

# Diseño e Implementación De Un Módulo Prototipo Para Pantallas Gigantes Tipo LED.

Gabriela Jácome, David Montenegro  
Departamento de Eléctrica y Electrónica de la  
Escuela Politécnica del Ejército  
Quito, Ecuador

**RESUMEN.-** *En el presente proyecto se diseñó e implementó un módulo prototipo para pantallas gigantes tipo LED, conformado por las etapas de alimentación, protección, reguladores de voltaje, controlador, drivers PWM, interface de potencia, pantalla LED.*

*En la primera etapa, se alimenta a todos los dispositivos eléctricos y electrónicos que contiene este prototipo, utilizando una fuente, con las siguientes características eléctricas: voltaje de salida 12V, corriente de salida 4A. El circuito de protecciones consta de un fusible para proteger las líneas de alimentación del sistema en caso de un corto circuito o una sobrecarga. Los reguladores de voltaje son los que se encargan de obtener las tensiones correspondientes a los voltajes de control, lógica TTL y para alimentar a los LEDS RGB según su color.*

*El controlador realiza la comunicación serial con JAVA, controla los drivers PWM y se encarga de la multiplexación de la pantalla. Los drivers PWM son los que se encargan de realizar el control de brillo y corrección de punto de los LEDS. La siguiente etapa es una interface de potencia que se encuentra entre el microcontrolador y las filas multiplexadas de la pantalla LED ya que estas requieren de un consumo de corriente elevado.*

*La pantalla LED es un arreglo matricial para poder implementar la multiplexación de filas activando una sola a la vez. Toda una fila de LEDS comparten la alimentación de voltaje de cada color; proveniente de la etapa de potencia. Para establecer los colores de los LEDS, es decir, las señales PWM de cada columna de la pantalla están interconectadas entre sí y conectadas a un pin del driver TLC.*

## I. INTRODUCCION

Gracias al avance tecnológico de las pantallas a color, ahora contamos con pantallas electrónicas tipo LED. Las mismas que han evolucionado con el objetivo de ofrecer mayores prestaciones como son

una gran brillantez, mejores niveles de contraste y resolución lo que nos ofrece una calidad única, además que consumen menos energía, es menos nociva con el medio ambiente y su vida útil es mayor.

En el Ecuador todavía no existen empresas dedicadas a la fabricación de Pantallas LED gigantes para exteriores, obligando la importación de estas pantallas tipo LED provenientes de otros países.

La estructura de este tipo de pantallas es modular, lo que permite construir pantallas de diferentes dimensiones y agiliza el montaje de la misma. Para la implementación de una pantalla comercial se unen hasta dieciséis gabinetes que son estructuras donde se montan varios módulos pequeños cada uno con su propio controlador y en comunicación entre sí. El ahorro energético es una ventaja en la implementación de estas pantallas por el mismo hecho de estar construidas con diodos LED que presentan dichas características de ahorro energético.

En los próximos años se espera un proceso de evolución que permita a través de este proyecto la creación de pantallas en el País, ya que la nueva tecnología LED es algo innovador para las pantallas gigantes, que se utilizan en publicidad debido a que los medios de comunicación tradicionales ya no representan una novedad, mientras que la publicidad visual de este tipo es más efectiva.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

Las pantallas son habitualmente utilizadas en televisores, monitores para los ordenadores, cámaras fotográficas e incluso a gran escala como son las pantallas gigantes. El color en las pantallas ha ido evolucionando, lo que da como resultado que se puede crear imágenes más nítidas e inimaginables, como se muestra en la Figura 1. Pero para que las imágenes presentadas en las pantallas tengan esa perfección deseada se deben tomar en cuenta algunas características que son las siguientes: pixel, tamaño de

punto, ángulo de visión, luminancia, contraste y resolución. Todos estos parámetros antes mencionados serán descritos con mayor profundidad a continuación:



Figura 1. Pantalla Tipo LED.

**Pixel:**

El pixel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico [1], como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Pixeles en una Pantalla.

**Tamaño de punto:**

El tamaño de punto se lo conoce como el espacio que existe entre dos fósforos de un mismo color. Se debe tomar en cuenta que no siempre es el mismo valor de tamaño de punto en la distribución si medimos en vertical que en horizontal. Los puntos de color se pueden encontrar en diferentes disposiciones en la pantalla ya sean tipo de rejilla o mascara de sombra como se muestran en la Figura 3.

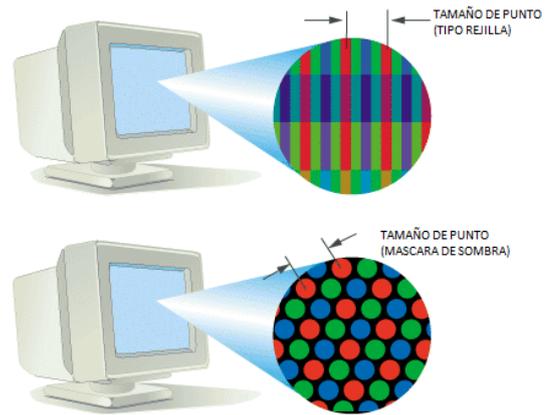


Figura 3. Tipos de Tamaño de Punto.

**Ángulo de Visión:**

El ángulo de visión en las pantallas que se ofrecen en el mercado son de 160 grados para pantallas LED con dispositivo de montaje superficial SMD “Surface Mounted Device” como se muestra en la Figura 4.

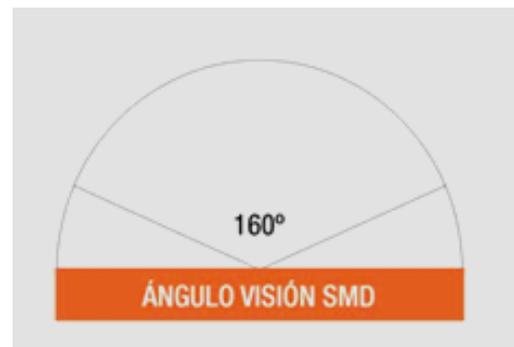


Figura 4. Angulo de Visión en Pantallas LED SMD.

**Luminancia:**

La luminancia es un factor directamente proporcional con el brillo de la imagen que se presenta en las pantallas, a través de la parte de blancos, negros y escala de grises, como se muestra en la Figura 5.

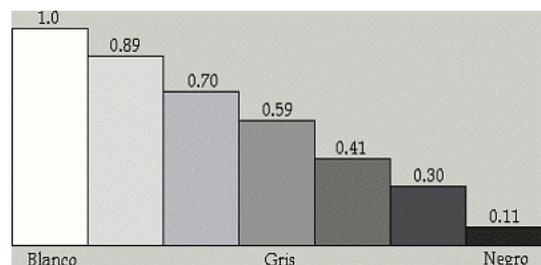


Figura 5. Escala de Luminancia.

Contraste:

Este parámetro de las pantallas es el resultado de la división de la intensidad lumínica del blanco por la del negro, como se muestra en la Figura 6.

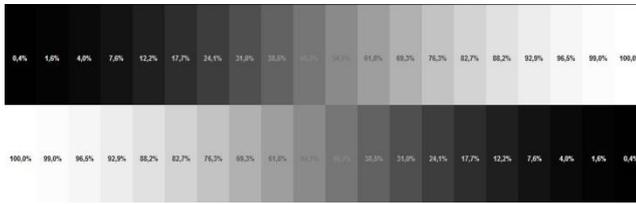


Figura 6. Niveles de Contraste.

Resolución de la Pantalla:

La resolución de la pantalla viene dado por el número de píxeles que está conformada la misma, tanto de ancho como de altura. Como se muestra en la Figura 7.

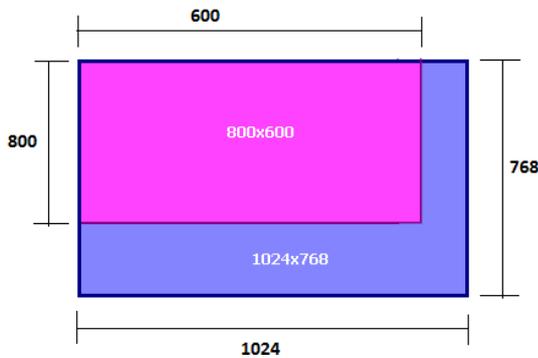


Figura 7. Resoluciones de Pantallas.

LEDS RGB:

Los LEDS RGB “Red, green, blue”, emiten tres colores diferentes rojo, verde y azul, que se los puede mezclar para crear una gran gama de colores, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. LED RGB.

Microcontroladores de 16 bits:

Los PIC con bus de datos inherente de 16 bits tienen las prestaciones anteriores de los PICs y añaden varias operaciones de procesamiento digital de señales, implementadas en hardware, como

multiplicación con suma de acumulador y además vienen provistos con una nueva tecnología de bajo consumo de corriente.

Driver TLC5951 PWM:

Tiene varios canales PWM, como se muestra en la Figura 9 y el control a través de un protocolo de comunicaciones rápido y robusto, además de precio y disponibilidad.

Los pines de entrada, salida de datos y de control PWM del TLC5951 tienen características eléctricas especiales, es decir, ayudan a disminuir posibles interferencias o en general ruido presente en estos pines, a demás de dar una protección de sobre voltajes y polaridad.

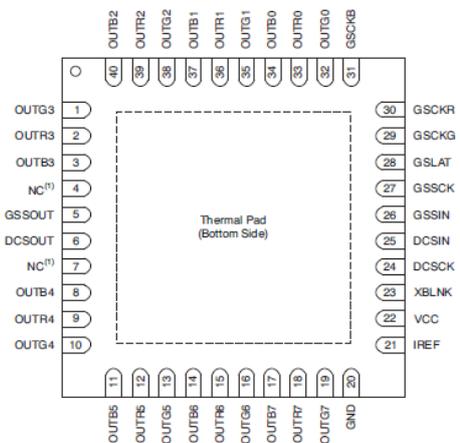


Figura 9. Configuración de pines.

Lenguaje De Programación Java:

Java es la primera plataforma informática creada por Sun Microsystems en 1995. Es la tecnología subyacente que permite el uso de programas punteros, como herramientas, juegos y aplicaciones de negocios. Java como lenguaje de programación es de fácil aprendizaje. Resulta relativamente sencillo escribir programas desde el principio.

### III. HARDWARE Y SOFTWARE

HARDWARE:

El hardware que compone el prototipo de pantalla LED está dividido en varias secciones que incluyen la fuente de alimentación, circuitos de protecciones, reguladores de voltaje, el controlador principal, drivers PWM, interfaz de potencia y el circuito de la pantalla que contiene el arreglo de LEDS.

Fuente de Alimentación:

En la Tabla 1 se describe las características de hardware necesarias que debe tener la fuente de

alimentación que se conecta al prototipo de pantalla LED.

Tabla 1. Características de la Fuente de Alimentación

FUENTE DE ALIMENTACIÓN	
Voltaje de Entrada	110-240 V
Corriente de Entrada	2.5 A
Frecuencia	50-60 Hz
Voltaje de Salida	12 V
Corriente de Salida	4 A

Circuito de Protecciones:

Existen muchos circuitos de protecciones que se pueden implementar a un circuito eléctrico, en este caso para el prototipo de pantalla LED se va a realizar el diseño de la protección contra cortocircuitos y contra sobrecargas. Los dispositivos que se utilizan para estas protecciones son fusibles que sirven tanto para cortocircuitos como sobrecargas, siempre y cuando la calibración sea la apropiada, para esto se realiza un estudio de la corriente consumida por los diferentes elementos que componen el hardware para conocer el límite de intensidad de corriente nominal y así poder diseñar la protección necesaria para el circuito, a continuación resumen los diferentes consumos en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo de Corriente de los dispositivos.

Dispositivo	Consumo [mA] por dispositivo	Cantidad de dispositivos	Total de Corriente [A]
Led RGB smd 5050	60	24	1.44
TLC5951	300	3	0.9
PIC24FJ64GA006	250	1	0.25
Dispositivos electrónicos varios	100	1	0.1
		Total	2.69

El dimensionamiento del fusible debe cumplir con la siguiente Expresión 1.

(1)

Donde:

Corriente nominal del sistema.

Corriente del Fusible.

Corriente máxima entregada por la fuente.

(2)

En la Expresión 2. se determina la corriente seleccionada para el fusible de protección es de 3A con lo que aseguramos el funcionamiento normal del sistema y a la vez protegemos a la fuente de poder en caso de un cortocircuito.

Reguladores de Voltaje:

El diseño de los reguladores de voltajes se lo realiza con la Ecuación 1.

$$I_{adj} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{R_{adj}} \quad (1)$$

La corriente de ajuste es una constante del dispositivo igual a:  
a 25 °C

Se despeja de la Ecuación 1.

$$R_{adj} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{I_{adj}} \quad (2)$$

En la Tabla 3 se presenta los valores de para los diferentes reguladores de voltajes, evaluados en la Ecuación 2.

Tabla 3. Valores de los Reguladores de Voltaje.

	Voltaje de Salida[V]	[ ]	[ ] Valor Calculado	[ ] Valor Comercial
Voltaje Control	3.3V	240	397.41	390
Voltaje LED RGB Rojo	2.1V	240		160
Voltaje LED RGB Verde	3.2V	240		360
Voltaje LED RGB Azul	3.2V	240		360

Microcontrolador:

El controlador que se va a utilizar para este diseño es el PIC24FJ64GA006 por sus prestaciones y características que se ajustan a las necesidades del proyecto.

Para la escritura y lectura del programa del microcontrolador se ha dispuesto de una pequeña interface ICSP compatible con grabadores universales que trabaja con señales TTL de 5V, y ya que el microcontrolador trabaja con señales de 3.3V, se realizó divisores de voltajes que aseguran el voltaje en las entradas del microcontrolador, como se muestra en la Figura 10.

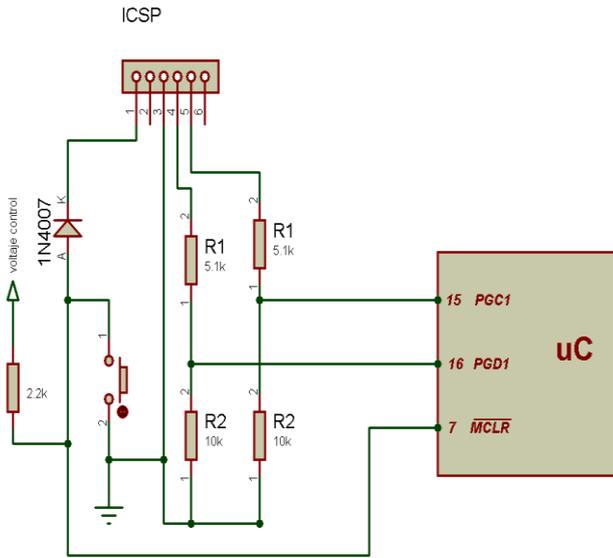


Figura 10. Interface ICSP.

#### Driver TLC 5951:

Los drivers TLC requieren de una señal de reloj externa para sincronizar todos los canales PWM para lo cual se tiene disponible dos opciones de señales de reloj seleccionables mediante un jumper que escoge una señal PWM del microcontrolador o una señal externa generada por un circuito digital basado en un cristal de cuarzo y compuerta NOT, como se muestra en la Figura 11.

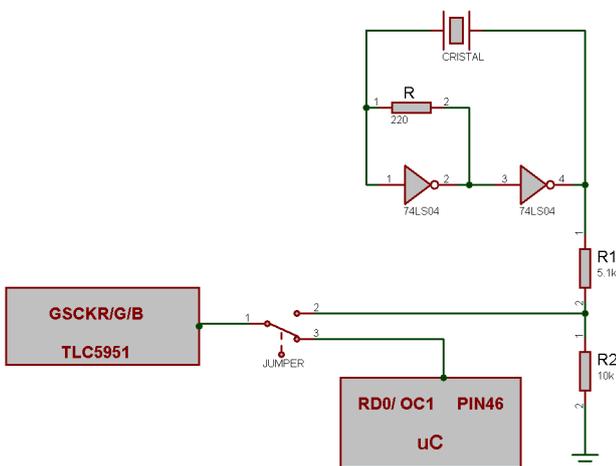


Figura 11. Selección de señal de reloj GSCKR/G/B.

#### Circuito de Potencia:

El circuito de potencia se basa en una interfaz para controlar la multiplexación de las filas de la pantalla, encendiendo todo una fila a la vez y durante un corto tiempo alrededor de un milisegundo. Se usará tres transistores por cada fila que serán los encargados de alimentar cada color, y al tener 24

LEDs por cada fila a un consumo de 20mA por color, se obtiene que cada transistor debe entregar hasta 480mA. Los transistores están conectados mediante optoacopladores para asegurar que la corriente de base no se vea limitada por la corriente máxima que puede entregar el microcontrolador como lo muestra la Figura 12.

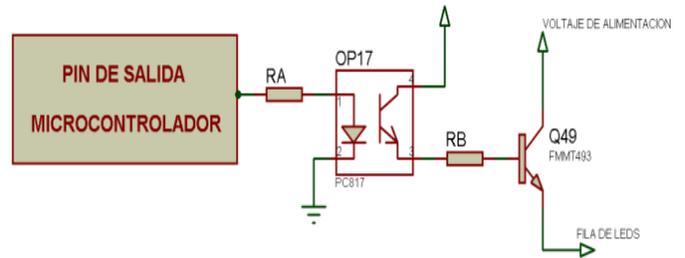


Figura 12. Interface de Potencia.

#### Comunicación RS-232:

La comunicación del prototipo de pantalla LED con la interface en JAVA se realiza mediante el protocolo de comunicaciones RS232 de 3 hilos (Rx, Tx, GND). Para el acoplamiento de señales entre el protocolo RS232 y el microcontrolador se usó el integrado MAX232 de Texas Instruments, que transforma los niveles de voltaje del protocolo RS232 a señales TTL y viceversa, como se muestra en la Figura 13.

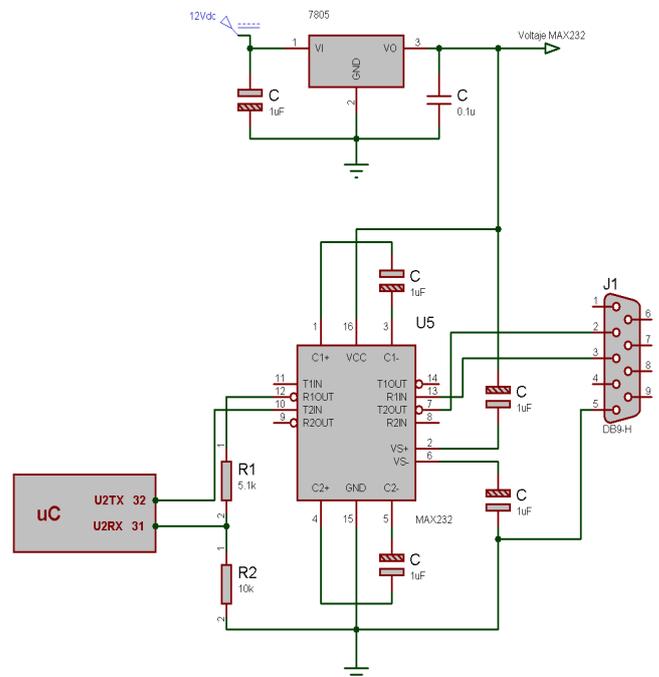


Figura 13. Acoplamiento de señales MAX232.

**SOFTWARE:**

El diseño del software del prototipo de pantalla LED está dividido en dos partes, primero el diseño del firmware del microcontrolador encargado de presentar la imagen en la pantalla, segundo el diseño de la interface en JAVA encargada de configurar la pantalla y de enviar la información de los datos a presentar.

**Rutina del programa del PIC:**

El microcontrolador se encarga de realizar varias tareas para la presentación final de los colores en la pantalla, para esto su firmware contiene la información de las secuencias que debe realizar mediante sus puertos de entrada y salida después de haber realizado su respectivo procesamiento, se muestra en la Figura 14 la rutina del programa del PIC.

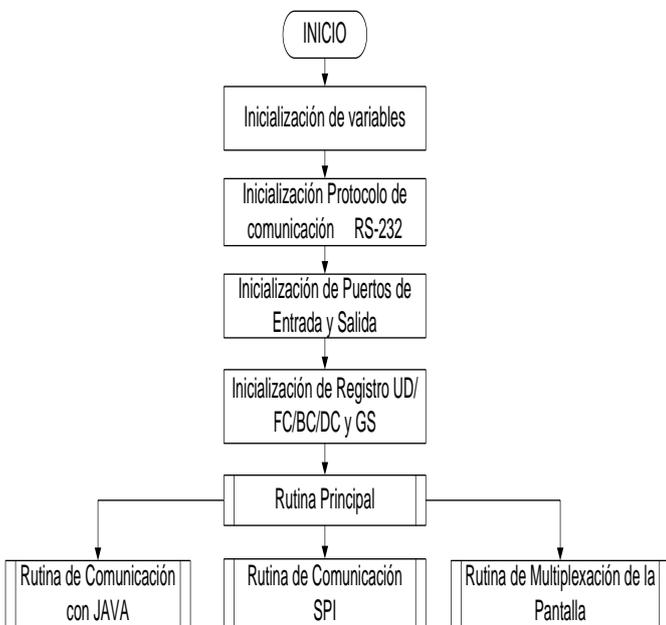


Figura 14. Diagrama de Flujo Rutina Principal.

**Rutina de comunicación SPI:**

La comunicación SPI es el intercambio de información digital entre el microcontrolador y los periféricos que en este caso son los TLC5951.

Los drivers TLC5951 poseen una memoria de datos DC/BC/FC/UD de 216 bits. Para configurar este registro se usa un puerto SPI dedicado en el microcontrolador y será usado en los casos que se desee cambiar el registro de control de los driver PWM.

El registro GS de igual manera se escribe por SPI, son 24 canales de 12 bits para configurar todos los canales PWM de salida, dando un total de 288 bits. De igual manera al recibir nuevos datos de la interface se ordenan y adjuntan a un vector que tienen

información de la escala de grises, como se muestra en la Figura 15.

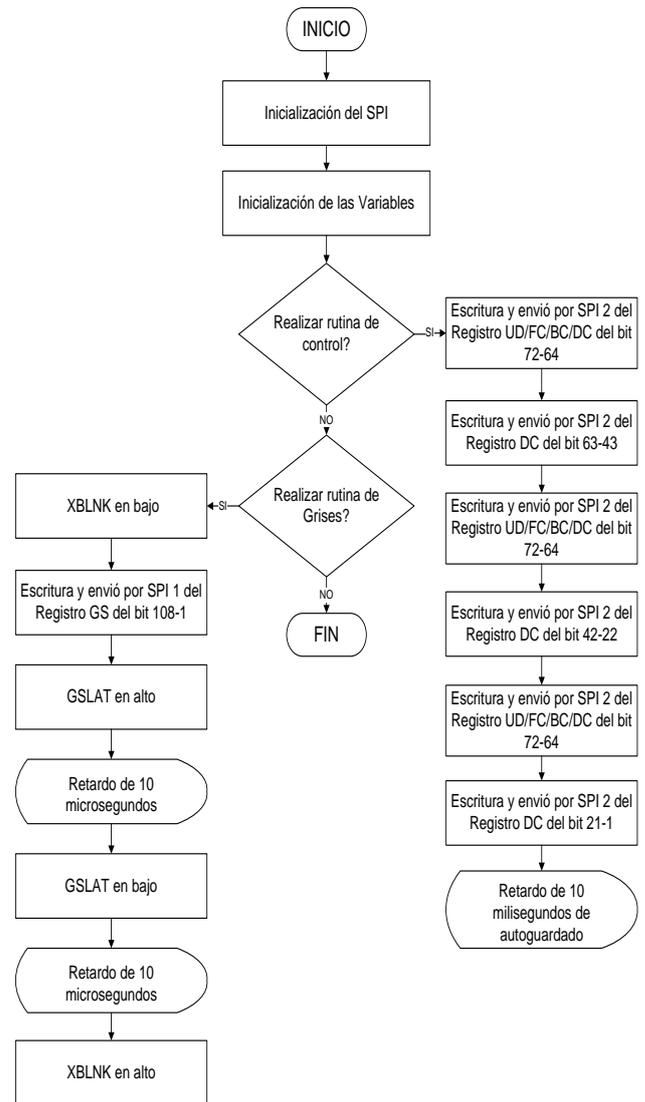


Figura 15. Rutina de Comunicación SPI.

**Rutina de Comunicación:**

LA comunicación RS-232 es bidireccional entre el microcontrolador y JAVA. Los parámetros de comunicación serial como son velocidad de transmisión, bits de datos, bit de parada y paridad, deben ser los mismos para el microcontrolador y el programa en JAVA para que la comunicación tenga éxito.

La comunicación con JAVA se realiza mediante comunicación serial RS-232, que envía y recibe bytes de información en forma serial.

La comunicación con el microcontrolador se realiza mediante comunicación serial RS-232, que envía y recibe bytes de información en forma serial. La interface cuenta con un menú de configuración de prueba de conexión, selección de puerto serial,

control de brillo, selección de canal PWM, tipo y periodo de multiplexación.

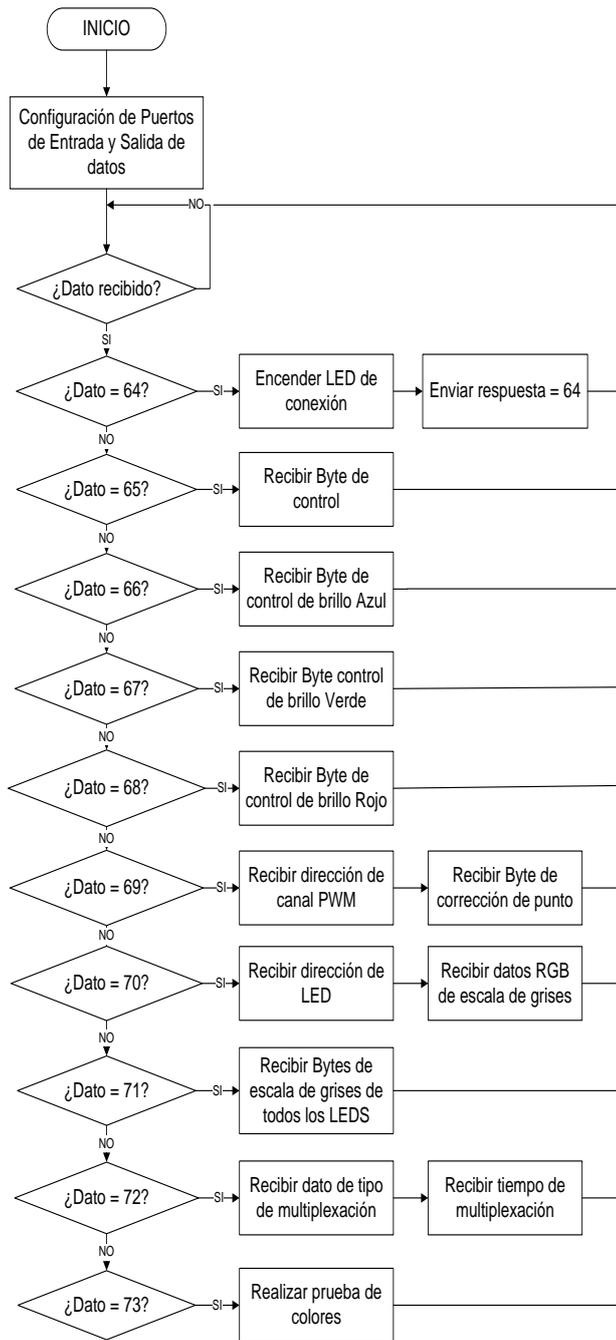


Figura 16. Rutina de Comunicación JAVA.

Rutina de multiplexación de la pantalla:

La multiplexación se la realiza para operar matrices de LEDS, ya que las líneas de control serian insuficientes si se manejara cada LED individualmente. Para este caso en particular se realizó la multiplexación de las filas, esto quiere decir que cada fila será energizada por un instante de tiempo, los LEDS deseados son encendidos de acuerdo a los datos que se quieran mostrar, para esto

se alimentan las columnas respectivas, como se muestra en la Figura 17.

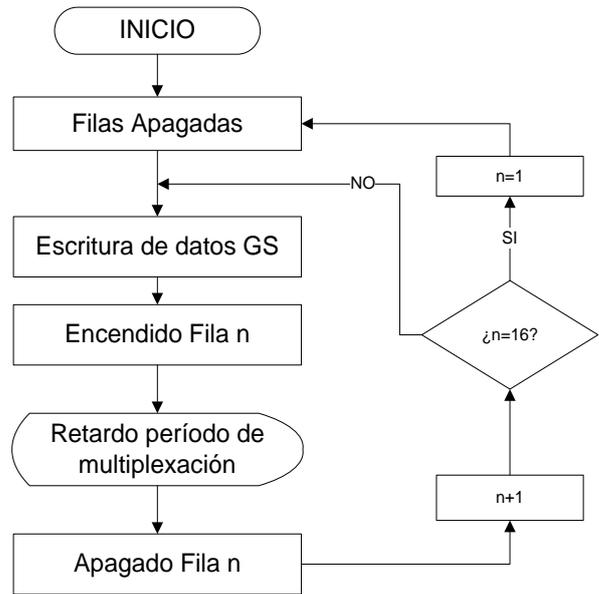


Figura 17. Rutina de Multiplexación.

Rutina de Interface en JAVA:

La interface en java se encarga de realizar las tareas de enviar y configurar los datos e información para presentar en la pantalla, para esto el lenguaje de programación que se utilizó es orientado a objetos, lo que permite realizar las secuencias requeridas con mayor facilidad para evitar procesamientos innecesarios al microcontrolador, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Algoritmo de Interfaz en Java

Rutina de Colores:

Para poder generar los colores que se enviaran a los LEDS, se ha realizado un algoritmo que genera una

paleta de colores basada en los colores primarios rojo, verde y azul y sus diferentes tonalidades de escala de grises, como se muestra en la Figura 19.

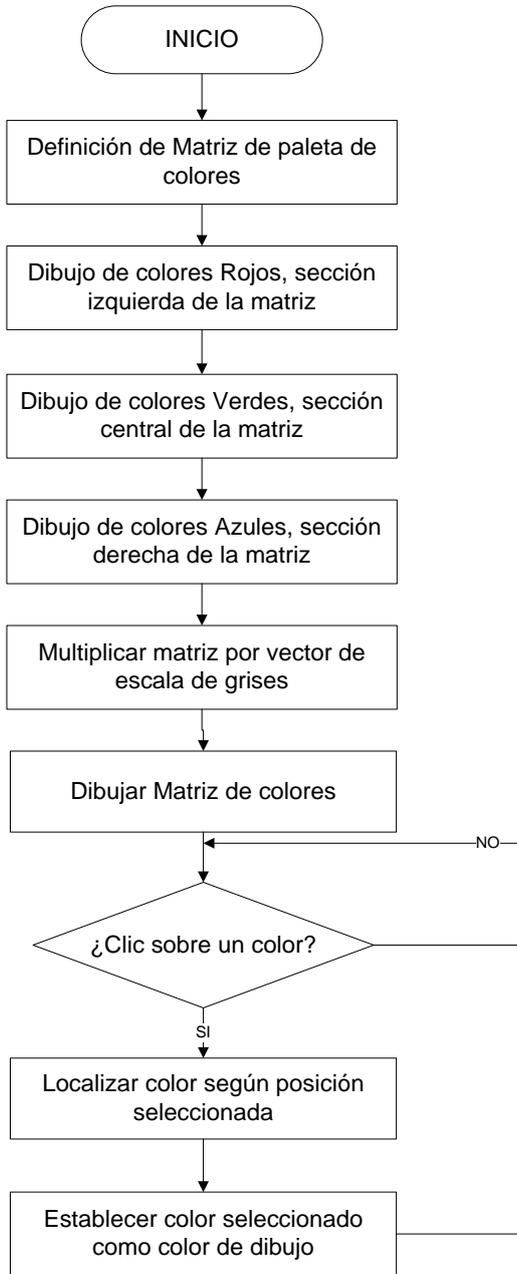


Figura 19. Algoritmo de Colores.

**Rutina de Dibujo:**

Para realizar pruebas de colores en la pantalla se tiene la posibilidad de dibujar cada pixel con diferentes colores, el dibujo se realiza seleccionando un color y pintando pixel a pixel la pantalla según como se desee, como se muestra en la Figura 20.

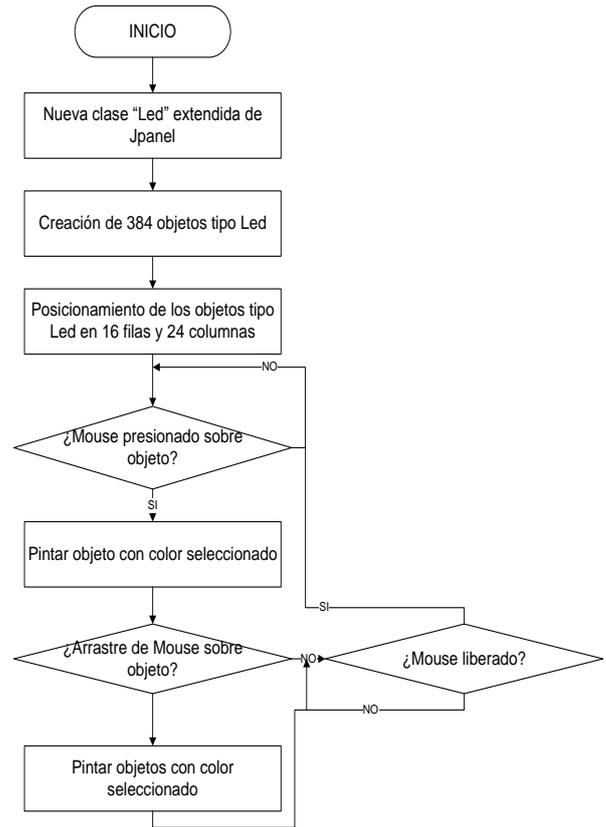


Figura 20. Algoritmo de Dibujo.

**Rutina de Importación de Imágenes:**

Para realizar la importación de Imágenes en la pantalla se debe seleccionar una imagen del disco duro, después se realiza el redimensionamiento para que pueda ser presentada en el panel de muestra y de zoom, la rutina se muestra en la Figura 21.

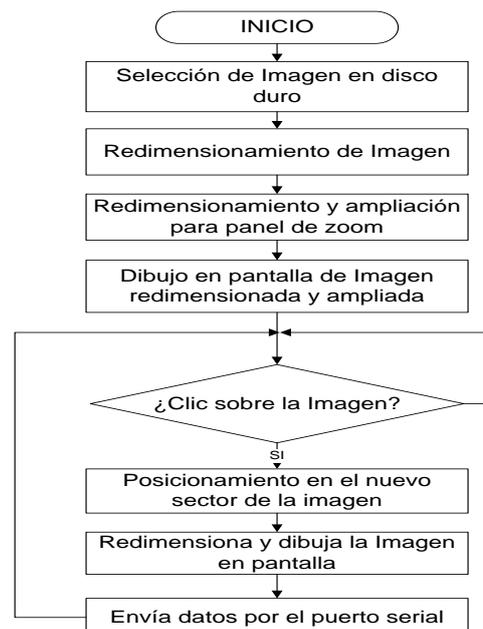


Figura 21. Algoritmo de Importación de Imágenes.

#### IV. CONCLUSIONES

Este proyecto ha permitido realizar la implementación de un módulo prototipo de pantalla tipo LED como base de una pantalla gigante. Los resultados obtenidos del análisis económico muestran la factibilidad de diseñar e implementar pantallas gigantes para exteriores tipo LED en el país ya que su costo por módulo prototipo es de 345,66 dólares que es competitivo en el mercado.

El diseño e implementación del módulo prototipo de pantalla tipo LED se constituye en una base para futuros proyectos, debido a que el campo de investigación y modificaciones para establecer otras técnicas en cuanto al control y la interface pueden contribuir a una mayor competitividad del sistema.

El controlador implementado ofrece un protocolo de comunicación rápido y robusto, que permiten controlar el arreglo de LEDs mediante los drivers PWM TLC5951 que son dispositivos que ofrecen la facilidad de varios canales PWM. Que se encuentran limitados por que necesita una fuente externa de reloj para generar el PWM en cada uno de sus canales.

La utilización de la Interfaz realizada en JAVA facilita la interacción persona-ordenador en cuanto al manejo de importación y dibujo de la imagen, además está diseñada para realizar las tareas de enviar y configurar los datos e información para presentar en la pantalla. Además que JAVA ofrece la gran ventaja de ser un software abierto que se adapta a las necesidades del proyecto.

Se logro implementar un módulo prototipo que está conformado por 384 LEDs dispuestos en un arreglo matricial de 16 x 24 pixeles de resolución, con un tamaño de punto de 7,2mm.

#### V. REFERENCIAS

[1] Wikipedia, "Pixel", disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%ADxel>, consultado en Febrero de 2012.

Texas Instruments, "Hoja de datos TLC5951", disponible en <http://www.ti.com/product/tlc5951> publicado en 2009, consultado en Agosto de 2011.

Microchip, "MCU PIC24 16 bits", disponible en [http://www.microchip.com/en\\_US/family/16bit/architecture/PIC24F.html](http://www.microchip.com/en_US/family/16bit/architecture/PIC24F.html), publicado en 2011, consultado en Agosto de 2011

Sun Oracle, "Conozca más sobre la tecnología Java", disponible en <http://java.com/es/about/>, consultado en Agosto de 2011

#### VI. BIOGRAFÍA

**Gabriela Elizabeth Jácome Ayala**, nace el 9 de



Diciembre de 1986 en la ciudad de Quito, realizó sus estudios primarios en el Colegio Cardenal de la Torre, sus estudios secundarios en el Colegio La Presentación, obteniendo su título de Bachiller en Físico Matemático, sus estudios superiores los realizó en la

Escuela Politécnica del Ejército en la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control, termino el CCNA v2 de la academia Cisco, ha realizado prácticas profesionales en la FAE en el Área de comunicaciones y metrología y en el Petrocomercial en el área de mantenimiento.

**David Alejandro Montenegro Daza**, nace el 4 de



Mayo de 1988 en la ciudad de Quito, realizó sus estudios primarios en la Escuela Alfonso del Hierro, sus estudios secundarios en el Colegio Mena del Hierro, obteniendo su título de Bachiller Físico Matemático, sus estudios superiores los

realizó en la Escuela Politécnica del Ejército en la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control, ha realizado prácticas profesionales en ASTIMEC S.A. en el Área proyectos de automatización y actualmente Gerencia en INPROLED.