o intranet así como disponer de otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos de texto (SMS)

Para establecer y mantener las comunicaciones entre los equipos celulares y las estaciones bases de la red, GSM utiliza un sistema TDMA para cada una de las frecuencias de que dispone. La comunicación en una determinada frecuencia se realiza a través de tramas temporales de 4,615 ms, divididas en 8 slots cada una. En esos slots se alojan los canales lógicos de GSM, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el móvil.

El uso de la tarjeta SIM es obligatorio en las redes GSM, la versión pequeña ($25 \times 15 \times 0,76$ mm) es la más utilizada en los equipos celulares. Dentro del SIM es posible almacenar distintas cantidades de información dependiendo de su capacidad y ella es la que realiza la identificación con la red local.

2.6.4. SMS

Es un protocolo de comunicación que permite el envío y recepción de mensaje entre equipos celulares. La tecnología SMS ha facilitado el descubrimiento y crecimiento de los mensajes de texto. La conexión entre el fenómeno de enviar mensajes de texto y el protocolo mencionado es tan grande que en algunas partes del mundo es usada como sinónimo de mandar un mensaje de texto a una persona. SMS como es usado en la actualidad fue originalmente definido como parte del estándar GSM en 1985 que significa envío de mensajes de texto de máximo 160 caracteres, desde y hasta otro

equipo celular. Desde entonces, la tecnología se ha expandido hasta incluir otros estándares de comunicación móvil como lo son ANSI CDMA networks y DIGITAL AMPS. Comúnmente los mensajes de texto son de móvil a móvil, aun cuando el estándar también soporta otros tipos de mensajería.

2.6.5. Sensor fotoeléctrico

El sensor fotoeléctrico es el encargado de activar automáticamente el encendido de las lámparas, en caso baja visibilidad (días nublados) activará la iluminación así como en las noches y días de lluvia.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

METODOLOGÍA

En esta sección se describe la labor que condujo a la automatización del sistema de Iluminación vial y su supervisión a distancia.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Las luminarias en estado normal deben encenderse para facilitar la visibilidad en horas de niebla u oscuridad, para esto las luces serán controladas en principio por un sensor de luminosidad que será el encargado del encendido y apagado de éstas. El estado de dicho sensor se monitoreará diariamente por el PLC verificando su funcionamiento y en caso de falla se reportará al encargado de mantenimiento, quedando en consecuencia el encendido de las luminarias delegado al PLC, el cual las encenderá según la hora programada.

La hora a programada para el encendido y apagado de las lámparas, está referida a la hora crítica en el año para tales fines, definimos dos horas críticas, una para la salida y otra para la puesta del sol; en la mañana (salida del sol) consideraremos como hora crítica la hora en la que amanecerá más tarde de todos los días del año, por lo que se va a requerir de mayor tiempo de iluminación artificial durante éstos días. En la noche se consideró como hora crítica, la hora del año en la que oscurecerá más temprano, requiriendo en estos casos iluminación artificial a más tempranas horas.

La hora crítica será calculada para la ciudad de Caracas (Venezuela) año 2008. A partir de los datos encontrados¹ se seleccionaron para el encendido las 5:31 pm y para el apagado las 6:21 am.

Es importante hacer notar que el día en que el sensor deje de funcionar, el sistema monitoreará su falla a las 6:31 pm y en distintos días del año no tendremos luz solar para éste instante, el PLC tomará el mando de las lámparas a partir de éste momento y

¹ Ver Apéndice N° 4

hasta el remplazo del sensor de luz, el horario de iluminación artificial será de 5:39am a 6:21pm.

Al ser remplazado el sensor de luz, es posible confirmar su instalación mediante las teclas Zx (tecla Z1), mediante un mensaje de texto ó de otra forma automáticamente el sistema a las 6:31pm del día siguiente reconocerá el nuevo sensor instalado según el cual se registrarán las lámparas nuevamente.

El estado de las luminarias será permanentemente monitoreado por el PLC verificando el número de luminarias encendidas y reportando su estado al encargado de mantenimiento; el encargado de mantenimiento será informado en todos los casos mediante un mensaje de texto a un equipo celular.

Las luminarias se podrán encender y apagar durante el día, si así el encargado lo requiere, mediante el envío de un mensaje de texto, teniendo como utilidad este comando la posible inspección visual y posterior reemplazo de luminarias en mal estado.

Dentro de las características del sistema, el operador puede en todo momento solicitar un reporte del número de luminarias en funcionamiento vía mensajería de texto.

En el horario de encendido normal de las lámparas (durante la noche), también existe la posibilidad de apagar las luminarias, en caso de necesitarlo, mediante un mensaje de texto enviado por el operador.

3.2 CÁLCULO DE CARGAS A MEDIR.

Teniendo como objetivo la determinación del número de lámparas encendidas y la supervisión por parte del PLC de dichas lámparas, se calculó el consumo de corriente por unidad, para posteriormente con estos valores y los medidos en campo programar el rango de trabajo del PLC.

Para el proyecto a estudiar, se seleccionaron bombillos de alto consumo con el fin de facilitar la medición del amperaje en el circuito, pudiendo notar una variación en el valor de amperaje medido, al entrar o salir de funcionamiento alguna luminaria.

La medición se realizará por medio de un transductor de corriente, que relaciona la corriente que pasa a través de un conductor y genera una señal de 0-10 Volt DC proporcional al valor promedio de la corriente de entrada.

El transductor se encarga de escalar el valor medido de la escala elegida (0 a 10 Amperes) en una señal analógica normalizada de 0 a 10 Vcd, obteniendo entonces una señal adaptada a las entradas analógicas del PLC.

3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA A TRANSFERIR AL MÓDULO INTELIGENTE

3.3.1 Sensor de luminosidad.

El sensor de luminosidad instalado trabaja con 110volt corriente alterna y dado que la entrada digital del PLC admite 24 voltios dc, se colocó un relé de bobina 110V ac y contacto seco; mediante el contacto seco se alimentará la entrada digital del plc con una señal de 24V dc indicándole al PLC que se encuentra activado el sensor de luminosidad.

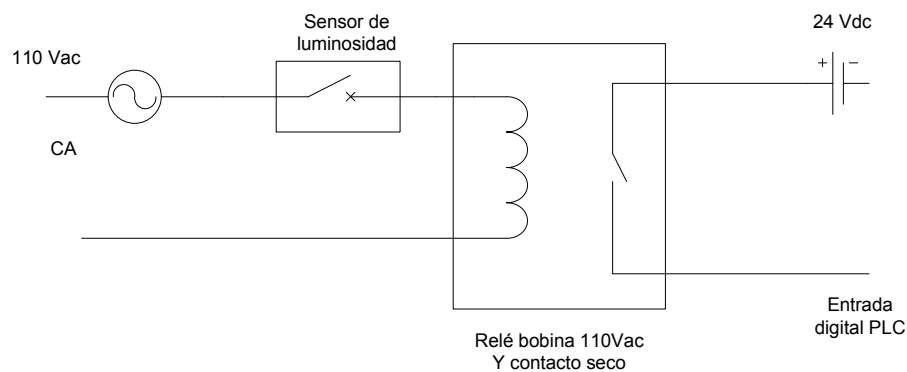


Figura 3. 1: Circuito del Sensor de Luminosidad

3.3.2 Escalado de la señal de entrada

La señal de entrada proveniente del transductor ya transformada a 0-10v es interpretada por el PLC como un valor de 0-255, esta señal se llevó a una escala de ingeniería; en nuestro caso la escala elegida fue centi amperes ya que dentro del software Zelio Soft se debe trabajar con números enteros y sin decimales en el manejo de valores perderíamos precisión. Dada que la escala de medida del transductor es de 0-10 A. nuestra nueva escala es 0-1000 cA.

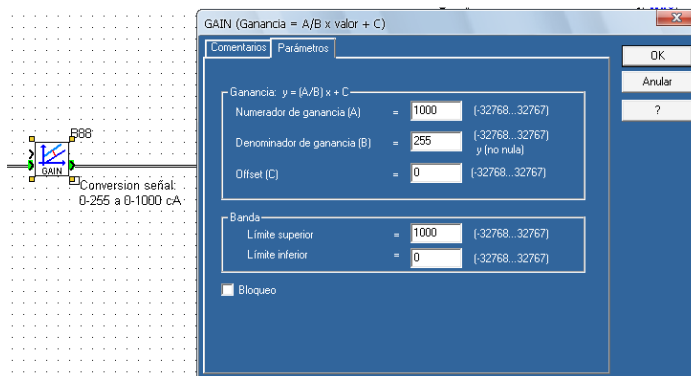


Figura 3.2: Conversión de señal a 0-1000cA

3.3.3 Envío de alarma de estado de lámparas.

La señal ya escalada a unidades de ingeniería (corriente en cA), se comparará con los valores calculados para así determinar el número de luminarias encendidas. Trabajamos comparando el valor de la señal escalada con el rango ya establecido para cada uno de los casos (número de lámparas encendidas), si el valor comparado se encuentra dentro del rango de valores establecido por lámpara, se enviará un mensaje al operador indicando las luminarias fuera de servicio y el amperaje medido para el momento. El sistema de alarmas se programó para estar en funcionamiento siempre que algún comando indique la activación de las lámparas.

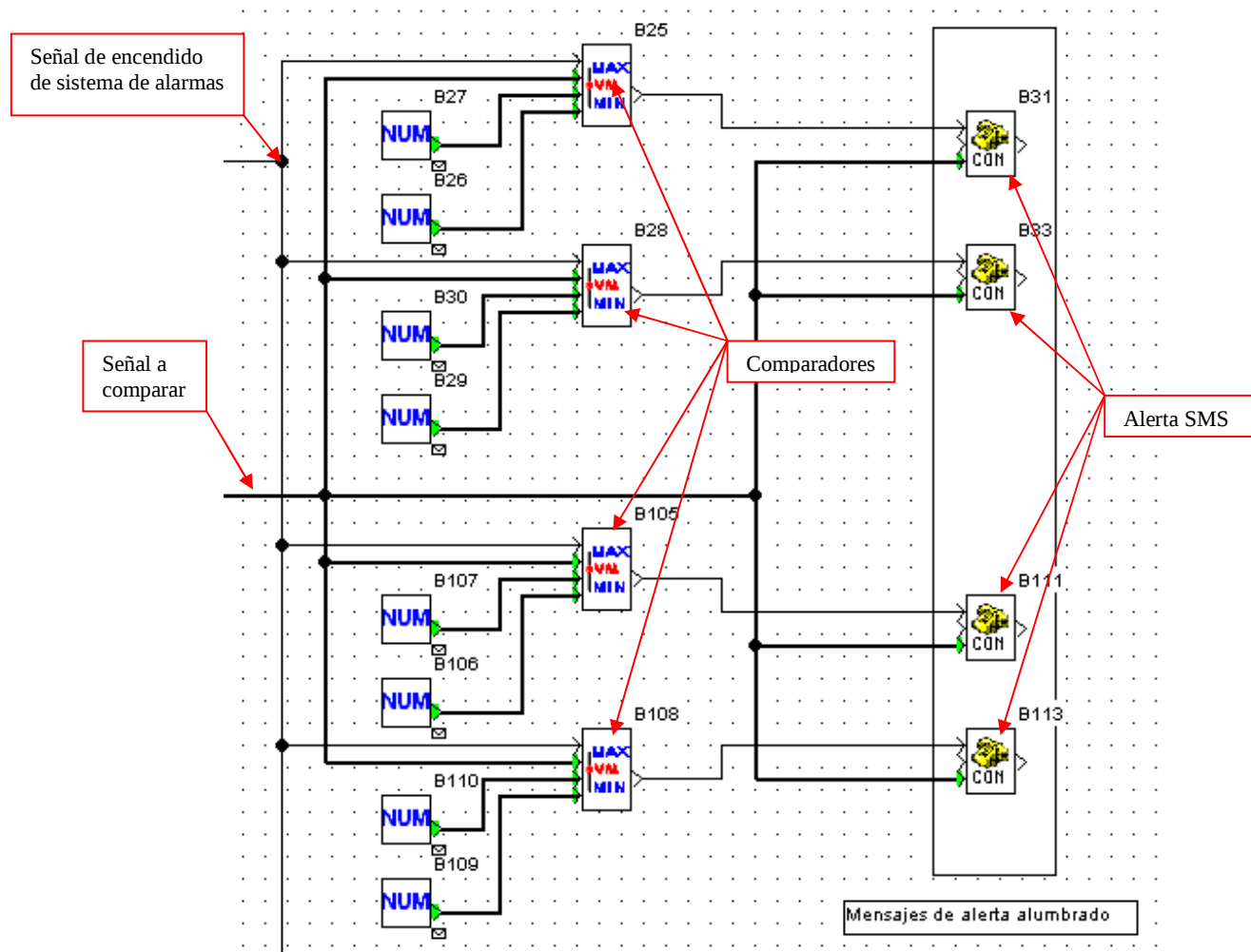


Figura 3.3: Comparador de señal y envío de estado de luminarias en falla

3.3.4 Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico.

Para la supervisión del estado del sensor fotoeléctrico se comparará el estado de éste a la hora en la que debería encontrarse en funcionamiento con un valor igual al que debería tener la señal y en caso de presentarse alguna falla se reportará el estado al operador mediante un mensaje de texto.

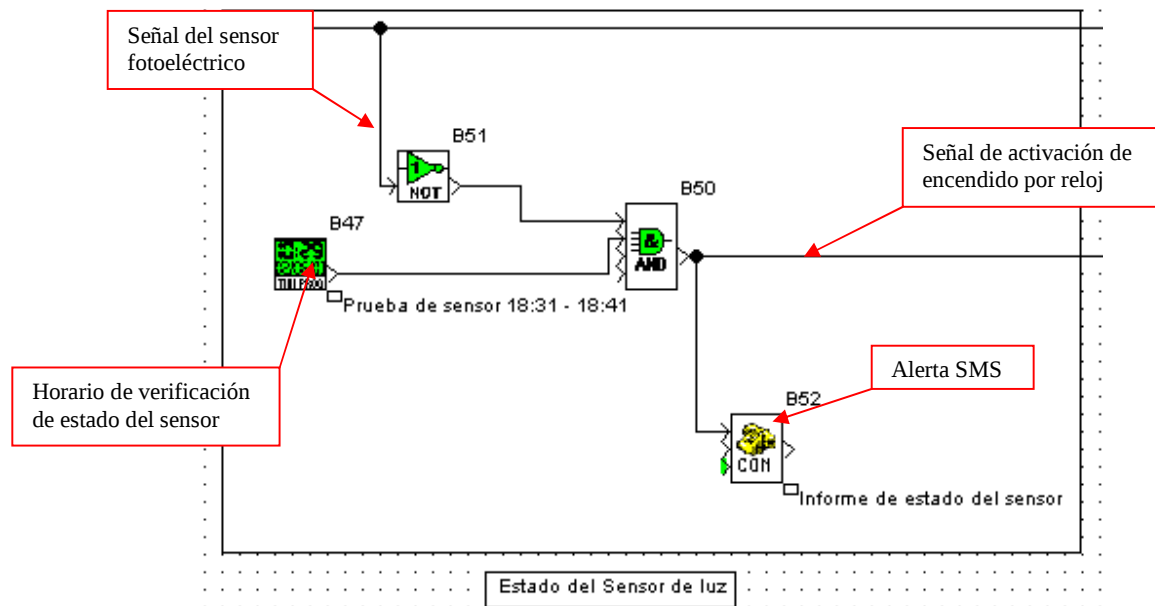


Figura 3.4: Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico

3.3.5 Reemplazo del sensor fotoeléctrico.

Al presentarse una falla en el sensor, el control de la iluminación se realiza por reloj siguiendo el horario programado en el PLC; el sistema envía una señal de alarma informando la falla del sensor y solicitando su reemplazo. Al ser reemplazado el sensor se debe activar para su correcto funcionamiento, dicha activación es posible realizarla según se programó de tres modos:

- ✓ Mediante un mensaje de texto con el comando “sensorreemplazado=1” siguiendo el protocolo establecido para el envío de mensajes.
- ✓ Pulsando la tecla de control Z1.
- ✓ Automáticamente a las 6:31 se programó la revisión para el posible cambio de sensor.

A partir del reconocimiento del sensor, este será el encargado del encendido y apagado de las lámparas.

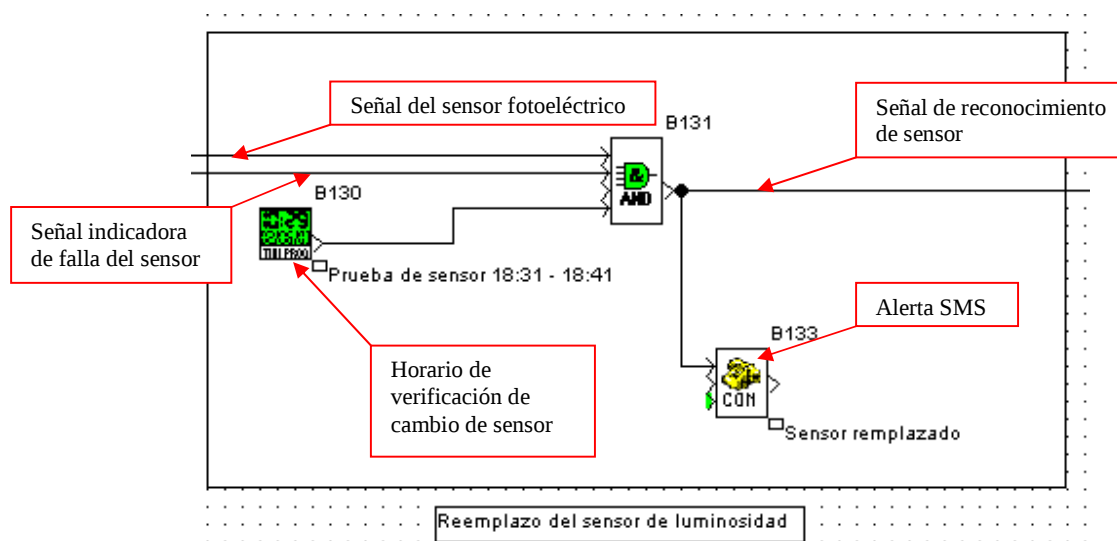


Figura 3.5: Reemplazo automático del sensor fotoeléctrico

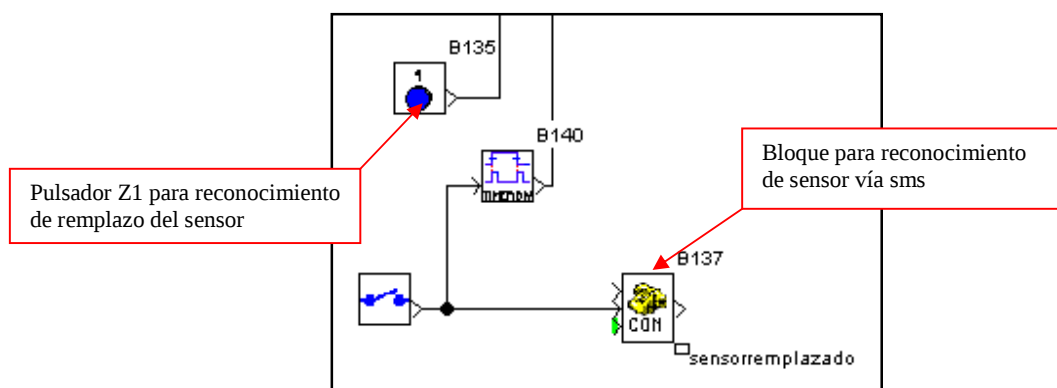


Figura 3.6: Reemplazo automático del sensor fotoeléctrico

3.3.6 Encendido de respaldo en caso de fallo del sensor fotoeléctrico.

En caso de fallo del sensor fotoeléctrico las luces son controladas mediante un temporizador, encendiéndolas y apagándolas a la hora programada. La señal activa

una alarma indicando que las luces han sido encendidas de manera automática por el PLC.

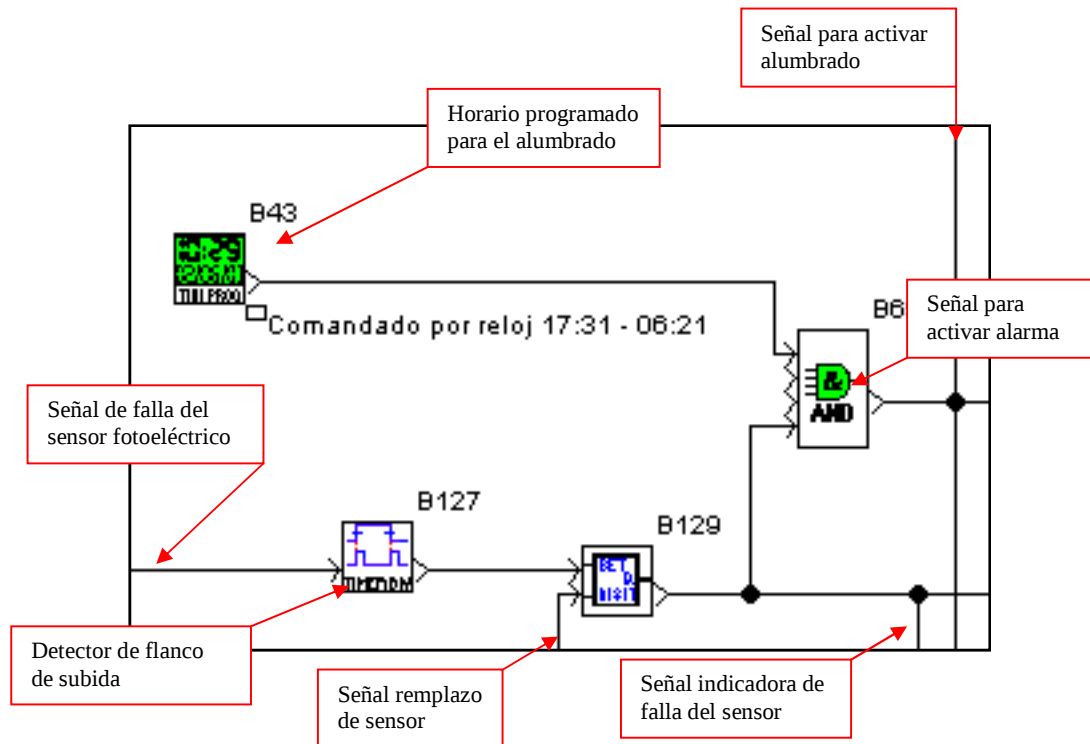


Figura 3.7: Supervisión de estado del sensor fotoeléctrico

3.3.7 Apagado de alumbrado desde un equipo celular.

En caso ser necesario apagar el sistema de alumbrado durante las horas de trabajo (generalmente en horas nocturnas), es posible desde un equipo celular mediante el envío de un mensaje de texto con el comando “apagardenoche” y siguiendo el protocolo de comunicación para el envío de comandos al módulo Fastrack de comunicación GSM.

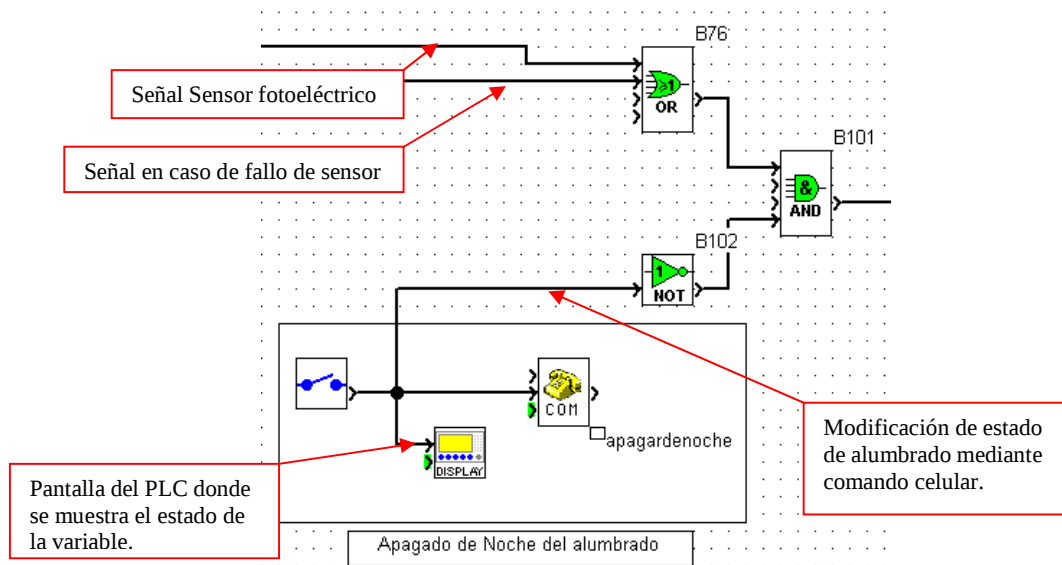


Figura 3.8: Apagado del alumbrado desde un equipo celular

3.3.8 Prueba del sistema de alumbrado desde un equipo celular.

En caso de ser solicitado por el operador es posible realizar el encendido y apagado de las luces durante el día desde un equipo celular mediante el envío de un mensaje de texto con el comando “pruebadedia” y siguiendo el protocolo de comunicación para el envío de comandos al módulo Fastrack de comunicación GSM.

Para el encendido de las lámparas el comando será “pruebadedia=1” y para el apagado “pruebadedia=0”.

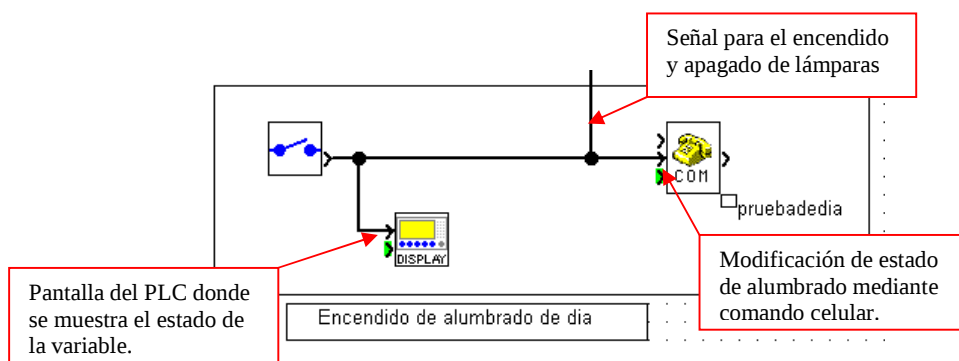


Figura 3.9: Prueba del sistema de alumbrado desde un equipo celular

3.3.9 Revisión de funcionamiento de las luminarias.

El sistema de supervisión de funcionamiento de las luminarias se activa con cualquiera de las señales de encendido y se encarga de comparar el valor de la señal de entrada con un valor preestablecido en la programación (80 cA) y envía un mensaje de texto indicando que las lámparas se encuentran apagadas si el valor de la corriente se encuentra por debajo de este.

Se ha colocado un temporizador a retardo en la conexión, programado con 3 seg, dado que el sensor fotoeléctrico utilizado presenta un retraso al encendido de ese tiempo y se hace necesaria su presencia para evitar un falso mensaje de falla de luces.

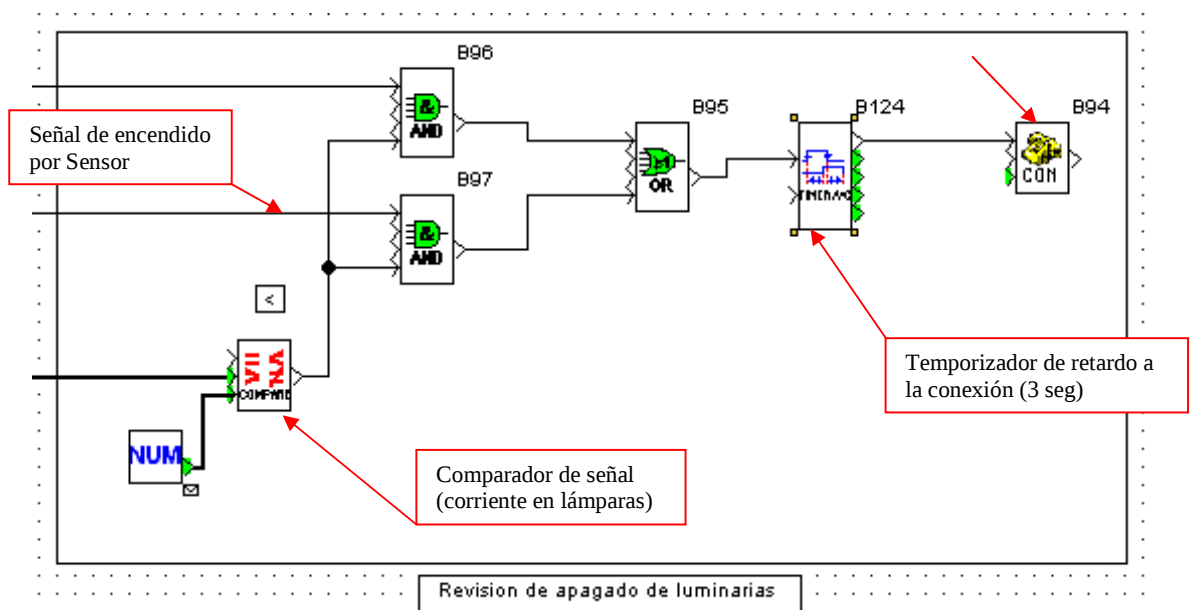


Figura 3.10: Revisión de funcionamiento de luminarias

3.4 COMANDOS DE CONTROL Y VARIABLES DEL SISTEMA INSTALADO

Los comandos de control se utilizan para leer/modificar parámetros de configuración del módulo lógico de la estación remota, así como para controlar su estado.

Para poder utilizar los comandos de control, es necesario estar incluido en la lista de destinatarios autorizados a efectuar comandos de control. En la tabla siguiente se describen los comandos de control que pueden utilizarse, así como su sintaxis:

Tabla N° 3. 1: Comandos de control

Comando:	Finalidad
Date=YYMMDD	Modificar la fecha del módulo lógico (YY: año de 02 a 99, MM: mes de 01 a 12, DD: día de 01 a 31).
Date?	Solicitar la fecha del módulo lógico.
Drift=XXX	Modificar la desviación semanal del reloj del módulo lógico (en segundos por semanas, comprendida entre – 31 y + 31, signo obligatorio).
Drift?	Solicitar la desviación semanal del reloj del módulo lógico (en segundos por semanas).
Hour=HHMM	Modificar la hora del módulo lógico (HH: hora de 00 a 23, MM: minutos de 00 a 59).
Hour?	Solicitar la hora del módulo lógico.
PROG?	Solicitar el nombre y la versión del programa.
STATE=RUN	Establecer el módulo lógico de la estación remota en estado Run.
STATE=STOP	Establecer el módulo lógico de la estación remota en estado Stop.
STATE?	Solicitar el estado del módulo lógico de la estación remota.
SW=MMS	Modificar la fecha del cambio de horario de verano/invierno (MM: mes de 01 a 12 y S: n.º de domingo de 1 a 5).
SW?	Solicitar la fecha del cambio de horario de verano/invierno.
WS=MMS	Modificar la fecha del cambio de horario de verano/invierno (n.º de mes comprendido entre 01 y 12 y n.º de domingo comprendido entre 1 y 5).
WS?	Solicitar la fecha del cambio de horario de invierno/verano.

Las variables descritas a continuación son de tipo modificable para control sobre las lámparas:

Tabla N° 3. 2: Variables de control de iluminación

Variable :	Finalidad:
pruebadedia	Encender las lámparas mediante un mensaje de texto fuera de las horas de trabajo, "pruebadedia=1" comando de encendido (luces encendidas), "pruebadedia=0" comando de apagado (luces apagadas).
apagardenoche	Apagar las lámparas durante el funcionamiento normal (en horas de la noche) mediante un comando "apagardenoche", "apagardenoche=1" comando de apagado de luces (luces apagadas), "apagardenoche=0" comando de encendido (luces encendidas).
sensorreemplazado	Indica que al sistema que el sensor se ha reemplazado para que tome el control de las lámparas, "sensorreemplazado=1" indica que el sensor ya ha sido reemplazado, "sensorreemplazado=0" para devolver la variable sensor a su estado original.

3.5 PRUEBAS DEL SISTEMA

Las pruebas del sistema se realizaron desde un equipo celular modelo Nokia 6300, conectado a un computador mediante el software PC Suite Nokia (versión 8.85.12.0) para facilitar el reporte de los resultados obtenidos.

Al equipo Fastrack se le colocó un SIM de la operadora Digitel GSM número +58412-8053017 y al PLC se le llamó Zelio, éste será el remitente de los reportes mediante mensajes de texto. El código asignado para la modificación de variables es "12345678".

Todas las pruebas fueron realizadas sobre el banco de prueba construido previa simulación en el software Zelio Soft.

Las pruebas realizadas son las siguientes:

- ✓ Se encendieron y apagaron las luces durante el día mediante el comando “pruebadedia” siguiendo el protocolo de envío de comandos de control.
- ✓ Durante el horario de encendido de las lámparas se simuló la falla de 1, 2, 3 e incluso 4 bombillos simultáneamente.
- ✓ Se colocó el sistema a trabajar a espera del encendido de luces por el sensor fotoeléctrico.
- ✓ Durante el horario de encendido de luces por el sensor fotoeléctrico se simuló una falla en el sensor.
- ✓ En horas de la noche se apagaron y encendieron las lámparas mediante el comando “apagardenoche” siguiendo el protocolo de envío de comandos de control.
- ✓ Se realizaron pruebas con otras operadoras (movilnet y movistar) para la recepción de alarmas y envío de comandos de control.
- ✓ Se midieron tiempos de respuesta para los mensajes desde cada una de las operadoras utilizadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

RESULTADOS

Al sistema de iluminación se le realizaron una serie de pruebas, con el objeto de verificar su funcionamiento con el PLC y la comunicación celular, las pruebas se realizaron en el banco de prueba construido.

Los resultados alcanzados se explicarán partiendo de los mensajes de alarma obtenidos, con su correspondiente explicación narrativa.

Se representarán los resultados en 6 partes esenciales:

Parte 1. Encendido de lámparas bajo el comando “pruebadedia” y alarmas por falla en alguna lámpara durante el encendido ó en funcionamiento.

Parte 2. Alarmas por falla de 1, 2, 3 e incluso 4 bombillos simultáneamente.

Parte 3. Encendido por sensor fotoeléctrico.

Parte 4. Mensaje de falla en el sensor.

Parte 5. Uso del comando “apagardenoche” para control de lámparas.

Parte 6. Pruebas realizadas a otras operadoras (movilnet y movistar)

Parte 1. Encendido de lámparas bajo el comando “pruebadedia” y alarmas por falla en alguna lámpara durante el encendido ó en funcionamiento

Las luces se comandaron en este caso mediante mensajes de texto enviados por el operador siguiendo el protocolo para la modificación de variables. La variable a modificar es “pruebadedia”. El procedimiento a seguido se describe a continuación:

- ✓ Se envió un mensaje de texto desde el equipo celular al PLC con el comando pruebadedia=1

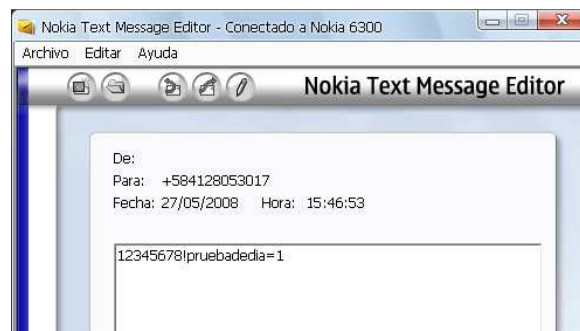


Figura 4. 1: Mensaje enviado para encendido de lámparas

- ✓ El PLC envió un mensaje de confirmación indicando que la variable “pruebadedia” tiene ahora un estado de encendido (pruebadedia=1).

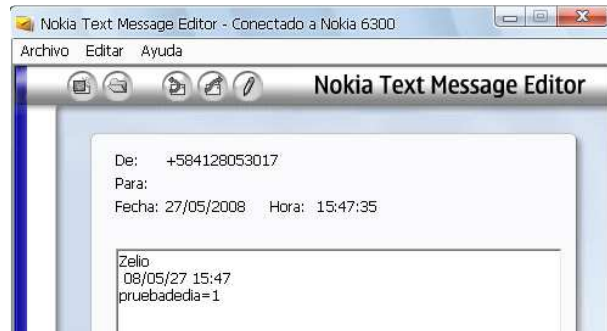


Figura 4.2: Mensaje confirmación encendido de lámparas

- ✓ El sistema luego de enviar la confirmación del estado de la variable, envió el estado de las lámparas, indicando cuantas se encontraban fuera de funcionamiento, junto con la medición de la corriente en el sistema de alumbrado.



Figura 4.3: Reporte de lámparas encendidas

- ✓ Para apagar el sistema se envió un nuevo mensaje modificando el estado de la variable “pruebadedia” (pruebadedia=0).



Figura 4.4: Mensaje enviado para apagado de lámparas

- ✓ El PLC envió un mensaje de confirmación indicando que la variable “pruebadedia” tenía un valor de “0” (apagado).

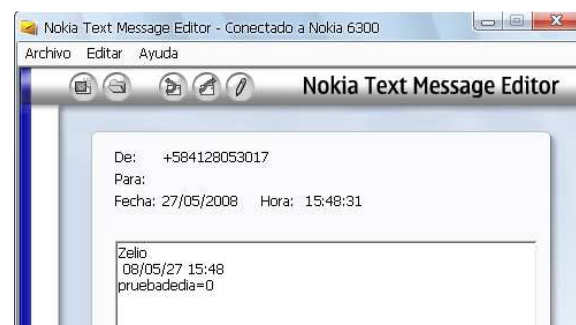


Figura 4.5: Mensaje confirmación apagado de lámparas

Parte 2. Alarmas por falla de 1, 2, 3 e incluso 4 bombillos simultáneamente.

El sistema durante el encendido de las lámparas se encuentra monitoreando el estado del alumbrado, si alguna de la lámparas sale de funcionamiento el sistema se encarga de enviar un mensaje de texto indicando cuantas lámparas están fuera de funcionamiento y la corriente medida para este instante.

En el banco de prueba trabajamos con un total de 4 lámparas y para probar su funcionamiento se encendieron mediante un mensaje de texto siguiendo el procedimiento ya explicado previamente, luego se apagaron una a una las lámparas de forma progresiva, obteniendo los siguientes reportes:

- ✓ Al apagar la primera lámpara



Figura 4.6: Mensaje recibido al apagar una lámpara

- ✓ Al apagar la segunda lámpara



Figura 4.7: Mensaje recibido al apagar dos lámparas

- ✓ Al apagar la tercera lámpara



Figura 4.8: Mensaje recibido al apagar tres lámparas

- ✓ Al apagar la cuarta lámpara



Figura 4.9: Mensaje recibido al apagar las cuatro lámparas

Parte 3. Encendido por sensor fotoeléctrico.

El sensor permite el paso de corriente alimentando un relé de bobina 110v ac, el relé al cerrar sus contactos energiza una entrada digital del PLC, el cual enciende las luminarias.

Al encenderse las lámparas se recibió un reporte del estado de ellas, indicando su funcionamiento o al simularse una falla el número de lámparas fuera de servicio; en el mensaje se reportó de igual forma la medición de la corriente en el sistema como se muestra a continuación:



Figura 4.10: Mensaje recibido al encenderse las lámparas mediante el sensor fotoeléctrico

Al simularse una falla en una de las lámparas el mensaje recibido fue el siguiente:



Figura 4.11: Mensaje recibido al encenderse las lámparas al estar una fuera de servicio

Gracias al sensor fotoeléctrico el sistema cuenta con la utilidad de encenderse en casos de poca iluminación, días de lluvia ó niebla, donde se requiere luz artificial y no puede ser controlado por la hora de funcionamiento dado que son procesos aislados.

Parte 4. Mensaje de falla en el sensor.

El sensor fotoeléctrico es supervisado por el PLC, verificando este funcionando durante un horario establecido (6:31pm - 5:29am) y en caso contrario se debe recibir un mensaje de texto indicando que el sensor ha fallado.



Figura 4.12: Mensaje recibido indicando la falla del sensor

El sistema se encuentra monitoreando permanentemente el sensor de luminosidad y en caso de falla el PLC es capaz de encender las lámparas ó si la falla se ha producido durante horas de la noche, el PLC es capaz de restaurar la iluminación e informar al operador que las luces se encuentran encendidas por reloj (un fallo en el sensor).

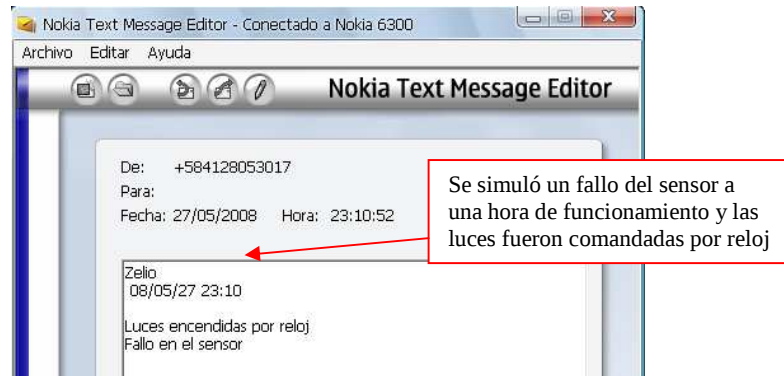


Figura 4.13: Mensaje recibido indicando encendido por reloj y falla del sensor

La programación de la hora de encendido, fue necesario realizarla en base a la hora crítica del año, ya que el Zelio no dispone del manejo de registros dentro del utilizado para realizar la programación de la hora de encendido y apagado según el día en curso.

Parte 5. Uso del comando “apagardenoche” para control de lámparas.

Es posible en caso de necesitarlo apagar las luces durante horas de la noche, donde se encontrarán encendidas sea por la acción del sensor de luminosidad, ó por el reloj del PLC. La manera de apagarlas es mediante el envío de un mensaje de texto con el comando “apagardenoche”. El procedimiento a seguido se describe a continuación:

- ✓ Se envió un mensaje de texto desde el equipo celular al PLC con el comando apagardenoche=1



Figura 4.14: Mensaje enviado para el apagado de lámparas

- ✓ El PLC envió un mensaje de confirmación indicando que la variable “apagardenoche” tiene ahora un estado de encendido (apagardenoche=1).



Figura 4.15: Mensaje confirmación apagado de lámparas

Al apagarse las luces el PLC informa que las luces han sido apagadas mediante un mensaje de texto, siendo posible encenderlas nuevamente enviando el comando “apagardenoche=0”, bajo el mismo procedimiento ya planteado.

Parte 6. Pruebas realizadas a otras operadoras (movilnet y movistar)

Se realizaron pruebas de envío de comandos de control y recepción de mensajes de alarmas desde equipos movistar y movilnet, consiguiendo normal comunicación pudiendo controlar y supervisar las lámparas desde éstos equipos celulares.

El tiempo de respuesta para el reporte de falla y cambio de valores en las variables vía mensajes de texto, varió de acuerdo a su capacidad de conexión con las celdas de las distintas operadoras y el congestionamiento de las redes, por lo cual el sistema no es apto para aplicaciones donde se requiera visualización y toma de acciones en tiempo real sobre variables.

Se colocó un sim GSM de la operadora movistar en el equipo Fastrack y se configuró para verificar su funcionamiento con ésta operadora. El fastrack no logró comunicación con la red, por lo que podemos concluir que el equipo únicamente trabaja con la operadora digitel, entre las operadoras comerciales en Venezuela.

Cabe destacar que el número de ramas de alumbrado a controlar desde un PLC, depende directamente del número de salidas de este; ya que cada rama es posible conectarla a una salida independiente controlando todo el proceso desde un mismo PLC.

CONCLUSIONES

- ✓ La lógica de control realizada en el programa Zelio soft 2 para el sistema de control funcionó bajo los parámetros establecidos.
- ✓ El PLC utilizado no presentó las características requeridas para cumplir con la programación de la hora de encendido.
- ✓ El sistema no es apto para aplicaciones donde se requiera visualización y toma de acciones en tiempo real sobre variables.
- ✓ Los informes de confirmación fueron exitosos de acuerdo a la modificación del estado de las lámparas, fallas en luminarias y funcionamiento del sensor fotoeléctrico.
- ✓ La puesta en funcionamiento del nuevo sistema de iluminación planteado originará ahorros considerables, dado que el tiempo de encendido de las luminarias estaría restringido a las horas de poca iluminación (contando con un sistema de respaldo en caso de falla del sensor de luminosidad).
- ✓ El sistema cuenta con la utilidad de encenderse en casos de poca iluminación, días de lluvia ó niebla.
- ✓ El sistema presentó completa compatibilidad de respuesta con las telefonías del mercado venezolano, siendo posible el control de variables desde cualquier equipo celular.
- ✓ El equipo Fastrack trabajó únicamente bajo la red GSM de la operadora Digitel y presento problemas de comunicación al ser programada con la red GSM de la operadora Movistar.

- ✓ El protocolo de comunicación empleado para la supervisión y control presenta una gran versatilidad, ya que su código puede ser editado desde un computador convencional pudiendo incorporarse al control de muchas otras aplicaciones, como lo son control de temperatura, presión y arranque de motores entre otras.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la utilización de un PLC con manejo de registros, teniendo la posibilidad de agregar un valor distinto por día, para la hora de encendido y apagado. Acercándose de ésta manera más a la realidad en cuanto a iluminación y en caso de falla del sensor comandar bajo éstos valores.
- ✓ Colocar un sensor de respaldo activado por una de las salidas del PLC y en caso de falla del primer sensor comandar las luces desde el de respaldo hasta el remplazo del dispositivo dañado.
- ✓ Dado que el PLC acepta un máximo de 28 bloques de mensaje es necesario considerar la opción de otro modelo de PLC para aplicaciones más complejas

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Harper, E. (2007). *Manual del instalador electricista*. Mexico: LIMUSA.
 - ✓ Magnetics, C. (1998). <http://www.crmagnetics.com/spanish/cr4310.html>.
Obtenido de Transductor de precisión, de corriente CA a voltaje CD.
 - ✓ NK TECHNOLOGIES. (2006). AT Series.
 - ✓ NK TEGNOLOGIES. (2006). Instruction.
 - ✓ Ramón, Piedrafita. (2004). *Ingenieria de la Automatizacion Industrial*. Madrid: Alfaomega.
 - ✓ S. Da'na, A. S.-A.-A. (2007). Development of a monitoring and control platform for PLC-based applications. United Arab Emirates.
 - ✓ Schneider Electric. (2004). Phaseo Power Supplies ABL7.
 - ✓ Schneider Electric. (2006). Quick start. *SR2 COM01* .
 - ✓ Schneider Electric. (2005). Technical Data Sheet. *SR2COM01* .
 - ✓ Schneider Electric. (2006). Utilización cable USB Windows XP. *SR2USB01*.
 - ✓ Schneider Electrics. (2005). Ayuda de utilización del documento de funcionamiento. *Zelio Logic 2 interfaz de comunicacion* .
 - ✓ Shneider Electric. (2006). Smart Relay. *Zelio Logic* .
 - ✓ Shneider Electrics. (2006). manual del usuario. *Zelio Logic 2 Modulo logico* .
 - ✓ Wavecom. (2006). User Guide. *Fastrack M1306B* .
- Wavecom. (2006). Wireless Solution for Everyone.