

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA**



## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE  
ASIENTOS DE POTENCIA CON GRABACIÓN DE POSICIONES PARA  
DIFERENTES USUARIOS Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL”**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL GRADO DE**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**JORGE ALFONSO LARA BENAVIDES  
CRISTIAN ANDRÉS TOAPANTA TINGO**

**Latacunga – Ecuador**

**Mayo de 2013**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, JORGE ALFONSO LARA BENAVIDES y CRISTIAN ANDRÉS TOAPANTA TINGO,

#### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ASIENTOS DE POTENCIA CON GRABACIÓN DE POSICIONES PARA DIFERENTES USUARIOS Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL”, fue desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se hacen al pie de página correspondiente, las fuentes se añaden a la bibliografía. Por lo que se puede afirmar que este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

En honestidad de esta declaración, nos responsabilizamos de lo comprendido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado realizado.

Latacunga, Mayo del 2013.

---

Jorge Lara B.

CC. 1003267042

---

Cristian Toapanta T.

CC. 1002974424

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **CERTIFICADO**

#### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ASIENTOS DE POTENCIA CON GRABACIÓN DE POSICIONES PARA DIFERENTES USUARIOS Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje, la aplicación de conocimientos y el desarrollo profesional, por lo que sí se recomienda su publicación.

Latacunga, Mayo de 2013.

---

Ing. Juan Carlos Rocha  
DIRECTOR

---

Ing. Sixto Reinoso  
CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, JORGE ALFONSO LARA BENAVIDES y CRISTIAN ANDRÉS TOAPANTA TINGO,

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ASIENTOS DE POTENCIA CON GRABACIÓN DE POSICIONES PARA DIFERENTES USUARIOS Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL”, en el que se encuentran contenidos ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Mayo de 2013.

---

Jorge Lara B.  
CC. 1003267042

---

Cristian Toapanta T.  
CC. 1002974424

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la más grande Bendición de vivir y por estar conmigo en cada paso que he dado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, y sobre todo por enseñarme que con el Todo y sin el Nada.

A mi padre Alfonso Lara, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo, pero sobre todo a mi Madre Celia Benavides, quien hasta su último día y hasta ahora con su ejemplo y memoria de mujer incansable y trabajadora me enseñó el valor del sacrificio y la perseverancia, pero más que nada por su amor mostrado día a día con el que siempre lleno mi corazón.

Mis hermanas, Milagros Lara y Grace Lara, por estar conmigo y apoyarme siempre, en todo momento las quiero mucho, porque al igual han sido una bendición, para mí.

A mi tío Marcos Benavides y a mi abuelita Rosa Galeano, por sus consejos, cariño y apoyo incondicional.

Y finalmente a todos aquellos familiares y amigos que de una u otra forma son parte de este nuevo logro, mil gracias para usted de Corazón.

Jorge Lara Benavides

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a las personas más importantes en mi vida, mi padre Oswaldo Toapanta pilar fundamental en este proyecto quien con su ejemplo y carácter me enseñó a luchar y nunca rendirme por lograr mis sueños, a mi madre Georgina Tingo por darme la vida, por su amor y preocupación que hicieron de mi la persona que soy, quien con sus consejos y oraciones siempre estuvo pendiente de mi, a mis hermanos Marcelo, Fernanda y Richard por estar siempre presente en mi vida, ejemplo a seguir y motivo constante de superación, a mi sobrino Matías inspiración para que este trabajo sea posible.

Andrés Toapanta Tingo

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis, es inevitable la alegría que me embarga, es con esta misma alegría que quiero agradecer profundamente a quienes de una u otra forma estuvieron en este duro camino.

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, en tan prestigiosa institución de educación superior.

A mi director de tesis, Ing. Juan Rocha y a mi codirector de tesis, Ing. Sixto Reinoso por el esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ustedes muchas bendiciones y mis más sinceros agradecimientos.

Jorge Lara Benavides

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por haberme dado la sabiduría, fuerza y carácter para concluir con éxito mi carrera universitaria y hacer posible este sueño.

A mi tía Rosita por ser un apoyo constante y gracias a su preocupación realizarme como profesional.

A mis abuelitos, tíos y primos que siempre estuvieron pendientes con su apoyo y buenos deseos muchas gracias de todo corazón.

Andrés Toapanta Tingo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| <b>CARÁTULA</b>                       | <b>i</b>     |
| <b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> | <b>ii</b>    |
| <b>CERTIFICADO</b>                    | <b>iii</b>   |
| <b>AUTORIZACIÓN</b>                   | <b>iv</b>    |
| <b>DEDICATORIA</b>                    | <b>v</b>     |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                 | <b>vii</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>           | <b>ix</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>              | <b>xiv</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b>               | <b>xviii</b> |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b>           | <b>xix</b>   |
| <b>RESUMEN</b>                        | <b>xx</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>                       | <b>xxi</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                   | <b>xxii</b>  |
| <br>                                  |              |
| <b>CAPÍTULO I</b>                     | <b>1</b>     |
| <b>EI PROBLEMA</b>                    | <b>1</b>     |
| 1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA    | 1            |
| 1.2.    OBJETIVOS                     | 1            |
| 1.2.1.    OBJETIVO GENERAL            | 1            |
| 1.2.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS       | 2            |
| 1.3.    JUSTIFICACIÓN EN IMPORTANCIA  | 2            |
| 1.4.    PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS | 3            |
| 1.4.1.    HIPÓTESIS                   | 3            |
| 1.4.1.1.    HIPÓTESIS GENERAL         | 3            |

|                      |   |          |
|----------------------|---|----------|
| 1.4.1.2.             | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS   | 3        |
| 1.4.2.               | VARIABLES DE INVESTIGACIÓN  | 3        |
| 1.4.2.1.             | VARIABLE INDEPENDIENTE  | 3        |
| 1.4.2.2.             | VARIABLE DEPENDIENTE  | 4        |
| 1.4.2.3              | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES   | 4        |
| a.                   | Variable independiente  | 4        |
| b.                   | Variable dependiente  | 4        |
| <b>CAPÍTULO II</b>   |   | <b>5</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> |   | <b>5</b> |
| 2.1.                 | TECNOLOGÍAS DE AUTENTICACIÓN<br>BIOMÉTRICA  | 5        |
| 2.1.1.               | BIOMETRÍA   | 5        |
| 2.1.2.               | DISPOSITIVOS DE RECONOCIMIENTO<br>BIOMÉTRICO                                      | 5        |
| 2.1.3.               | MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO<br>BIOMÉTRICO   | 6        |
| 2.1.4.               | RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO DE<br>HUELLA DACTILAR                                   | 7        |
| 2.2.                 | SISTEMAS EMBEBIDOS  | 8        |
| 2.2.1.               | MICROCONTROLADORES AVR  | 9        |
| 2.2.2.               | CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LENGUAJES<br>DE PROGRAMACIÓN PARA<br>MICROCONTROLADORES | 11       |
| 2.3.                 | PANTALLAS GRÁFICAS PARA SISTEMAS<br>EMBEBIDOS                                     | 13       |
| 2.4.                 | PANELES TÁCTILES  | 14       |
| 2.4.1.               | PANELES TÁCTILES RESISTIVOS   | 14       |
| 2.5.                 | SENSORES DE PRESENCIA   | 15       |
| 2.5.1.               | SENSORES ÓPTICOS  | 15       |

|                                       |  |           |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 2.6.                                  | INTERFACES DE POTENCIA                                   | 16        |
| 2.6.1.                                | RELÉS AUTOMOTRICES                                       | 16        |
| 2.7.                                  | ASIENTOS DE POTENCIA                                     | 17        |
| <b>CAPÍTULO III</b>                   |  | <b>19</b> |
| <b>DELIMITACIÓN DE REQUISITOS DEL</b> |  | <b>19</b> |
| <b>DISPOSITIVO</b>                    |  |           |
| 3.1.                                  | DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA                          | 19        |
| 3.2.                                  | REQUISITOS DEL SISTEMA                                   | 20        |
| 3.2.1.                                | REQUISITOS EN BASE A LAS<br>ESPECIFICACIONES DE POTENCIA | 20        |
| 3.2.2.                                | REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO<br>SOLICITADO            | 20        |
| 3.2.3.                                | REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE<br>TRABAJO             | 21        |
| 3.3.                                  | APROXIMACIÓN EN BLOQUES DEL SISTEMA<br>ELECTRÓNICO       | 21        |
| 3.3.1.                                | SUBSISTEMA DE SENSADO                                    | 22        |
| 3.3.2.                                | SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO                              | 22        |
| 3.3.3.                                | SUBSISTEMA DE INTERFAZ CON EL USUARIO                    | 23        |
| 3.3.4.                                | SUBSISTEMA DE RESPUESTA                                  | 23        |
| 3.3.5.                                | SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN                               | 23        |
| 3.4.                                  | DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL                            | 24        |
| 3.4.1.                                | CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE                             | 24        |
| 3.4.1.1.                              | SUBSISTEMA DE SENSADO                                    | 24        |
| a.                                    | Sensores ópticos de desplazamiento                       | 24        |
| b.                                    | Señal de contacto  | 26        |
| 3.4.1.2.                              | SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO                              | 28        |
| a.                                    | Microcontrolador   | 28        |
| 3.4.1.3.                              | SUBSISTEMA DE INTERFAZ CON EL USUARIO                    | 31        |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| a.  | Módulo de visualización                                   | 31     |
| b.  | Lector biométrico de huella dactilar                      | 33     |
| c.  | Panel táctil  | 35     |
| 3.4.1.4.  | SUBSISTEMA DE RESPUESTA                                   | 36     |
| 3.4.1.5.  | SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN                                | 37     |
| 3.4.2.  | DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL                              | 38     |
| 3.4.3.  | DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO<br>IMPRESO               | 40     |
| 3.4.4.  | DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE                                  | 41     |
| 3.4.4.1.  | PROGRAMA PRINCIPAL  | 41     |
| a.  | Visualizaciones   | 43     |
| 3.4.4.2.  | SUBRUTINAS ESPECIALES                                     | 46     |
| a.  | Panel táctil  | 46     |
| b.  | Teclado virtual   | 48     |
| c.  | Movimiento  | 49     |
| d.  | Lectura de huella dactilar                                | 49     |
| e.  | Grabación de huella                                       | 53     |
| 3.4.4.3.  | INTERRUPCIONES  | 56     |
| a.  | Recepción de byte a través del módulo UART                | 56     |
| b.  | Desbordamiento del Timer 0                                | 57     |
| <br><b>CAPÍTULO IV</b>                                      |   | <br>59 |
| <b>IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA<br/>ELECTRÓNICO</b> |   |        |
| 4.1.  | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA<br>ELECTROMECAÁNICO DEL ASIENTO   | 59     |
| 4.1.1.  | ESTRUCTURA DEL ASIENTO                                    | 59     |
| 4.1.2.  | CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ROLL<br>ROYCE SILVER WRAITH 129 | 61     |
| 4.1.3.  | EJES DE DESPLAZAMIENTO DEL ASIENTO                        | 63     |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 4.1.4.   | TEMPORIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS   | 63 |
| 4.2.   | MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA   | 64 |
| 4.2.1.   | MONTAJE DEL SISTEMA<br>ELECTROMECAÁNICO  | 64 |
| 4.2.2.   | MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO  | 67 |
| 4.3.   | METODOLOGIA DE USO   | 68 |
| 4.3.1  | MANUAL DE USUARIO  | 68 |
| 4.4.   | PRUEBAS  | 76 |
| 4.4.1.   | PRUEBA DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD<br>DE DESPLAZAMIENTO EN FUNCIÓN DEL<br>PESO | 76 |
| 4.4.2.   | PRUEBA DE VARIACIÓN EN EL<br>POSICIONAMIENTO                                   | 79 |
| 4.4.3.   | ANÁLISIS DE RESULTADOS   | 82 |
| 4.5.   | PRESUPUESTO REFERENCIAL  | 83 |
|  |  | 85 |
| <b>CONCLUSIONES</b>                                  |  |    |
| <b>RECOMENDACIONES</b>                               |  | 86 |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                    |  | 87 |
| <b>NETGRAFIA</b>                                     |  | 88 |
| <b>ANEXOS</b>  |  | 89 |
| ANEXO A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL                |  | 89 |
| ANEXO B. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO<br>IMPRESO |  | 91 |
| ANEXO C. DIAGRAMA DE ACCIONAMIENTO DEL<br>USUARIO    |  | 93 |
| ANEXO D. ARTÍCULO PARA REVISTA                       |  | 95 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1. Lector biométrico de huella dactilar  | 8  |
| Figura 2.2. Sistema embebido usado como terminal de datos móviles                       | 9  |
| Figura 2.3. Diagrama de bloques de la estructura interna de un microcontrolador         | 9  |
| Figura 2.4. Sistema embebido con pantalla GLCD  | 13 |
| Figura 2.5. Estructura de un panel táctil resistivo                                     | 14 |
| Figura 2.6. Disposición general de un sensor óptico de presencia                        | 15 |
| Figura 2.7. Diagrama de conexión de un consumidor a través un relé automotriz           | 17 |
| Figura 2.8. Sistema electromecánico de un asiento de potencia                           | 17 |
| Figura 2.9. Botonera de un asiento de potencia con memorización de posiciones           | 18 |
| Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema   | 21 |
| Figura 3.2. Sensores ópticos y conformadores de señal                                   | 25 |
| Figura 3.3. Interfaz lógica optoacoplada para detección de señal de contacto            | 27 |
| Figura 3.4. Diagrama de bloques del ATmega324   | 29 |
| Figura 3.5. Circuito de conexión del microcontrolador                                   | 31 |
| Figura 3.6. Imagen de la pantalla GLCD KS0108   | 31 |
| Figura 3.7. Conexión del módulo GLCD  | 32 |
| Figura 3.8. Imagen del escáner de huella dactilar ARA-ME-0                              | 33 |
| Figura 3.9. Conexión del lector biométrico dactilar                                     | 35 |
| Figura 3.10. Circuito de control del panel táctil                                       | 35 |
| Figura 3.11. Conexión de los elementos de potencia                                      | 36 |
| Figura 3.12. Circuito de alimentación   | 37 |
| Figura 3.13. Diagrama esquemático general del módulo de control de asientos de potencia | 38 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.14. Diagrama de conexión de los sensores, preactuadores y actuadores                    | 39 |
| Figura 3.15. PCB de la placa principal   | 40 |
| Figura 3.16. de los sensores ópticos de posición   | 40 |
| Figura 3.17. Diagrama de flujo del programa principal  | 42 |
| Figura 3.18. Presentación de la pantalla de bienvenida   | 43 |
| Figura 3.19. Presentación de la pantalla principal   | 44 |
| Figura 3.20. Presentación de la pantalla de configuración  | 44 |
| Figura 3.21. Presentación del teclado QWERTY virtual   | 45 |
| Figura 3.22. Presentación del mensaje de almacenamiento de posiciones en memoria no volátil      | 45 |
| Figura 3.23. Presentación de las localidades de memoria que puede escoger un nuevo usuario       | 46 |
| Figura 3.24. Diagrama de flujo de la subrutina de lectura de un botón virtual en el panel táctil | 48 |
| Figura 3.25. Diagrama de flujo de la subrutina de movimiento                                     | 49 |
| Figura 3.26. Diagrama de flujo de la subrutina de lectura de una huella dactilar                 | 50 |
| Figura 3.27. Presentación de la autenticación correcta de un usuario registrado                  | 50 |
| Figura 3.28. Presentación de la autenticación correcta de un usuario no registrado               | 51 |
| Figura 3.29. Presentación de un proceso de autenticación fallido por espera excesiva del lector  | 51 |
| Figura 3.30. Diagrama de flujo de la subrutina de grabación de una huella dactilar               | 53 |
| Figura 3.31. Presentación de un proceso de grabación exitoso                                     | 54 |
| Figura 3.32. Presentación de un proceso de grabación fallido                                     | 54 |
| Figura 3.33. Rutina especial de interrupción por recepción UART                                  | 56 |
| Figura 3.34. Diagrama de flujo de la interrupción por desbordamiento del Timer 0                 | 58 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.1. Sistema de movimiento del asiento  | 59 |
| Figura 4.2. Embragues electromecánicos formados por solenoides                                       | 60 |
| Figura 4.3. Vista interior de los engranajes que conforman la caja de transmisión                    | 60 |
| Figura 4.4. Ejes de desplazamiento del asiento   | 63 |
| Figura 4.5. Montaje del cableado eléctrico   | 64 |
| Figura 4.6. Montaje de los preactuadores   | 65 |
| Figura 4.7. Montaje de sensores y cableado de baja potencia  | 65 |
| Figura 4.8. Montaje del mecanismo en el vehículo   | 66 |
| Figura 4.9. Montaje de la butaca, sobre el mecanismo electromecánico                                 | 66 |
| Figura 4.10. Montaje de la placa del sistema electrónico sobre la caja para prototipaje              | 67 |
| Figura 4.11. Montaje de los componentes electrónicos sobre la caja para prototipaje                  | 67 |
| Figura 4.12. Montaje del módulo electrónico en el tablero de instrumentos del vehículo               | 68 |
| Figura 4.13. Foto periféricos de comunicación usuario-maquina  | 68 |
| Figura 4.14. Vehículo en contacto  | 69 |
| Figura 4.15. Foto presentación de la pantalla de bienvenida  | 69 |
| Figura 4.16. Foto presentación de la pantalla principal  | 70 |
| Figura 4.17. Foto presentación de la autenticación correcta de un usuario registrado                 | 71 |
| Figura 4.18. Foto presentación de la autenticación correcta de un usuario no registrado              | 71 |
| Figura 4.19. Foto presentación de un proceso de autenticación fallido por espera excesiva del lector | 72 |
| Figura 4.20. Foto presentación de un proceso de grabación exitoso                                    | 72 |
| Figura 4.21. Foto presentación de un proceso de grabación fallido                                    | 73 |
| Figura 4.22. Foto presentación de la pantalla de configuración                                       | 73 |
| Figura 4.23. Foto presentación del teclado QWERTY virtual  | 74 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.24. Foto presentación del mensaje de almacenamiento de posiciones en memoria no volátil | 74 |
| Figura 4.25. Foto Presentación de las localidades de memoria que puede escoger un nuevo usuario  | 75 |
| Figura 4.26. Gráfica de velocidad vertical delantera en función del peso                         | 77 |
| Figura 4.27. Gráfica de velocidad vertical posterior en función del peso                         | 78 |
| Figura 4.28. Gráfica de velocidad horizontal en función del peso                                 | 79 |
| Figura 4.29. Gráfica de posicionamiento vertical delantero                                       | 80 |
| Figura 4.30. Gráfica de posicionamiento vertical posterior                                       | 81 |
| Figura 4.31. Gráfica de posicionamiento horizontal   | 82 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1.1. Operacionalización de variable independiente                             | 4  |
| Tabla 1.2. Operacionalización de variable dependiente                               | 4  |
| Tabla 2.1. Características generales de los sistemas de reconocimiento biométrico   | 7  |
| Tabla 2.2. Cuadro comparativo entre ENSAMBLADOR, C y BASIC                          | 12 |
| Tabla 3.1. Características del sensor óptico QRD1114                                | 24 |
| Tabla 3.2. Configuración de pines del microcontrolador                              | 30 |
| Tabla 3.3. Características del lector ARA-ME-01 de ARATEK                           | 34 |
| Tabla 3.4. Configuraciones de los distintos módulos del microcontrolador            | 43 |
| Tabla 3.5. Tramas de datos manejadas en el proceso de lectura de una huella digital | 52 |
| Tabla 3.6. Tramas de datos manejadas en el proceso grabación de una huella digital  | 55 |
| Tabla 3.7. Temporización base para cada eje de desplazamiento del asiento           | 57 |
| Tabla 4.1. Descripción de los movimientos del asiento                               | 61 |
| Tabla 4.2. Características del motor  | 61 |
| Tabla 4.3. Desplazamiento nominal para cada eje del asiento                         | 64 |
| Tabla 4.4. Prueba de velocidad de desplazamiento vertical delantero                 | 77 |
| Tabla 4.5. Prueba de velocidad de desplazamiento vertical posterior                 | 78 |
| Tabla 4.6. Prueba de velocidad de desplazamiento horizontal                         | 79 |
| Tabla 4.7. Prueba de posicionamiento vertical delantero                             | 80 |
| Tabla 4.8. Prueba de posicionamiento vertical posterior                             | 80 |
| Tabla 4.9. Prueba de posicionamiento horizontal                                     | 81 |
| Tabla 4.10. Costos de los componentes del sistema                                   | 83 |
| Tabla 4.11. Costo total del diseño y construcción del sistema                       | 84 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 3.1. Corriente de polarización de los LEDs de los sensores conectados en serie                           | 25 |
| Ecuación 3.2. Corriente mínima a través del LED de un optoacoplador   | 27 |
| Ecuación 3.3. Radio de transferencia en un optoacoplador  | 28 |
| Ecuación 3.4. Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil        | 47 |
| Ecuación 3.5. Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil        | 48 |
| Ecuación 4.1. La potencia es igual al voltaje por la Intensidad   | 62 |
| Ecuación 4.2. Se especifica el valor de la velocidad relacionando la velocidad angular con la distancia del radio | 62 |
| Ecuación 4.3. Calculamos la fuerza del sistema  | 62 |
| Ecuación 4.4. Relacionamos Fuerza y distancia para encontrar el torque  | 63 |

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación precisa el diseño y construcción de un sistema electrónico de control de asientos de potencia, con grabación de posiciones para diferentes usuarios identificados a través de biometría.

El dispositivo concebido y ensayado permite controlar electrónicamente tres ejes de desplazamiento en un asiento electromecánico. Posee hardware y firmware que le conceden funciones de identificación de hasta diez usuarios a través de su huella dactilar, y de control de movimientos mediante una interfaz humano – máquina formada por una pantalla gráfica y un panel táctil. Su característica adicional consiste en la posibilidad de creación de archivos que comprenden el nombre y las posiciones deseadas por el usuario en los tres ejes mencionados, todo esto en memoria no volátil.

Para realizar este mecanismo fue necesario el uso de electrónica basada en dispositivos microprocesados. Así, un microcontrolador se encarga del procesamiento de la información proporcionada por los sensores finales de carrera, el lector biométrico y la interfaz gráfica. Realiza también la conmutación del motor y los embragues eléctricos del asiento, para efectuar los movimientos adecuados.

En base a las pruebas realizadas, se llegó a determinar que el mecanismo posee buena capacidad de procesamiento y almacenamiento de información, facilidad de uso y ergonomía para el usuario.

## **ABSTRACT**

This graduation project is based on the design and construction of an electronic control for power seats, with position recording for different users identified through biometrics.

The designed and tested device controls electronically three axes of movement in an electromechanical seat. It has hardware and firmware features that allow identification functions for up to ten users through their fingerprints, and motion control through a human - machine interface that has a graphical display and a touch panel. Its additional feature is the ability to create files that include the name and position desired by the user in the three axes mentioned, all in nonvolatile memory.

To make this mechanism was necessary to use microprocessed based electronic devices. Thus, a microcontroller handles the processing of the information provided by limit sensors limit, biometric reader and graphical interface. It also performs commutation of motor and seat electric clutches, to make the right movements.

En base a las pruebas realizadas, se llegó a determinar que el mecanismo posee buena capacidad de procesamiento y almacenamiento de información, facilidad de uso y ergonomía para el usuario.

Based on the tests, it was determined that the mechanism has good processability and storage, ease of use and user ergonomics.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo recopila la información necesaria para la fundamentación científica y la justificación metodológica en la que se basa el diseño y construcción del sistema de control de asientos de potencia con grabación de posiciones para diferentes usuarios y visualización en tiempo real.

En el primer capítulo se presenta el análisis del problema a resolver, el planteamiento de la hipótesis y la operacionalización de las variables.

En el segundo capítulo, se expone el sustento teórico sobre el que se basó la concepción del proyecto.

El tercer capítulo explica los requisitos del sistema y la aproximación del hardware. Para esto se tienen como referencia las condiciones del ambiente de trabajo y las actividades para las que se diseñó el dispositivo. Además se detallan los criterios técnicos y procedimientos tomados en la caracterización del módulo.

Posteriormente, en el capítulo cuatro se detallan la implementación física, metodología de uso del sistema y las pruebas realizadas en la comprobación de su robustez y fiabilidad.

Bajo el título “conclusiones” se expone el resultado del proyecto de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Conforme el campo automotriz ha ido evolucionando, se ha hecho cada vez más notoria la aplicación de innovaciones tecnológicas en la ergonomía, comodidad y seguridad de los tripulantes.

Con respecto a los asientos mecánicos de vehículos convencionales, siempre que existe un cambio de conductor, éste mueve la butaca a la posición que le brinda ergonomía. Las cotas alcanzadas no son siempre las mismas, lo que puede hacer que la conducción no sea cómoda e incluso resulte peligrosa en situaciones críticas en las que se necesita accionar con energía algún pedal. Una posición poco relajada durante la conducción, obliga a un mayor esfuerzo por parte del conductor, produciendo cansancio y posibles accidentes de tránsito.

En el mercado nacional se encuentran asientos de potencia instalados únicamente en vehículos de alta gama, con el alto precio correspondiente. Muy pocos de ellos tienen grabación de posición para diferentes usuarios y si la poseen, está limitada a una cantidad mínima de usuarios.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y programar un sistema electrónico microcontrolado con grabación de posiciones y reconocimiento biométrico de usuarios, para el control de asientos de potencia y el incremento en la ergonomía del conductor.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Programar un microcontrolador que sea capaz de almacenar posiciones del asiento de potencia configuradas por el usuario.
- Agregar al sistema un lector biométrico de huella dactilar para reconocimiento de los usuarios.
- Programar el algoritmo de lectura e interpretación del panel táctil para el ingreso y almacenamiento de los valores de reglaje de cada conductor.
- Aplicar el sistema de control sobre un asiento de potencia electromecánico convencional y probarlo para condiciones concretas de trabajo.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN EN IMPORTANCIA**

Se cree necesaria la implementación de una aplicación que permita controlar automáticamente a los asientos de potencia, haciendo uso de una base de datos concerniente a usuarios y posiciones predeterminadas, mejorando así la ergonomía en la conducción.

No están en auge aquellos sistemas complicados de maniobrar y poco amigables, sea cual fuere su aplicación. Bajo este concepto, se precisa que hace falta un mecanismo electrónico que muestre una interfaz fraterna con el operador, admita ajuste de posiciones y posea suficiente versatilidad para que consienta su empleo en cualquier tipo de asientos de potencia. Se requiere de un equipo con índice costo – beneficio aceptable, vida útil larga, mantenimiento barato y repuestos accesibles en nuestro medio.

El diseño y construcción del sistema se basa en conocimientos, habilidades, destrezas, capacidades y aptitudes de interés en nuestro ámbito profesional.

## **1.4. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

### **1.4.1. HIPÓTESIS**

#### **1.4.1.1. HIPÓTESIS GENERAL**

¿Permitirán el diseño y la construcción de un sistema de control electrónico con grabación de posiciones para diferentes usuarios, optimizar y mejorar el manejo de asientos de potencia, y asegurar la ergonomía de las personas?

#### **1.4.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Los profesionales del área automotriz deben disponer de conocimientos sobre diseño y construcción de dispositivos electrónicos de control.
- El uso de diagramas de flujo, software de programación de microcontroladores y software de simulación permite realizar el diseño y construcción del sistema de control.
- Es importante determinar qué elementos y módulos electrónicos son necesarios para realizar la caracterización del dispositivo de control.
- La naturaleza y cantidad de pruebas a realizar sobre el dispositivo terminado, depende del desempeño solicitado.

### **1.4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Diseño y construcción de un sistema de control electrónico con grabación de posiciones para diferentes usuarios, para optimizar y mejorar el manejo de asientos de potencia, y asegurar la ergonomía de las personas.

### 1.4.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Permitir el diseño y la construcción de un sistema electrónico de control con grabación de posiciones para diferentes usuarios.

### 1.4.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### a. Variable independiente

Tabla 1.1. Operacionalización de variable independiente

| CONCEPTO  | CATEGORÍA               | PREGUNTAS   | INDICADOR   |
|---|-------------------------|---|---|
| Diseño y construcción de un sistema de control electrónico con grabación de posiciones para diferentes usuarios, para optimizar y mejorar el manejo de asientos de potencia, y asegurar la ergonomía de las personas. | Académica / Tecnológica | ¿Cuántos elementos de procesamiento, interfaces humano – máquina y lectores biométricos posee el sistema? | <ul style="list-style-type: none"><li>• Elementos de procesamiento = 1</li><li>• Interfaces humano – máquina = 1</li><li>• Lectores biométricos = 1</li></ul> |
|   |                         | ¿Cuál es el número de sensores que dispone el sistema electrónico?  | Número de sensores = 3  |
|   |                         | ¿Cuál es el número de actuadores que debe controlar el sistema electrónico?                               | Número de actuadores = 4  |
|   |                         | ¿Cuál es el número de pre – actuadores que posee el sistema?  | Número de pre – actuadores = 5  |
|   |                         | ¿Cuántos ejes de desplazamiento se controlan?   | Número de ejes = 3  |

Fuente: Lara J, -Toapanta A.

#### b. Variable dependiente

Tabla 1.2. Operacionalización de variable dependiente

| CONCEPTO  | CATEGORÍA               | PREGUNTAS   | INDICADOR  |
|---|-------------------------|---|--|
| Permitir el diseño y la construcción de un sistema de control electrónico con grabación de posiciones para diferentes usuarios. | Académica / Tecnológica | ¿De cuántos usuarios se pueden almacenar las huellas digitales?           | Número de usuarios de quienes se pueden almacenar las huellas digitales = 10           |
|   |                         | ¿De cuántos usuarios se pueden almacenar las configuraciones del asiento? | Número de usuarios de quienes se pueden almacenar las configuraciones del asiento = 10 |

Fuente: Lara J, -Toapanta A.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. TECNOLOGÍAS DE AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA**

##### **2.1.1. BIOMETRÍA**

La biometría es una tecnología de autenticación que se centra en el reconocimiento de una característica física de las personas. Estudia métodos automáticos para el reconocimiento de humanos según una o algunos rasgos de conducta o físicos inherentes.

##### **2.1.2. DISPOSITIVOS DE RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO**

Los dispositivos de reconocimiento biométrico constan de tres partes principales:

- Mecanismo automático que lee y captura una imagen digital o analógica de la característica a analizar.
- Entidad para manejar aspectos como la compresión, almacenamiento o comparación de los datos capturados con los guardados en una base de datos.
- Interfaz para las aplicaciones que los utilizan.

Todos los tipos de autenticación se basan en los siguientes pasos:

- Lectura de los datos que el usuario presenta.
- Extracción de ciertas características especiales de la lectura.
- Decisión de si la lectura es válida.

- Comparación entre las características de la lectura con las guardadas en una base de datos.

En la comparación toman gran importancia dos características básicas que los sistemas biométricos poseen:

- Tasa de falso rechazo (FALSE REJECTION RATE, FRR): probabilidad de que el sistema de autenticación rechace a un usuario legítimo porque no es capaz de identificarlo correctamente.
- Tasa de falsa aceptación (FALSE ACCEPTANCE RATE, FAR): probabilidad de que el sistema autentique correctamente a un usuario ilegítimo.

### **2.1.3. MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO**

Existen dos tipos de reconocimiento biométrico: fisiológico y de comportamiento.

Los de reconocimiento fisiológico son, entre otros:

- Reconocimiento auricular
- Reconocimiento facial
- Reconocimiento mediante el uso de termogramas faciales
- Reconocimiento del iris
- Reconocimiento de la retina
- Identificación de la geometría de la mano
- Análisis de ADN
- Exploración del patrón venoso en la muñeca
- Identificación de huellas dactilares

Entre los métodos de reconocimiento de comportamiento se tiene:

- Reconocimiento de la firma
- Dinámica de pulsación en teclado
- Identificación por la voz

**Tabla 2.1.** Características generales de los sistemas de reconocimiento biométrico

|                              | VOZ   | ROSTRO   | IRIS OJO | RETINA OJO | HUELLA DACTILAR | GEOMETRÍA DE LA | ESCRITURA Y FIRMA |
|------------------------------|-------|----------|----------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| <b>FIABILIDAD</b>            | Alta  | Alta     | Muy Alta | Muy Alta   | Muy Alta        | Alta            | Media             |
| <b>FACILIDAD DE USO</b>      | Alta  | Alta     | Media    | Baja       | Alta            | Alta            | Alta              |
| <b>PREVENCIÓN DE ATAQUES</b> | Media | Media    | Muy Alta | Muy Alta   | Alta            | Alta            | Media             |
| <b>ACEPTACION</b>            | Alta  | Muy Alta | Media    | Baja       | Alta            | Alta            | Muy Alta          |
| <b>ESTABILIDAD</b>           | Media | Media    | Alta     | Alta       | Alta            | Media           | Baja              |

**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Biometr%C3%ADa>

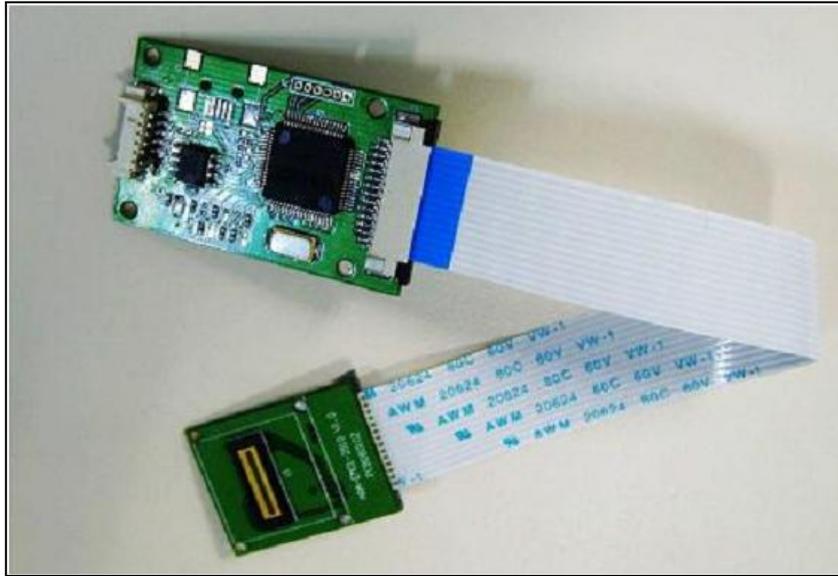
Como se puede observar en la anterior figura, el reconocimiento dactilar presenta las mejores características en relación a los otros tipos de métodos de reconocimiento biométrico.

#### **2.1.4. RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO DE HUELLA DACTILAR**

Gracias a que su fácil adquisición y uso, y por su excelente aceptación, es el método de reconocimiento biométrico más difundido.

Las huellas dactilares poseen cuatro características importantes:

- Perennidad: se manifiestan en el desarrollo del embrión humano y se encuentran presentes durante toda su vida.
- Inmutabilidad: su geometría en se ve afectada por el desarrollo físico ni por enfermedades.
- Diversidad infinita: son únicas e irrepetibles en cada ser humano.
- No son lisas y uniformes, están cubiertas de rugosidades, protuberancias y depresiones en la dermis.



**Fuente:** <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/ARA-ME-2510.pdf>

**Figura 2.1.** Lector biométrico de huella dactilar

## 2.2. SISTEMAS EMBEBIDOS

Son sistemas que se diseñan pensando en una aplicación específica. Por esta razón se los desarrolla con características acorde a las necesidades, incluyendo bajo tamaño y costo, y alta replicidad.

El término embebido indica que son elementos que integran intrínsecamente, todos los subsistemas y elementos necesarios para realizar la labor de operación, control e instrumentación definida para el correcto funcionamiento de la maquinaria o dispositivo, siendo éstas desde labores simples hasta de una gran complejidad.

Los sistemas embebidos poseen velocidad alta de procesamiento, necesaria para realizar labores complejas basadas en cálculos lógicos y aritméticos muy dificultosos.

La comunicación adquiere gran importancia en un sistemas embebido. Lo normal es que el sistema pueda comunicarse mediante interfaces estándar de cable o inalámbricas.

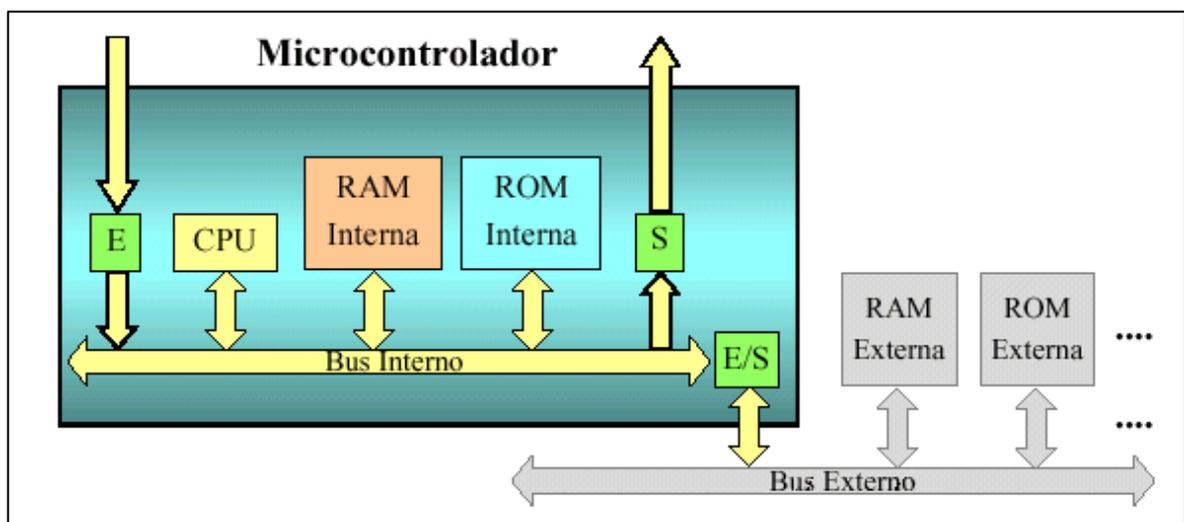


Fuente: <http://www.industriaembebidadahoy.com/sistema-embebido-de-display/>

**Figura 2.2.** Sistema embebido usado como terminal de datos móviles

### 2.2.1. MICROCONTROLADORES AVR

Un microcontrolador (abreviado MCU) es un circuito integrado o chip programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Incluye en su interior las tres unidades funcionales principales de una computadora: unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada y salida (E/S).



Fuente: <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>

**Figura 2.3.** Diagrama de bloques de la estructura interna de un microcontrolador

Los AVR son una familia de microcontroladores de set de instrucciones reducido perteneciente al fabricante estadounidense ATMEL. La arquitectura de los AVR fue concebida por dos estudiantes en el NORWEGIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, y posteriormente refinada y desarrollada en ATMEL NORWAY, la empresa subsidiaria de ATMEL fundada por los dos arquitectos del chip. Cuenta con bastantes aficionados debido a su diseño simple y la facilidad de programación. Se pueden dividir en los siguientes grupos:

- **ATXMEGA:** procesadores muy potentes con memoria flash programable de 16 a 384 KB, encapsulados de 44, 64 y 100 pines, capacidad de acceso directo a memoria, eventos, criptografía y amplio conjunto de periféricos.
- **ATMEGA:** microcontroladores AVR grandes con memoria flash programable de 4 a 256 KB, encapsulados de 28 a 100 pines, set de instrucciones extendido (multiplicación y direccionamiento de programas mayores) y amplio conjunto de periféricos.
- **ATTINY:** pequeños microcontroladores AVR con memoria flash programable de 0,5 a 8 KB, encapsulados de 6 a 20 pines y un limitado set de periféricos.
- **AT90USB:** ATmega integrado con controlador USB.
- **AT90CAN:** ATmega con controlador de bus CAN.
- **Tipos especiales:** algunos modelos especiales, por ejemplo, para el control de los cargadores de baterías, pantallas LCD y los controles de los motores o la iluminación.
- **AT90S:** tipos obsoletos, los ATmega clásicos.

El AVR es una CPU de arquitectura HARVARD. Tiene 32 registros de 8 bits. Algunas instrucciones sólo operan en un subconjunto de estos registros. La concatenación de los 32 registros, los registros de entrada/salida y la memoria de datos conforman un espacio de direcciones unificado, al cual se accede a través de operaciones de carga/almacenamiento. A diferencia de los microcontroladores PIC, el STACK se ubica en este espacio de memoria unificado, y no está limitado a un tamaño fijo.

### **2.2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA MICROCONTROLADORES**

Actualmente, la mayoría de desarrolladores de aplicaciones con microcontroladores, hacen uso de compiladores basados en lenguaje C. C es un lenguaje de nivel intermedio que posee muchos elementos del lenguaje ensamblador, puede acceder a los registros del sistema y trabajar con direcciones de memoria, con la particularidad de que permite utilizar estructuras de datos y otras características propias de los lenguajes de alto nivel, para que los programas se hagan más fáciles de concebir y realizar.

Algunas de las características más importantes que definen al lenguaje C son:

- Uso de llamadas a funciones o subrutinas, apuntadores para la memoria, arreglos y estructuras.
- Comandos breves y fáciles de recordar.
- Posibilidad de programación a nivel de bit.
- Generación de programas eficientes.
- Posibilidad de poder ser compilado en una variedad de microcontroladores, con pocos cambios (portabilidad).

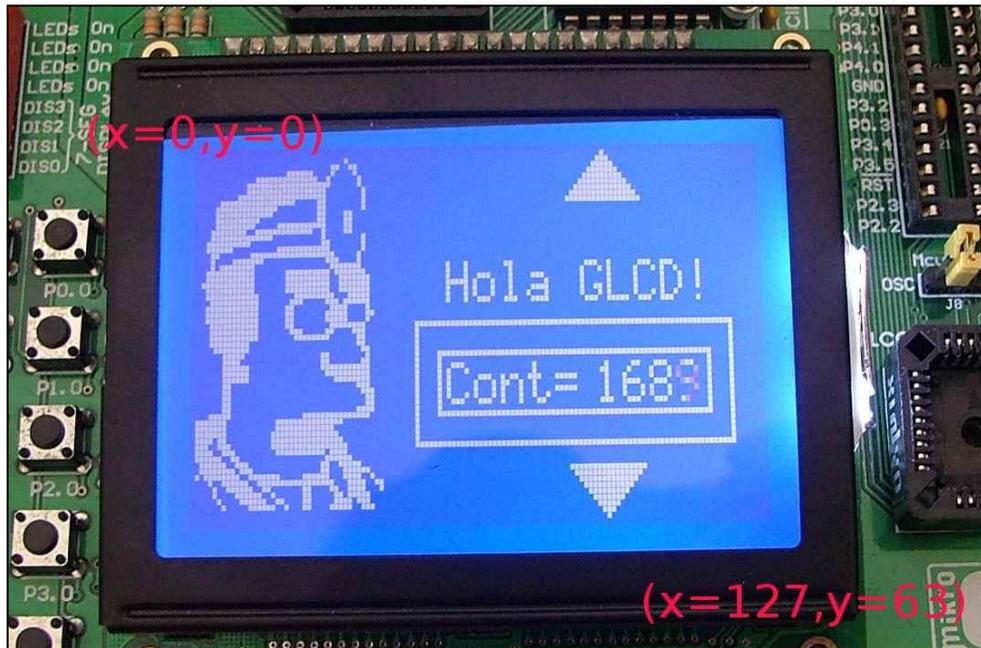
**Tabla 2.2.** Cuadro comparativo entre ENSAMBLADOR, C y BASIC

| COMPILADOR         | VENTAJAS   | DESVENTAJAS  |
|--------------------|--|--|
| <b>ENSAMBLADOR</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código eficiente y rápido.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es difícil de aprender.</li> <li>• Es más fácil cometer errores de lógica y sintaxis.</li> <li>• Cada programa necesita la escritura de mucho código.</li> <li>• Si no se lo conoce bien, se pueden crear programas más largos.</li> <li>• Es un lenguaje más alejado del humano.</li> <li>• Distintas marcas y familias de microcontroladores, poseen diferentes instrucciones.</li> </ul> |
| <b>C</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es fácil de aprender ya que es más cercano al humano.</li> <li>• Proporciona gran productividad.</li> <li>• Permite incorporar ASM dentro del código.</li> <li>• Posee gran cantidad de librerías.</li> <li>• Permite el fácil manejo de operaciones matemáticas.</li> <li>• Existe gran independencia de las distintas marcas y familias de microcontroladores.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera programas más lentos en su ejecución.</li> <li>• No existe control sobre el código generado.</li> <li>• Es más difícil de depurar.</li> </ul>  |
| <b>BASIC</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene algunas de las características del C.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene tantas librerías como otros lenguajes y si las tiene, ocupan mucha memoria de programa.</li> <li>• Puede crear malos hábitos de programación ya que es no estructurado.</li> <li>• Es menos eficiente que el C y el ensamblador.</li> </ul>  |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

### 2.3. PANTALLAS GRÁFICAS PARA SISTEMAS EMBEBIDOS

Una pantalla gráfica de cristal líquido o GLCD es una pantalla plana formada por una matriz de píxeles monocromáticos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.



Fuente: <http://www.disca.upv.es/aperles/web51/modulos/glcd/glcd.html>

**Figura 2.4.** Sistema embebido con pantalla GLCD

Hay versiones de pantallas con diferentes controladores embebidos, como el SAMSUNG KS0107 o el TOSHIBA T6963.

Normalmente disponen de una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad de la pantalla. Por ejemplo si una pantalla tiene un tamaño de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto (128x64), tendrá una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64).

Por lo general son manejadas por microcontroladores para su configuración y utilización. Vienen en tamaños como 240x128, 240x64, 160x128, 128x128, 128x64, entre otros.

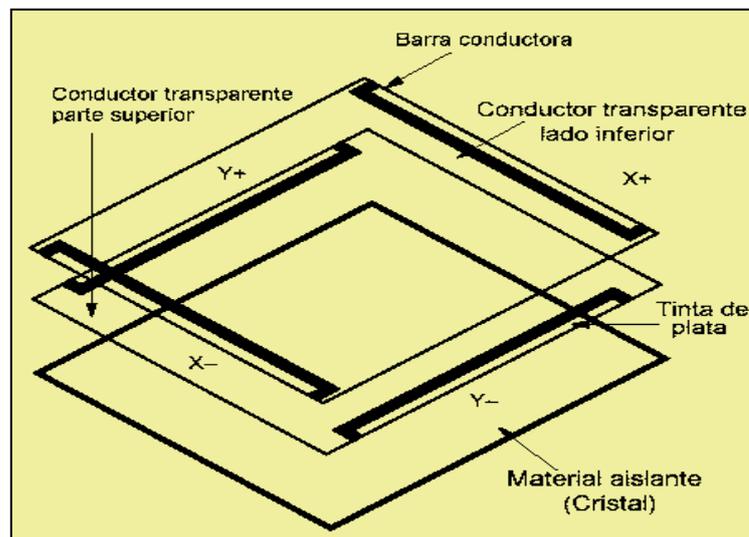
## 2.4. PANELES TÁCTILES

Un panel táctil es un arreglo que, mediante un toque directo sobre su superficie, permite la entrada de datos y órdenes a un sistema normalmente digital. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas similares.

Si bien existen muchos de tipos de paneles táctiles, los más difundidos para aplicaciones embebidas de hardware reducido son los paneles resistivos.

### 2.4.1. PANELES TÁCTILES RESISTIVOS

Un panel táctil resistivo está formado por varias capas autoadhesivas. Las más importantes son dos finas superficies de material conductor entre las cuales hay una pequeña separación. Cuando algún objeto toca la superficie de la capa exterior, las dos capas conductoras entran en contacto en un punto concreto. De esta forma se produce un cambio en el voltaje que permite a un microcontrolador calcular la posición del punto en el que se ha tocado la pantalla.



**Fuente:** [http://www.pactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas\\_ultima\\_generacion\\_para\\_tocar.html?\\_part=2](http://www.pactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas_ultima_generacion_para_tocar.html?_part=2)

**Figura 2.5.** Estructura de un panel táctil resistivo

Los paneles táctiles resistivos reducen en un 25% el brillo de las pantallas debido a las múltiples capas necesarias. Además, pueden ser dañados por objetos afilados y su sensibilidad a la luz ultravioleta, hace que con el tiempo se degraden y pierdan flexibilidad y transparencia.

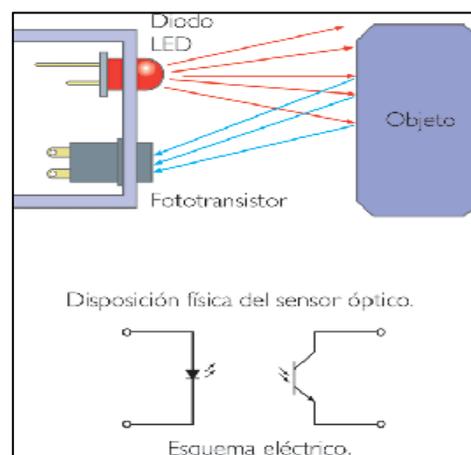
Poseen la ventaja de no ser afectados por elementos externos como polvo o agua. Pueden ser usados con cualquier objeto, un dedo, un lápiz, un dedo con guantes, etc. Son económicos, fiables y versátiles.

## 2.5. SENSORES DE PRESENCIA

Estos sensores tienen como finalidad determinar la presencia de un objeto en un intervalo de distancia especificado. Se pueden utilizar en relación con la forma de agarrar o evitar un objeto, y su principio de funcionamiento suele basarse en el cambio provocado sobre alguna característica del sensor debido a la proximidad del objeto.

### 2.5.1. SENSORES ÓPTICOS

Este tipo de sensores de presencia transmiten y detectan señales luminosas normalmente infrarrojas. El emisor y el receptor suelen ser elementos separados. El primero suele ser un diodo emisor de luz (LED) y el receptor un fotodiodo.



**Fuente:** [http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/graficos-esquema-sensor-optico.html?x1=20070821klpinginf\\_53.Ees&x=20070821klpinginf\\_92.Kes](http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/graficos-esquema-sensor-optico.html?x1=20070821klpinginf_53.Ees&x=20070821klpinginf_92.Kes)

**Figura 2.6.** Disposición general de un sensor óptico de presencia

## **2.6. INTERFACES DE POTENCIA**

Estas interfaces permiten manejar cargas con consumo de potencia relativamente alto, a partir de señales de control de baja potencia proporcionadas por controladores lógicos.

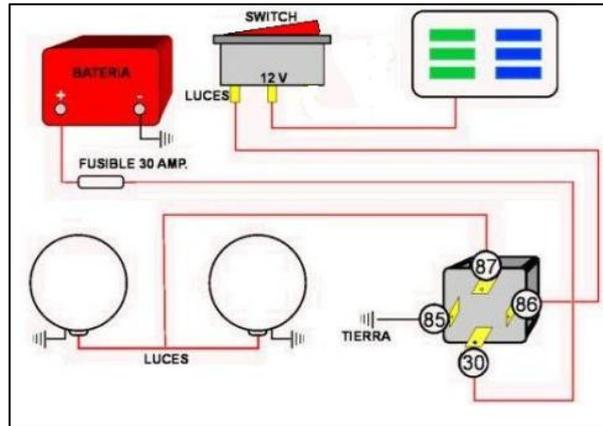
Pueden ser de estado sólido (todo tipo de transistores de potencia) o electromecánicas (relés y contactores).

Las primeras tienen la característica de permitir grandes velocidades de conmutación pero ciclos útiles bajos. Las segundas tienen una baja velocidad de conmutación pero pueden manejar ciclos útiles de incluso el 100%.

### **2.6.1. RELÉS AUTOMOTRICES**

Estos dispositivos forman parte del sistema eléctrico del automóvil y es posible encontrarlos allí por docenas. Se los usa para manejar consumidores con consumo alto consumo de corriente, es decir, que en sus circuitos la intensidad de corriente es grande. Los ingenieros utilizan los relés en estos casos para lograr que mediante un circuito de poco consumo o intensidad de corriente se pueda operar un dispositivo de alto consumo, reduciendo así el tamaño de los interruptores, aligerando el peso del automóvil y minimizando los riesgos de cortocircuitos.

Los relés existen de diferentes tipos y capacidades. Los más usados son los de 4 terminales, 2 para el preactuador y los otros 2 para el contacto.



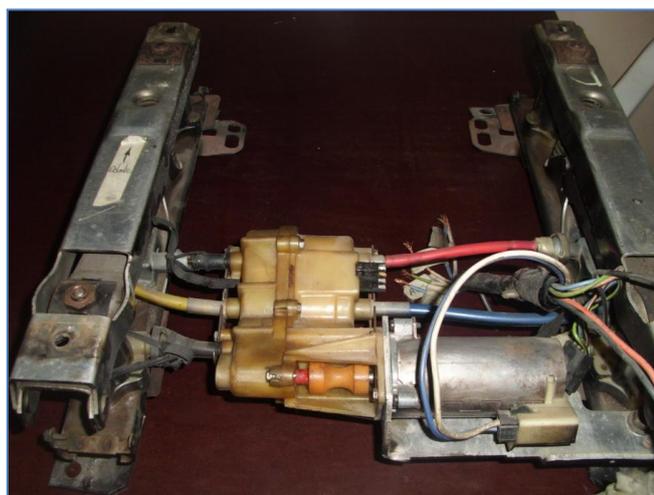
Fuente: <http://www.clubpeugeot505.com/foro/viewtopic.php?f=10&t=859&start=310>

**Figura 2.7.** Diagrama de conexión de un consumidor a través un relé automotriz

## 2.7. ASIENTOS DE POTENCIA

Un asiento de potencia en un automóvil es aquella butaca cuya posición y geometría pueden ser ajustadas mediante el uso de un conjunto de pequeños actuadores eléctricos.

La mayoría de los vehículos con esta característica tienen controles para el asiento del conductor solamente, aunque casi todos los coches de lujo también tienen controles de potencia para el asiento del acompañante. Además de los ajustes de proa y popa de la base del asiento, permiten acercar o alejar toda la butaca, a fin de proporcionar comodidad al conductor y/o pasajero.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 2.8.** Sistema electromecánico de un asiento de potencia

Muchos asientos eléctricos ofrecen a los ocupantes el ajuste de la inclinación lumbar, todo con sólo pulsar un botón o con el simple accionamiento de un interruptor. Algunos autos también tienen memoria de ajustes, que puede recordar por lo general conjuntos de ajustes para dos o tres usuarios.



**Fuente:** <http://www.caranddriver.com/>

**Figura 2.9.** Botonera de un asiento de potencia con memorización de posiciones

Los asientos eléctricos empezaron a aparecer en los automóviles a finales de 1940. Los primeros permitían únicamente el ajuste de proa y popa, pero los actuales permiten configurar entre seis y ocho desplazamientos.

## **CAPÍTULO III**

### **DELIMITACIÓN DE REQUISITOS DEL DISPOSITIVO**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

El dispositivo es un sistema microprocesado para la administración de movimientos en asientos de potencia con tres ejes de desplazamiento, dotado con reconocimiento de usuarios y memoria de configuraciones favoritas a través de la lectura de su huella dactilar.

Los diversos mecanismos implementados en el sistema permiten:

- Procesar de manera precisa y con alta velocidad, los parámetros implicados en el movimiento del asiento de potencia.
- Verificar la identificación de los usuarios mediante su autenticación biométrica dactilar, para modificar el posicionamiento del asiento y configurar posiciones favoritas para cada persona.
- Manejar una base de datos de las huellas, nombres y preferencias de posicionamiento del asiento, para cada usuario.
- Utilizar una interfaz gráfica táctil amigable tanto para administrar el movimiento en tiempo real de los actuadores del asiento, como para modificar la información de la base de datos.
- Manejar botones virtuales sobre el panel táctil que permitan acceder a las diferentes opciones de la interfaz gráfica.

## **3.2. REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los requisitos se detallan teniendo en cuenta las especificaciones de potencia, funciones que realiza el dispositivo y condiciones del ambiente de trabajo.

### **3.2.1. REQUISITOS EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES DE POTENCIA**

- Protección contra conexión invertida y picos de voltaje, para evitar daños prematuros y permanentes en los módulos lógicos del dispositivo.
- Manejo de potencia suficiente para conmutar los pre – actuadores y actuadores administrados por el sistema.
- Consumo eléctrico reducido en estado de espera (ausencia de señal de contacto), para evitar que la batería del vehículo se descargue.
- Entrega de potencia eficiente por parte de los reguladores de voltaje, para permitir el funcionamiento seguro de todos los elementos electrónicos que forman parte del dispositivo.

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

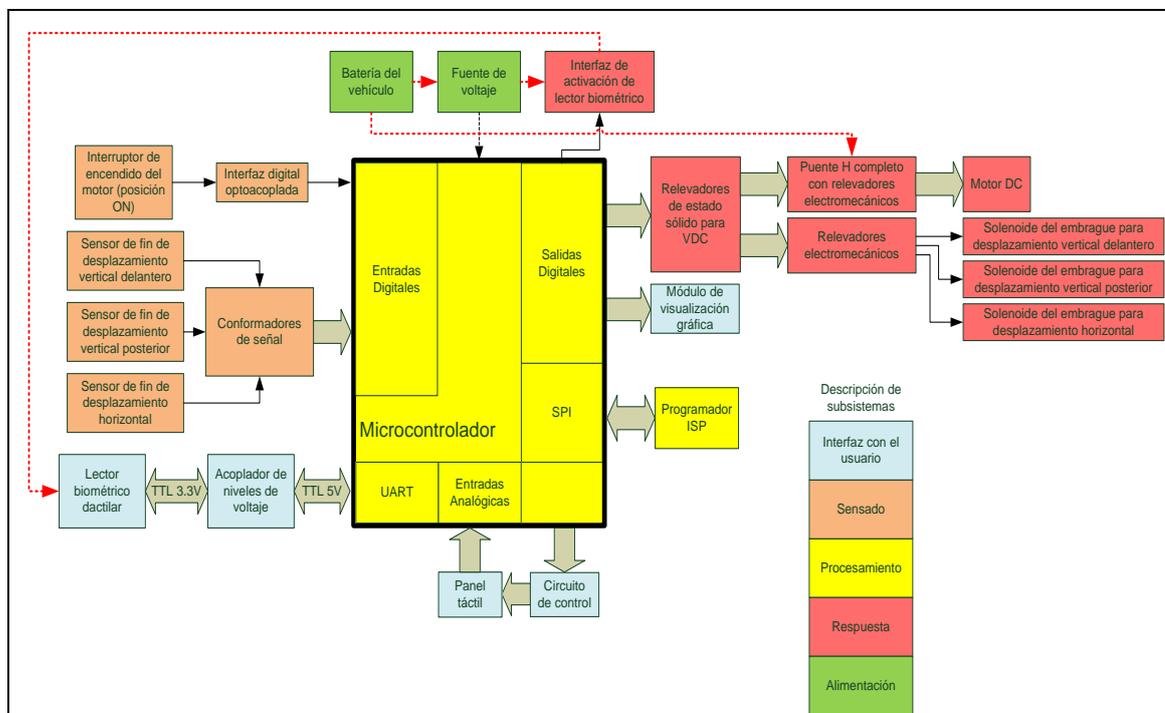
- Interfaz gráfica explícita y legible para el control táctil de las opciones de ajuste.
- Exactitud en la base de tiempo utilizada como referencia para los movimientos temporizados de los actuadores.
- Eficiencia en la lectura biométrica de huella dactilar, que asegure que el sistema pueda autenticar rápidamente a los usuarios.
- Alta velocidad de adquisición, procesamiento y ejecución de tareas.
- Robustez en el manejo de datos que impida que el sistema se congele.

### 3.2.3. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO

- Capacidad de trabajo eficiente bajo vibraciones producidas por la inestabilidad del motor o por las irregularidades del terreno.
- Inmunidad a la interferencia eléctrica generada por elementos inductivos conectados en el vehículo.
- Impacto moderado en los sistemas eléctricos del vehículo y del motor.
- Capacidad de funcionamiento en altas temperaturas de trabajo.

### 3.3. APROXIMACIÓN EN BLOQUES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El dispositivo de control se concibe a través de bloques agrupados en subsistemas, de acuerdo a sus funciones, tal como se muestra en la figura 3.1.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema

### **3.3.1. SUBSISTEMA DE SENSADO**

Se encarga de la adquisición y acondicionamiento de las señales lógicas proporcionadas por los sensores de final de carrera ubicados estratégicamente en los puntos de desplazamiento mínimo de los tres ejes de movimiento. Así, el subsistema de sensado permite que el subsistema de procesamiento conozca los puntos de enceramiento. Con esto se asegura la inicialización del asiento y se garantiza que, siempre que éste se posicione autónomamente, lo haga en referencia a puntos preestablecidos.

También se adquiere la señal de contacto. Cada vez que el usuario coloca el arnés de encendido en la posición ON, el sistema despierta; caso contrario, se pone en STAND BY.

### **3.3.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO**

Un microcontrolador, base fundamental del mecanismo, contiene algunos algoritmos que permiten realizar las siguientes funciones:

- Manejar el circuito de control del panel táctil y leer los voltajes de respuesta de éste, según la posición bidimensional del punto donde el usuario ha ejercido presión.
- Convertir la respuesta analógica del panel táctil, en un mapa virtual digitalizado bidimensional, cuya unidad mínima sea un píxel.
- Establecer comunicación serial asincrónica con el lector biométrico, para poder enviarle comandos y leer información de él.
- Establecer comunicación paralela con el módulo de visualización gráfica para manejar las visualizaciones en éste.
- Controlar las señales lógicas de activación de los actuadores, con las temporizaciones pertinentes, para asegurar el desplazamiento del asiento.

### **3.3.3. SUBSISTEMA DE INTERFAZ CON EL USUARIO**

Es la interfaz humano – máquina del módulo de control. Consta del lector biométrico con su respectivo circuito de acople de voltajes, el módulo de visualización GLCD y el panel táctil con su circuito manejador.

Su funcionamiento se basa en la emulación de la interfaz gráfica – táctil, con mensajes y botones virtuales, que facilitan la comprensión del funcionamiento y el acceso al sistema por parte del usuario.

El lector biométrico, posee un controlador incorporado. En base a esto, se puede indicar que los algoritmos de autenticación y la grabación y remoción de usuarios, son procesos realizados localmente por el lector. El microcontrolador se limita a enviar comandos hacia el módulo de lectura biométrica y recibir información desde éste.

Es importante resaltar que si bien el lector biométrico realiza localmente la autenticación de los usuarios, el microcontrolador maneja la base de datos de nombres y posiciones para cada usuario.

### **3.3.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA**

Comprende los relevadores de potencia con sus correspondientes interfaces. Su función es transformar las salidas digitales provenientes del microcontrolador, en suministros de corriente considerable. De esta manera se puede administrar el suplemento de potencia necesario para activar / desactivar los actuadores inmersos en el movimiento del asiento.

### **3.3.5. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

Se basa principalmente en un regulador que suministra el voltaje y amperaje requeridos por los componentes lógicos del sistema de control. Posee protecciones que garantizan la protección de la circuitería ante interferencia, conexión inversa y sobrevoltaje.

### 3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 3.4.1. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE

A continuación se realiza la selección de componentes de hardware y su justificación a través de criterios de diseño.

##### 3.4.1.1. SUBSISTEMA DE SENSADO

###### a. Sensores ópticos de desplazamiento

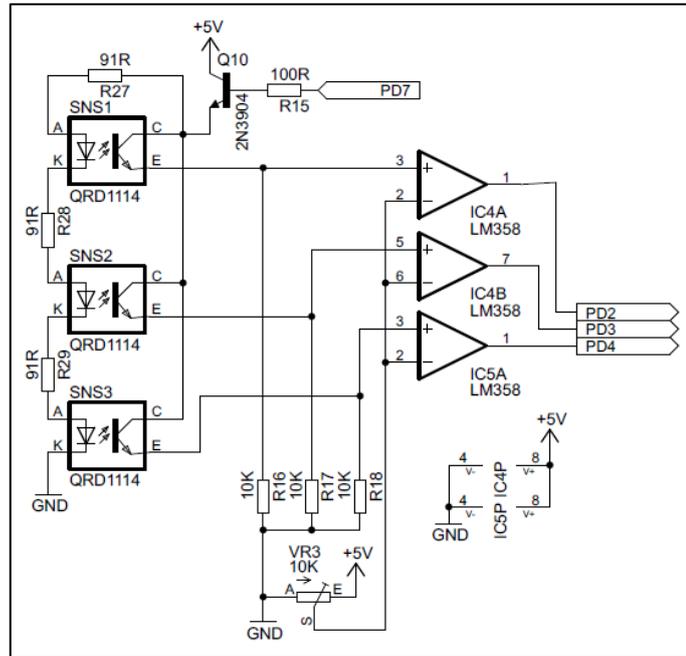
Se usa un sensor óptico por cada eje de desplazamiento del asiento. El dispositivo escogido es el sensor de objetos reflectivos QRD1114 y la tabla 3.1 resume sus características:

**Tabla 3.1.** Características del sensor óptico QRD1114

| ÍTEM  | QRD1114        |
|---|----------------|
| CAIDA DE VOLTAJE DEL LED ( $I_F$ )  | 1.2 [V]        |
| VOLTAJE REVERSO DEL LED ( $V_R$ )   | 100 [ $\mu$ A] |
| LONGITUD DE ONDA PICO EMITIDA POR EL LED ( $\lambda_{PE}$ )   | 940 [nm]       |
| CORRIENTE DE COLECTOR EN EL OPTOTRANSISTOR ( $I_C$ ) PARA:<br><br>$I_{F \text{ led}} = 20 \text{ mA}$<br><br>$V_{CE \text{ led}} = 5 \text{ V}$<br><br>$D = 6.8 \text{ mm}$ | 1 [mA]         |

**Fuente:** <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/ARA-ME-2510.pdf>

Como se puede observar en la figura 3.2 existen tres sensores, cada uno utilizado como final de carrera (sensor de posición mínima) de cada eje de desplazamiento del asiento.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.2. Sensores ópticos y conformadores de señal

El microcontrolador administra la polarización de los sensores a través del pin PD7 y el transistor en corte / saturación Q10. Los LEDs infrarrojos (emisores) de cada sensor se encuentran conectados en serie, a fin de aprovechar de manera eficiente la corriente proporcionada por el transistor de polarización. La ecuación 3.1 permite calcular la corriente que circula en el circuito.

|   |   |
|---|---|
| $I_{LED} = \frac{V_{IN} - V_{CE_{TFT}} - 3 * V_{F_{LED}}}{R27 + R28 + R29}$ | <p><b>Ecuación 3.1.</b> Corriente de polarización de los LEDs de los sensores conectados en serie</p> |
|---|---|

Fuente: Ramos Guillermo, *Electrónica Digital y Circuitos Integrados*, CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Pereira – Colombia, 2009. Pág. 41.

Considerando que el voltaje de entrada ( $V_{IN}$ ) es de 5V y que la caída de voltaje en el transistor saturado ( $V_{CE}$ ) es de 0.2V, la corriente en los LEDs de los sensores es:

$$I_{LED} = \frac{5V - 0.2V - 3 * 1.2V}{91\Omega + 91\Omega + 91\Omega} = 4.4mA$$

Este amperaje asegura el correcto encendido de los LEDs y por lo tanto el buen funcionamiento de cada receptor.

En referencia al circuito de los optotransistores, cuando una superficie reflectiva se coloca en frente de un sensor, existe conducción entre emisor y colector, proporcionando un voltaje alto cuyo valor varía en función de la distancia y la calidad de reflexión del objeto. Es importante indicar que el voltaje proporcionado no se encuentra dentro de las tolerancias especificadas para el 1L en TTL.

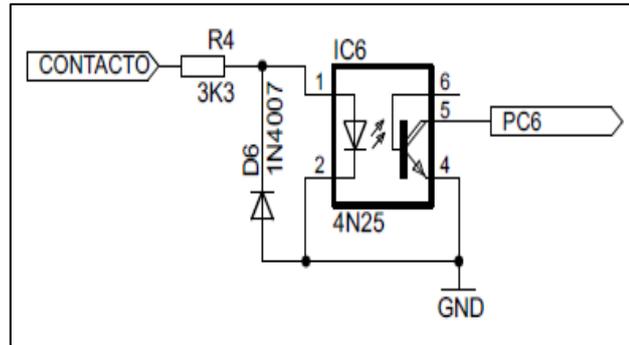
Ante la anterior problemática, el amplificador operacional LM358, en configuración de comparador de ventana, permite la conformación de los pulsos. Si el voltaje en la entrada (+) del amplificador es mayor o igual que el voltaje en la entrada (-) del mismo, por su salida se obtiene 5V (1L). Si sucede el caso contrario, se obtiene 0V (0L). El voltaje en el terminal (-) es ajustable a través del divisor de voltaje formado por el potenciómetro VR3, el mismo que permite consecuentemente, calibrar el voltaje de umbral a partir del cual, el amplificador proporciona 1L hacia el microcontrolador.

Cuando en frente del sensor existe una superficie opaca o simplemente no hay cuerpo alguno, el optotransistor se coloca en alta impedancia (desconexión) y por lo tanto la resistencia PULL – DOWN de 10K $\Omega$  asegura un nivel de voltaje de 0V.

#### **b. Señal de contacto**

Este circuito es usado para advertir al sistema de control, que el usuario ha colocado o retirado el contacto del vehículo.

Como se puede ver en la siguiente figura, el IRLED del optoacoplador 4N25 en serie con la resistencia limitadora de corriente R4, se polariza cada vez que le llega un voltaje alto. El diodo D6 en conexión antiparalela, impide que voltajes reversos polaricen inversamente y quemem el emisor de luz.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

**Figura 3.3.** Interfaz lógica optocoplada para detección de señal de contacto

Es necesario indicar que la interfaz trabaja con lógica invertida. Cuando existe señal de contacto, el LED se enciende y excita al optotransistor, provocando que éste conduzca. Al conducir deriva tierra ya que su configuración es de tipo sumidero. Con las condiciones contrarias, el optotransistor se coloca en alta impedancia, permitiendo que la resistencia interna del microcontrolador coloque un estado lógico alto.

Para un voltaje mínimo de 10V en el suministro de corriente del automóvil y una caída de voltaje máxima de 1.35V en el LED, utilizando la ecuación 3.2 se calculan 2.6mA circulando a través del circuito emisor.

|   |   |
|---|---|
| $I_{F\text{ mínima}} = \frac{V_{\text{mínimo}} - V_{IRLED}}{R}$ | <b>Ecuación 3.2.</b> Corriente mínima a través del LED de un optocoplador |
|---|---|

**Fuente:** RAMOS Guillermo, *Electrónica Digital y Circuitos Integrados*, CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Pereira – Colombia, 2009. Pág. 41.

$$I_{\text{mínima}} = \frac{10V - 1.35V}{3.3K\Omega} = 2.6mA$$

Con una corriente de 512µA consumida por la resistencia PULL UP interna del microcontrolador y de 15µA requerida por la entrada de éste, el radio de transferencia de corriente máximo requerido por el sistema es de 0.2.

$$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{I_{C\acute{m}aximo}}{I_{F\acute{m}inima}}$$

**Ecuación 3.3.** Radio de transferencia en un optoacoplador

**Fuente:** RAMOS Guillermo, *Electrónica Digital y Circuitos Integrados*, CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Pereira – Colombia, 2009. Pág. 41.

$$CTR_{m\acute{a}ximo} = \frac{0.512mA + 15\mu A}{2.6mA} = 0.2$$

El CTR requerido es igual al especificado para esa corriente según la hoja de datos del optoacoplador. Esto afianza su operación para condiciones reales.

### 3.4.1.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO

#### a. Microcontrolador

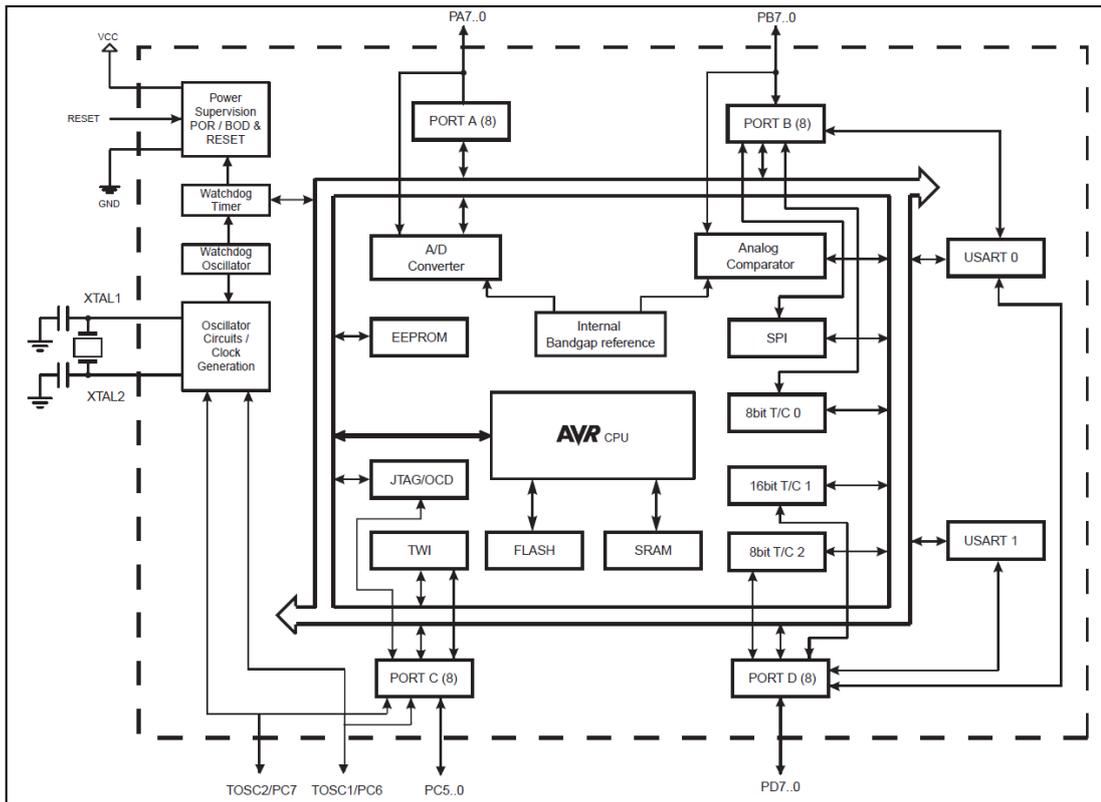
Los microcontroladores son los dispositivos más utilizados en el desarrollo de sistemas embebidos. Dentro de decenas de marcas de semiconductores, la familia AVR de ATMEL posee ciertas características que la hace idónea para aplicaciones específicas debido a su reducido consumo, reloj interno, altos MIPS, bajo costo, entre otros.

El ATMEGA324 es un microcontrolador de alta inmunidad a la interferencia eléctrica y gran memoria de programa. Las siguientes son varias características importantes de este dispositivo:

- Memoria FLASH de 32Kbytes.
- Memoria RAM de 2Kbytes
- Tres módulos temporizadores (TIMER0 a TIMER2).
- Módulo UART (Transmisor receptor asincrónico universal), con registros de trabajo independientes para transmisión y recepción.
- Conversor análogo – digital de hasta 8 canales con resolución de 10 bits y tiempo de adquisición programable.
- Oscilador interno RC calibrado de 8Mhz con un THROUGHPUT de 8MIPS.

- Multiplicación en hardware en un ciclo de instrucción.
- Arquitectura optimizada para compilación en lenguaje C, con set extendido de instrucciones.
- Rango de voltaje de operación entre 2.7V y 5.5V.
- Capacidad de retención de datos de 100 años a 25°C.

En la figura 3.4 detalla su estructura interna:



Fuente: [www.atmel.com/images/doc7674.pdf](http://www.atmel.com/images/doc7674.pdf)

**Figura 3.4.** Diagrama de bloques del ATmega324

Una característica especial de configuración del hardware del microcontrolador es que el voltaje de alimentación, al igual que en el resto del circuito, es de 5V. También es importante mencionar que la mayoría de los pines utilizados como entradas digitales, tienen una resistencia PULL UP interna que mantiene un nivel lógico alto cuando no hay presencia de señales.

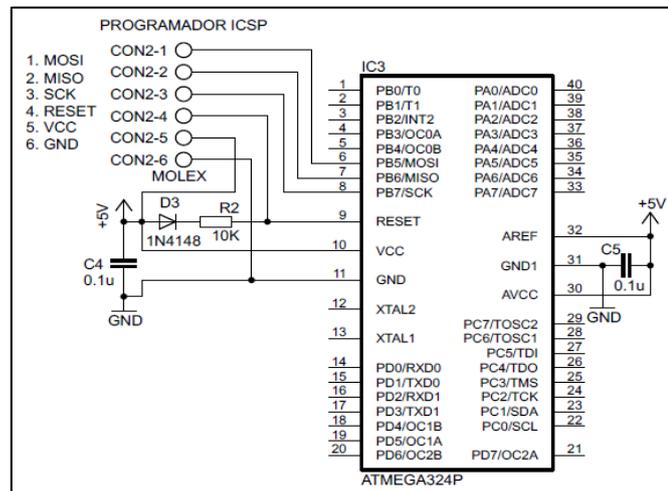
La tabla 3.2 resume el destino de conexión de cada uno de los pines del microcontrolador. Define además si son entradas o salidas, y en el caso de ser entradas, si éstas son análogas o digitales.

**Tabla 3.2.** Configuración de pines del microcontrolador

| <b>CONFIGURACIÓN DE PUERTOS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA644P</b> |           |            |            |            |  |
|---|-----------|------------|------------|------------|--|
| <b>NOMBRE</b>   |           | <b>PIN</b> | <b>E/S</b> | <b>A/D</b> | <b>FUNCIÓN / OBSERVACIÓN</b>                 |
| <b>PORTA</b>  | PA0/ADC0  | 40         | S          | D          | CONTROL 1 MOTOR DC ASIENTO                   |
|   | PA1/ADC1  | 39         | S          | D          | CONTROL 2 MOTOR DC ASIENTO                   |
|   | PA2/ADC2  | 38         | S          | D          | CONTROL SOLENOIDE VERTICAL DELANTERO ASIENTO |
|   | PA3/ADC3  | 37         | S          | D          | CONTROL SOLENOIDE VERTICAL POSTERIOR ASIENTO |
|   | PA4/ADC4  | 36         | S          | D          | CONTROL SOLENOIDE HORIZONTAL ASIENTO         |
|   | PA5/ADC5  | 35         | E          | A          | LECTURA POSICIÓN X PANEL TÁCTIL              |
|   | PA6/ADC6  | 34         | E          | A          | LECTURA POSICIÓN Y PANEL TÁCTIL              |
|   | PA7/ADC7  | 33         | S          | D          | SALIDA 1 CONTROL PANEL TÁCTIL                |
| <b>PORTB</b>  | PB0/T0    | 1          | S          | D          | DB0 GLCD                                     |
|   | PB1/T1    | 2          | S          | D          | DB1 GLCD                                     |
|   | PB2/INT2  | 3          | S          | D          | DB2 GLCD                                     |
|   | PB3/OC0A  | 4          | S          | D          | DB3 GLCD                                     |
|   | PB4/OC0B  | 5          | S          | D          | DB4 GLCD                                     |
|   | PB5/MOSI  | 6          | S          | D          | DB5 GLCD                                     |
|   | PB6/MISO  | 7          | S          | D          | DB6 GLCD                                     |
|   | PB7/SCK   | 8          | S          | D          | DB7 GLCD                                     |
| <b>PORTC</b>  | PC0/SCL   | 22         | S          | D          | RS GLCD                                      |
|   | PC1/SDA   | 23         | S          | D          | RW GLCD                                      |
|   | PC2/TCK   | 24         | S          | D          | E GLCD                                       |
|   | PC3/TMS   | 25         | S          | D          | CS1 GLCD                                     |
|   | PC4/TDO   | 26         | S          | D          | CS2 GLCD                                     |
|   | PC5/TDI   | 27         | S          | D          | RST GLCD                                     |
|   | PC6/TOSC1 | 28         | E          | D          | SEÑAL CONTACTO                               |
|   | PC7/TOSC2 | 29         | S          | D          | SALIDA 2 CONTROL PANEL TÁCTIL                |
| <b>PORTD</b>  | PD0/RXD0  | 14         | E          | D          | TX LECTOR BIOMÉTRICO                         |
|   | PD1/TXD0  | 15         | S          | D          | RX LECTOR BIOMÉTRICO                         |
|   | PD2/RXD1  | 16         | E          | D          | SENSOR POSICIÓN VERTICAL DELANTERA MÍNIMA    |
|   | PD3/TXD1  | 17         | E          | D          | SENSOR POSICIÓN VERTICAL POSTERIOR MÍNIMA    |
|   | PD4/OC1B  | 18         | E          | D          | SENSOR POSICIÓN HORIZONTAL MÍNIMA            |
|   | PD5/OC1A  | 19         | -          | -          | -  |
|   | PD6/OC2B  | 20         | S          | D          | ACTIVACIÓN ALIMENTACIÓN LECTOR BIOMÉTRICO    |
|   | PD7/OC2A  | 21         | S          | D          | ACTIVACIÓN BACKLIGHT Y SENSORES ÓPTICOS      |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

La figura 3.5 subsiguiente muestra el circuito principal de conexión del microcontrolador. Nótese la existencia del circuito para programación serial, que se usa para actualizar el firmware sin necesidad de sacar el microcontrolador de la placa de circuito impreso.



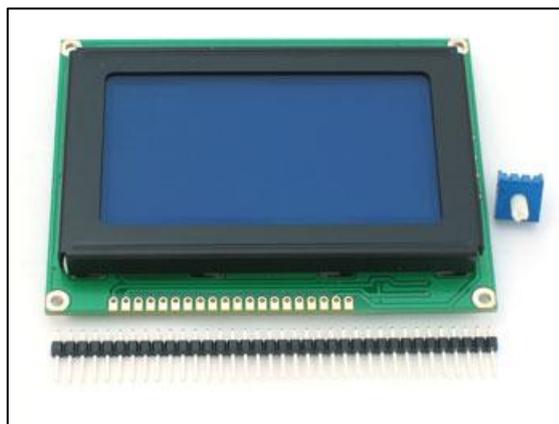
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.5. Circuito de conexión del microcontrolador

### 3.4.1.3. SUBSISTEMA DE INTERFAZ CON EL USUARIO

#### a. Módulo de visualización

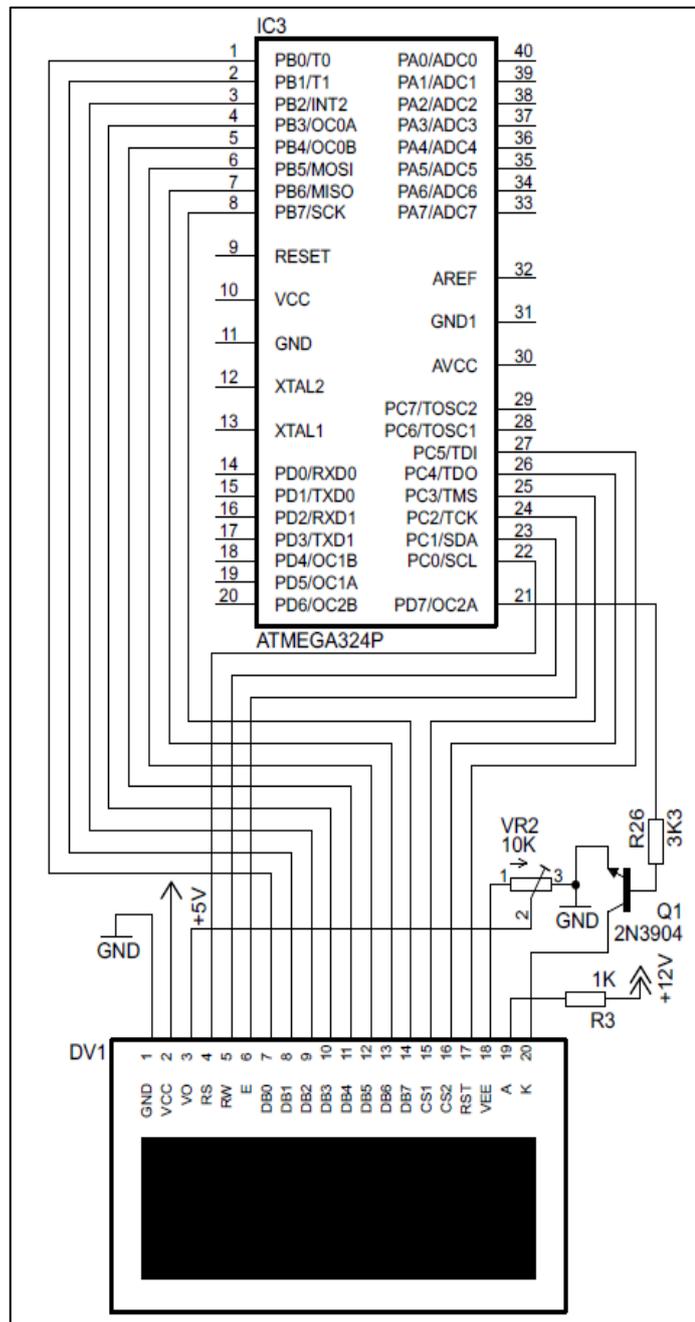
Se maneja un visualizador gráfico de 128x64 píxeles con procesador SAMSUNG KS0108 que permite al usuario observar en tiempo real, gráfica y alfanuméricamente los mensajes y eventos del sistema.



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/ks0108-dot-matrix-stn-graphic-lcd-128x64-93-x-70x14mm--568381269.html>

Figura 3.6. Imagen de la pantalla GLCD KS0108

Tal como se observa en la siguiente figura, las patitas PC<0:5> del ATMEGA324, configuradas como salidas, manejan los pines de control; el bus de datos está implementado en las salidas PB<0:7>



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.7. Conexión del módulo GLCD

Los LEDs de retroiluminación de la pantalla GLCD, son alimentados desde el suministro de corriente principal y a través de la resistencia limitadora de corriente R3. Esto se hace debido a que el consumo alto de los emisores de luz provocaría sobrecalentamiento en el regulador de voltaje. El transistor Q1, en corte y saturación, permite la conmutación de la luz según lo ordenado por el microcontrolador.

El ajuste de contraste se realiza al regular el voltaje que polariza al pin VO, mediante el potenciómetro VR2. Es importante resaltar que el voltaje negativo necesario para el contraste, es generado por el propio módulo GLCD a través del pin VEE.

#### **b. Lector biométrico de huella dactilar**

Se usa el escáner de deslizamiento ARA-ME-01 de ARATEK. Se caracteriza por su bajo costo, buen desempeño y alta versatilidad. Ofrece beneficios tales como alto rendimiento en la identificación, baja potencia de consumo e interfaz serial a nivel TTL a través de comandos propietarios para su fácil integración en una amplia gama de aplicaciones.



**Fuente:** [http://www.olimex.cl/product\\_info.php?products\\_id=481](http://www.olimex.cl/product_info.php?products_id=481)

**Figura 3.8.** Imagen del escáner de huella dactilar ARA-ME-0

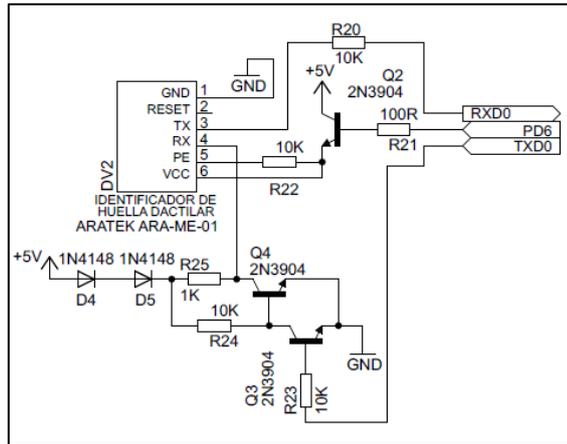
Puede ser conectado a un ordenador o directamente a cualquier sistema embebido entrenado con su protocolo de comunicación propietario. La tabla 3.3 resume sus características principales:

**Tabla 3.3.** Características del lector ARA-ME-01 de ARATEK

| ITEM                                 | ARA-ME-01                        |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| SENSOR                               | AES2510                          |
| TAMAÑO DE IMAGEN                     | 256x288 [píxel]                  |
| RESOLUCIÓN                           | 500 [dpi]                        |
| TIEMPO DE REGISTRO                   | <3 [seg]                         |
| TIEMPO DE COMPARACIÓN                | <500 [mseg]                      |
| TASA DE FALSO RECHAZO (FRR)          | <0.1 [%]                         |
| TASA DE FALSA ACEPTACIÓN (FAR)       | <0.001 [%]                       |
| CAPACIDAD DE GRABACIÓN DE<br>HUELLAS | 120 [huellas]                    |
| ALIMENTACIÓN                         | 4.5 ~ 5.5 [V]                    |
| CONSUMO DE CORRIENTE                 | 50 ~ 80 [mA]                     |
| TEMPERATURA DE OPERACIÓN             | -20 ~ 70 [°C ]                   |
| HUMEDAD                              | 90 [% RH ]                       |
| TOLERANCIA A DESCARGAS<br>ESTÁTICAS  | ± 8 [KV] (indirecto)             |
| CANAL DE COMUNICACIÓN                | TTL 3.3V, 9600 ~ 115200<br>[bps] |

**Fuente:** <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/ARA-ME-2510.pdf>

Una de las particularidades del circuito radica en que el identificador de huellas permanece sin alimentación, a menos que el microcontrolador encienda el circuito de activación conformado por R21 y Q2. Esta característica evita el consumo innecesario de corriente.



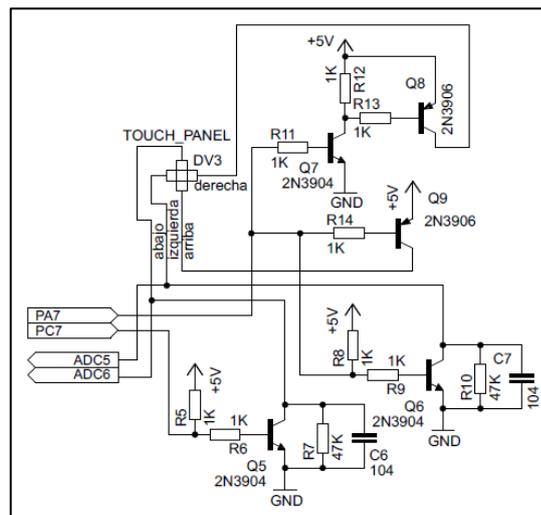
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.9. Conexión del lector biométrico dactilar

Además, el arreglo DARLINGTON entre el transistor Q3 y Q4 con sus respectivas resistencias y diodos, permite transformar los 5V transmitidos por el microcontrolador, en voltajes de 3.3V compatibles con el receptor del lector biométrico.

### c. Panel táctil

Para conectar el panel táctil al microcontrolador, es preciso utilizar el circuito de control indicado en la figura 3.10. Por medio de este circuito, el microcontrolador conecta los contactos adecuados del panel táctil a masa y a tensión de alimentación para determinar las coordenadas X e Y, alternadamente.



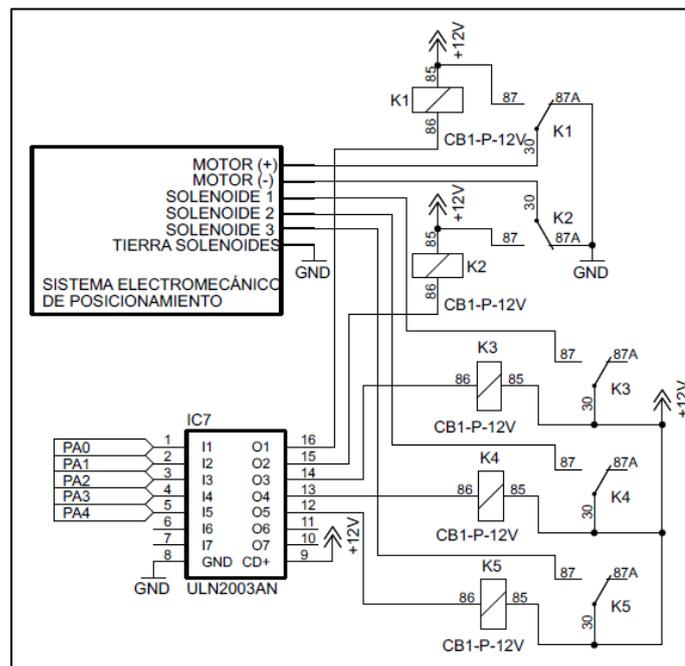
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.10. Circuito de control del panel táctil

El contacto inferior de la superficie Y y el contacto izquierdo de la superficie X están conectados al conversor A/D del microcontrolador. Las coordenadas X e Y se determinan midiendo la tensión en los respectivos contactos. La manera de interpretar los voltajes dentro del microcontrolador, se detallará en la sección correspondiente al firmware.

### 3.4.1.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

Los relevadores de estado sólido le permiten al mecanismo tener la corriente necesaria para manejar los relés electromecánicos que a la vez, conmutarán el motor y los solenoides de los embragues del asiento de potencia.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.11. Conexión de los elementos de potencia

Como se puede observar en la figura 3.11 cuando una salida del microcontrolador se pone en alto, un canal del arreglo ULN2003N se polariza y deriva 0V con una corriente de 500mA pico. Esto provoca que el relevador se active y a su vez pueda conmutar cargas de hasta 1200W. IC7 posee un diodo en antiparalelo por canal, que permite proteger al circuito de voltajes reversos inducidos en las bobinas de los relés.

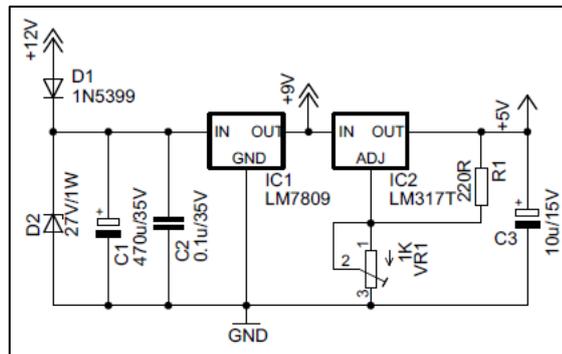
Haciendo referencia a la conexión de las cargas en los relés, se puede indicar que K1 y K2 están conectados formando un puente H completo. Esta configuración permite encender el motor DC del asiento, invertir el sentido de giro y apagarlo.

Los relés K3, K4, K5, están conectados para proporcionar 12V hacia los solenoides de activación del movimiento vertical delantero, vertical posterior y horizontal, respectivamente.

### 3.4.1.5. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La tensión de alimentación se obtiene directamente de la batería del automóvil, se filtra y se aplica regulada al circuito lógico. La fuente convierte el voltaje de 12V de entrada en una tensión constante de 5.0V.

En la figura 3.12 la fuente de alimentación consta de un rectificador (D1), una protección por sobretensión (D2), un filtro (C1, C2, C3), un regulador lineal fijo de 9V (IC1) y un regulador variable calibrado a 5V (IC2).



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

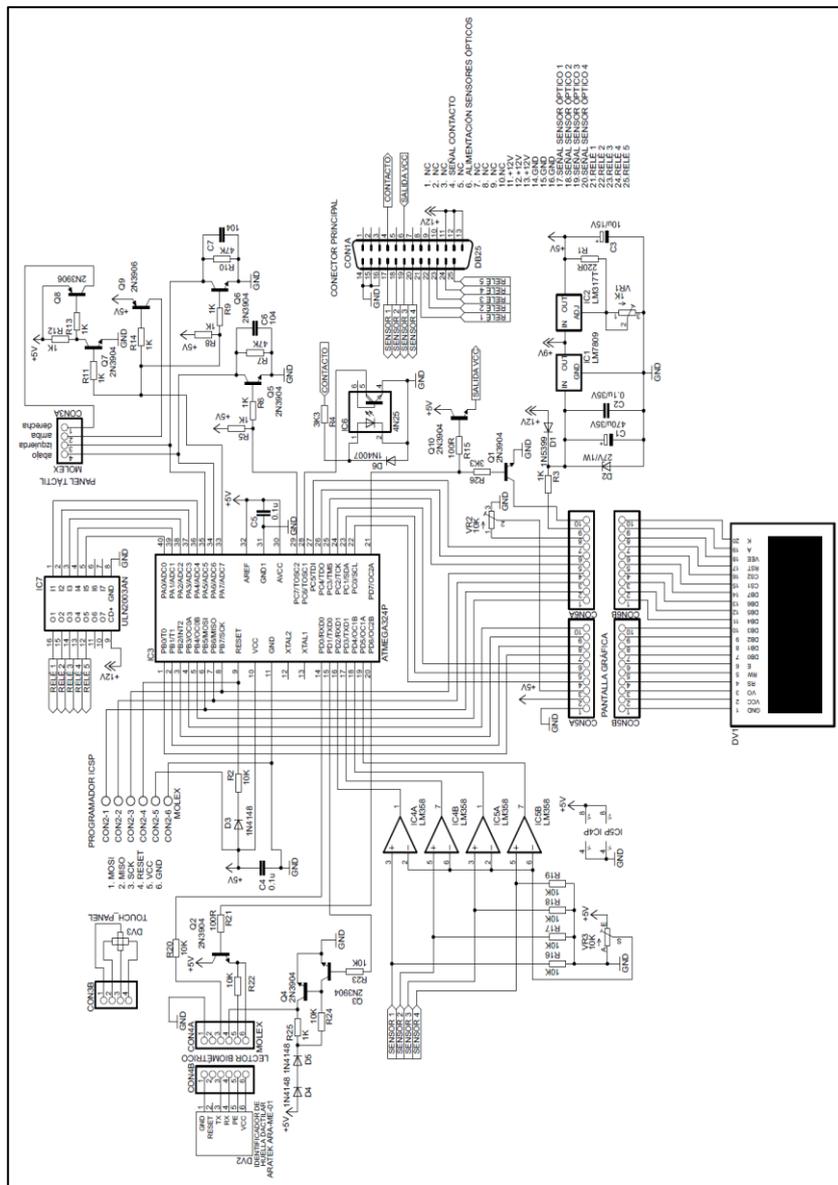
Figura 3.12. Circuito de alimentación

La regulación se hace en etapas: primero se regula a 9V y luego a 5V. De esta manera, la caída de voltaje de 9V (considerando un voltaje de entrada de 12V), se disipa en algunos integrados. Así, los reguladores de voltaje se calientan menos.

La corriente que puede suministrar el regulador según las hojas de datos, es de máximo 1A. Este valor es suficiente para satisfacer las necesidades de potencia del circuito.

### 3.4.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL

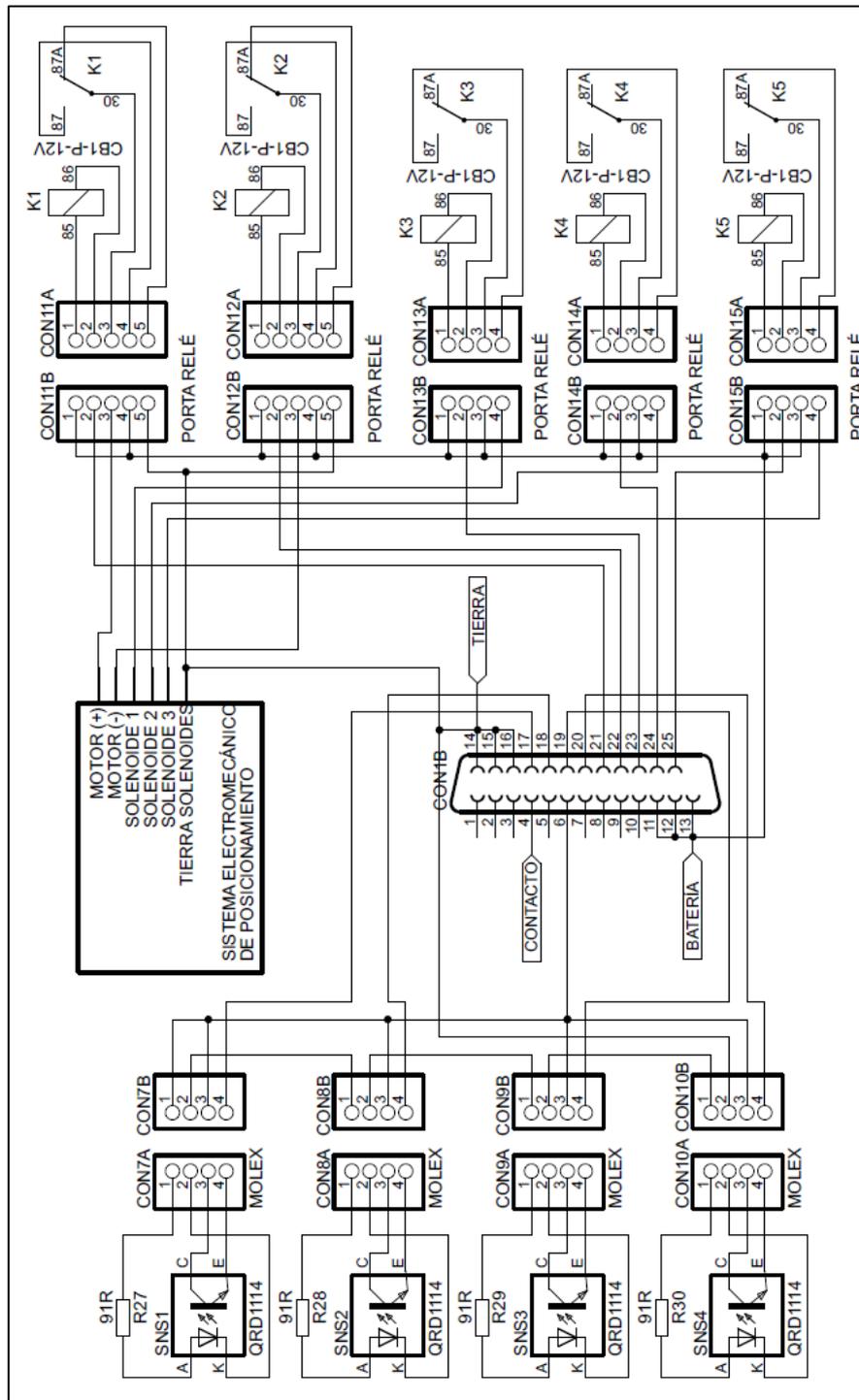
En el diagrama esquemático general se congrega todos los circuitos estudiados, más ciertos componentes de igual importancia como son los terminales de conexión y los condensadores de desacople.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 3.13. Diagrama esquemático general del módulo de control de asientos de potencia

La figura 3.14 muestra el circuito de conexión de todos los componentes que no se encuentran dentro de la placa del módulo de control. Se pueden observar los relevadores automotrices, los sensores finales de carrera y el sistema electromecánico de posicionamiento del asiento.

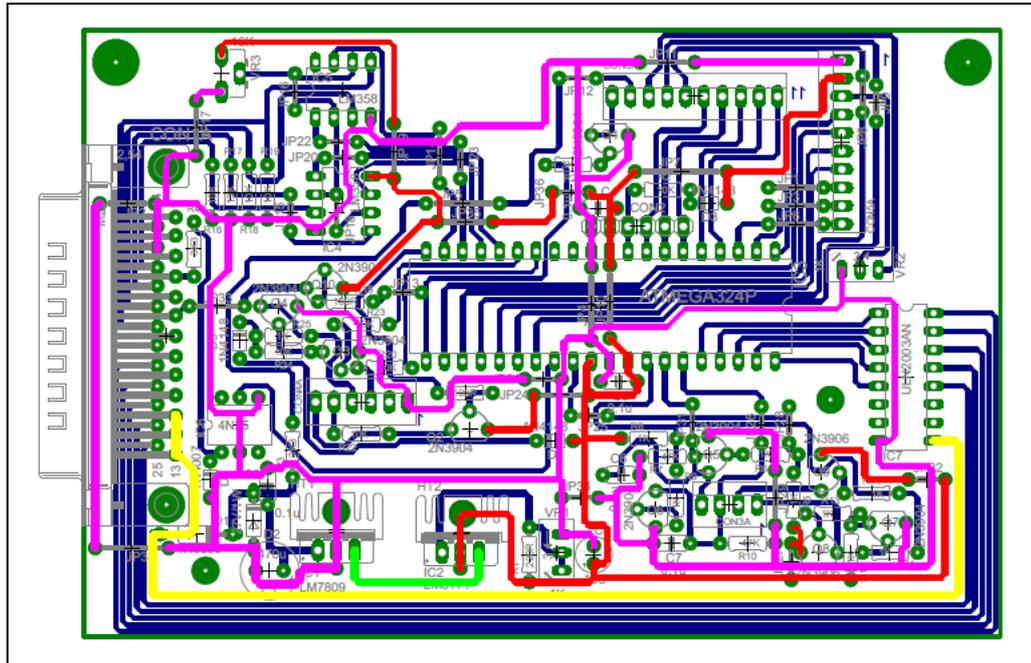


Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.14. Diagrama de conexión de los sensores, preactuadores y actuadores

### 3.4.3. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO

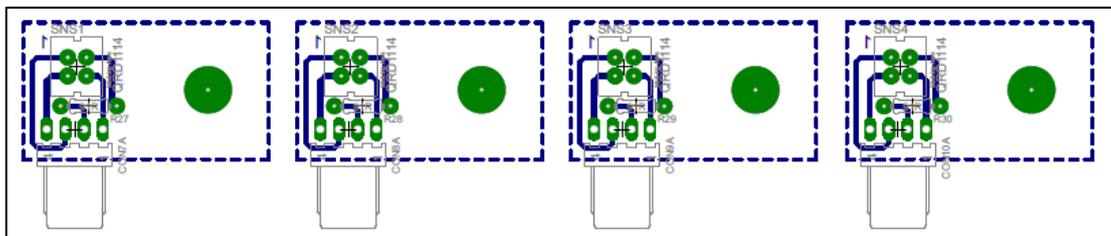
El diseño de las placas se realizó procurando ocupar la menor área posible, para facilitar la instalación del circuito de control en cualquier parte del vehículo.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Proteus 7.6)

Figura 3.15. PCB de la placa principal

Las siguientes PCBs contienen la circuitería básica para el manejo de los sensores ópticos de presencia. Proporcionan además el espacio adecuado para la sujeción de éstos al chasis del asiento de potencia.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Proteus 7.6)

Figura 3.16. PCBs de los sensores ópticos de posición

#### **3.4.4. DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE**

El compilador CODEVISION AVR se utilizó para la programación del firmware de este dispositivo. Se lo ha escogido ya que incluye librerías y ejemplos que permiten al programador acceder a la información necesaria para configurar el hardware de los microcontroladores AVR de una manera eficaz.

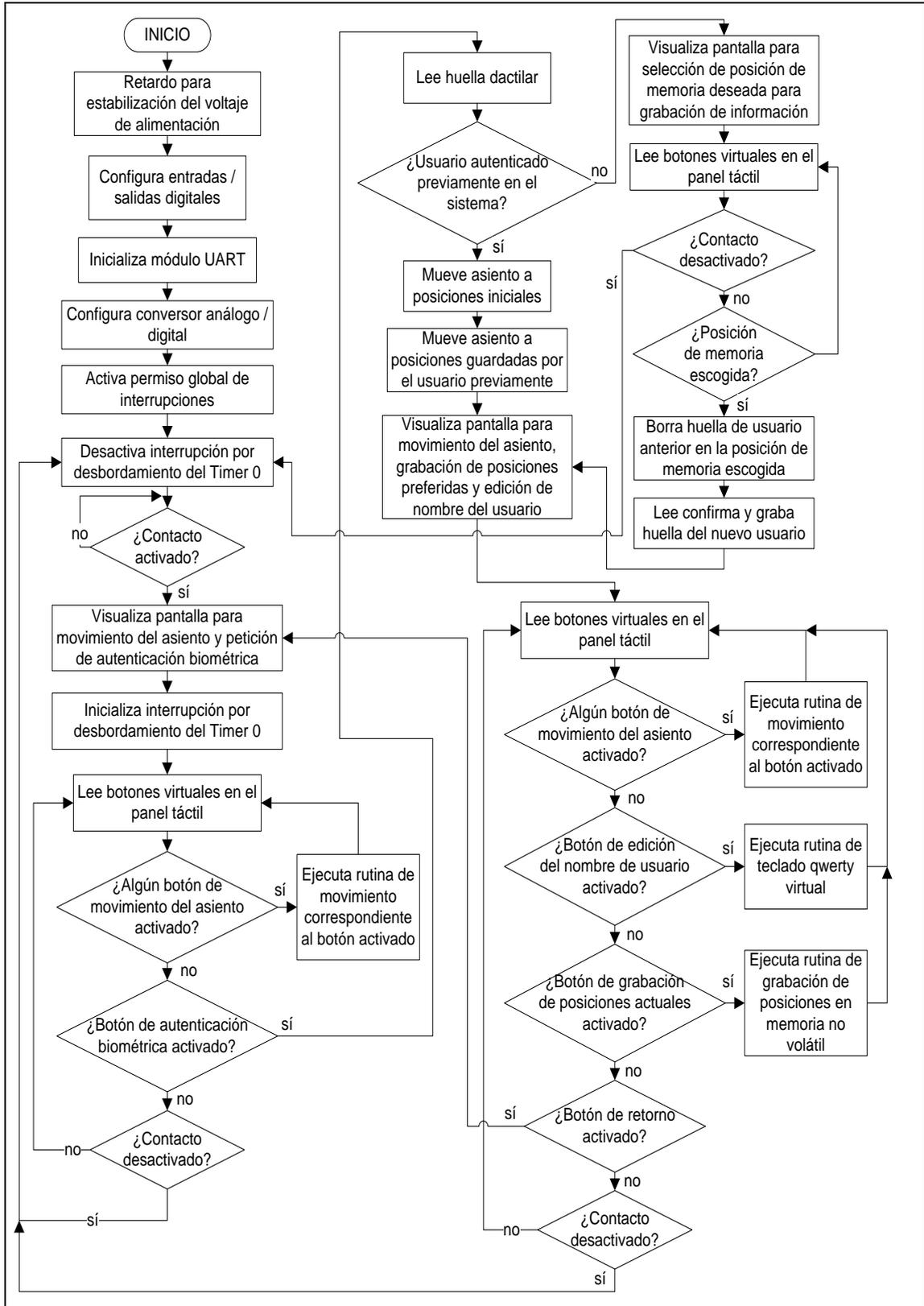
A continuación se describen de manera general los algoritmos programados en el microcontrolador.

##### **3.4.4.1. PROGRAMA PRINCIPAL**

El siguiente diagrama de flujo detalla el funcionamiento del programa principal. Es importante indicar que no se pormenorizan los mensajes observados en la pantalla gráfica, ya que se sobreentienden de acuerdo a las acciones tomadas por microcontrolador

Las siguientes son características importantes del programa:

- El funcionamiento del programa se basa en una máquina de estados (cambio de estado de ejecución ante un evento o condición).
- El acceso al módulo biométrico se realiza a través de comunicación serial asíncrona. Bajo condiciones normales de funcionamiento, todo comando transmitido por el microcontrolador en el programa principal, es contestado por una trama de respuesta del lector biométrico, la cual se recibe mediante la rutina especial de interrupción por recepción UART.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

Figura 3.17. Diagrama de flujo del programa principal

Las configuraciones realizadas en cada uno de los módulos del microcontrolador se resumen en la tabla 3.4:

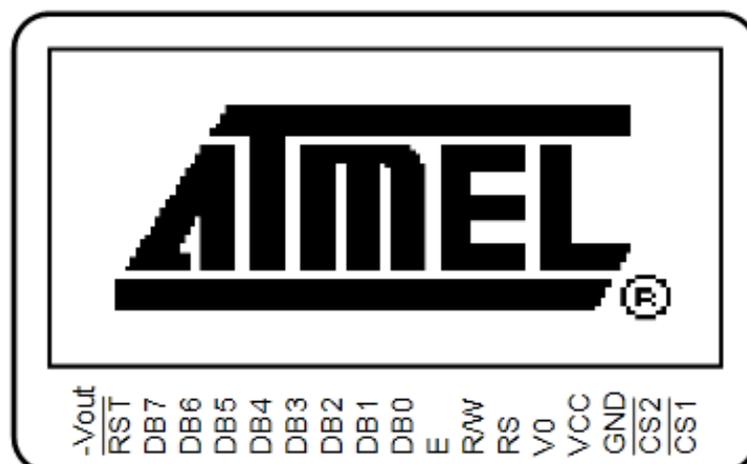
**Tabla 3.4.** Configuraciones de los distintos módulos del microcontrolador

| MÓDULO                    | CONFIGURACIÓN  |
|---------------------------|--|
| ENTRADAS DIGITALES        | Resistencias PULL UP activadas   |
| MÓDULO UART               | 9600bps, 8 bits de datos, 1 bit de parada, ningún método de paridad, interrupción por recepción de byte          |
| CONVERSOR ANÁLOGO DIGITAL | Reloj 125Khz, resolución 10bits, referencia de voltaje en pin AREF, no autodisparo, sólo canales 5 y 6 activados |
| TIMER 0                   | Desbordamiento cada 20mseg, interrupción por desbordamiento  |

Fuente: [www.atmel.com/images/doc7674.pdf](http://www.atmel.com/images/doc7674.pdf)

### a. Visualizaciones

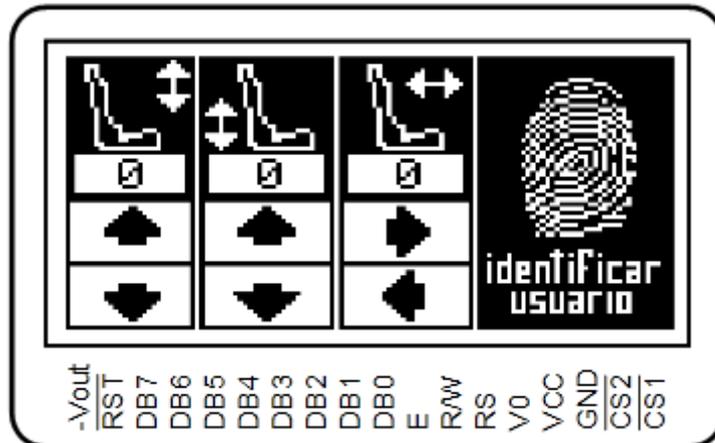
Cuando se enciende la alimentación del dispositivo este permanece aletargado hasta que se coloque contacto. En este momento se indica una pantalla de bienvenida con el logotipo de la marca del microcontrolador.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

**Figura 3.18.** Presentación de la pantalla de bienvenida

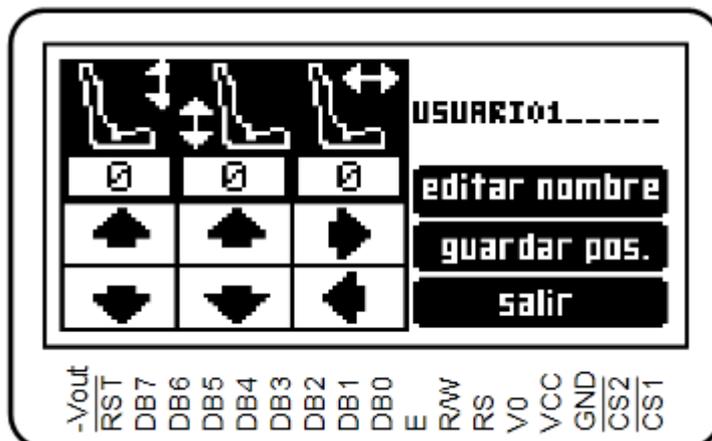
Luego de pocos instantes, se presenta la máscara con los botones virtuales que permiten escoger los seis tipos de movimientos del asiento, o bien, la identificación biométrica del usuario. Nótese en la figura 3.19 los números indicadores de las posiciones requeridas en los tres ejes de movimiento, valiendo 0 para las posiciones mínimas y 10 para las máximas.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

**Figura 3.19.** Presentación de la pantalla principal

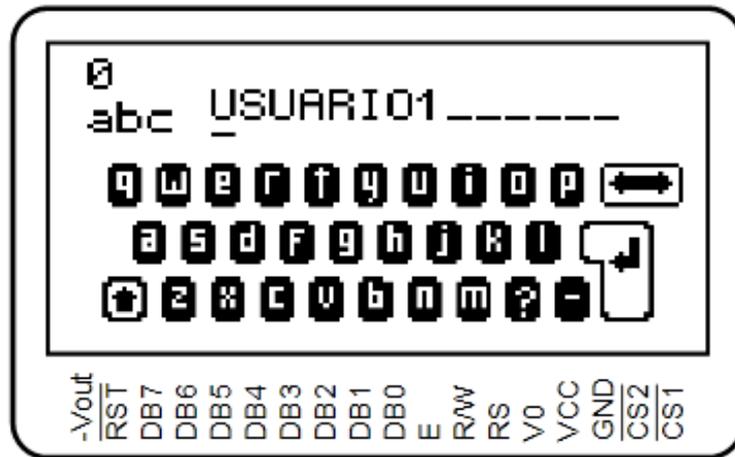
Si el usuario presiona en el botón de identificar huella, indistintamente de si es usuario guardado o es nuevo, siempre llegará a la pantalla de configuración que se observa en la figura 3.20 En esta interfaz también se puede modificar la posición actual del asiento, pero además se puede configurar la información referente al usuario autenticado.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

**Figura 3.20.** Presentación de la pantalla de configuración

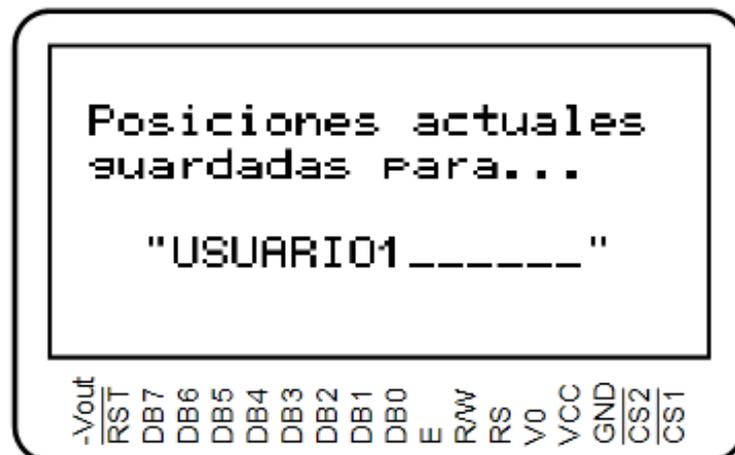
Si se presiona en el botón de edición de nombre, aparece la interfaz con el teclado QWERTY que permite modificar en memoria no volátil el nombre que pertenece a un registro de usuario. El teclado se lo puede observar en la figura 3.21.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.21. Presentación del teclado QWERTY virtual

Por otro lado, si se presiona el botón de guardar posición en la misma pantalla de configuración, los valores de los contadores de posición actuales se almacenan en memoria no volátil y se puede observar la figura 3.22.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.22. Presentación del mensaje de almacenamiento de posiciones en memoria no volátil

En la figura 3.23 aparece únicamente cuando se ha leído la huella de un usuario y ésta no aparece en la base de datos del sistema (usuario nuevo). Indica los botones correspondientes a las diez localidades de memoria disponibles, con el nombre de los respectivos ocupantes previos. Una vez que el nuevo usuario presione sobre cualquiera de los botones, se borrará la información del anterior usuario.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

**Figura 3.23.** Presentación de las localidades de memoria que puede escoger un nuevo usuario

### 3.4.4.2. SUBROUTINAS ESPECIALES

A continuación se describen las subrutinas más relevantes del programa principal.

#### a. Panel táctil

El procedimiento para determinar las coordenadas de la posición del panel que ha sido presionada, puede dividirse en dos pasos. El primero es la determinación de la coordenada X y el segundo el de la coordenada Y del punto.

Para determinar la coordenada X, es preciso conectar el contacto izquierdo de la superficie X a masa y el contacto derecho a la fuente de alimentación. Esto permite obtener un divisor de tensión presionando el panel táctil. El valor de la

tensión obtenida en el divisor se puede leer en el contacto inferior de la superficie Y. La tensión variará en el rango de 0V a la tensión suministrada por la fuente de alimentación y depende de la coordenada X. Si el punto está próximo al contacto izquierdo de la superficie X, la tensión estará próxima a 0 V.

Para la determinación de la coordenada Y, es preciso conectar el contacto inferior de la superficie Y a masa, mientras que el contacto superior se conectará a la fuente de alimentación. En este caso, la lectura de la tensión se hará en el contacto izquierdo de la superficie X.

Para realizar la transformación de voltajes a coordenadas virtuales en el eje X, el algoritmo hace una resta entre el voltaje obtenido al presionar sobre el punto extremo derecho y el obtenido con el extremo izquierdo. Este resultado, medido en voltios, corresponde a los 128 píxeles que la pantalla GLCD tiene de ancho de imagen. Con estos dos valores se obtiene el factor de conversión que da origen al siguiente modelo:

|   |  |
|---|--|
| $Pixel_x = \frac{128\text{ píxel}}{V_{x_{\max}} - V_{x_{\min}}} \cdot (V_{in_x})$ | <p><b>Ecuación 3.4.</b> Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje X del panel táctil</p> |
|---|--|

**Fuente:** GADRE Dhananjay, Programming and Customizing the AVR Microcontroller, McGraw – Hill, USA, 2009. Pág. 158.

En la ecuación 3.4 el píxel presionado en X, se obtiene al reemplazar  $V_{in_x}$  por el valor del voltaje obtenido mediante el conversor análogo – digital.

Similar procedimiento se realiza para transformar voltajes a coordenadas virtuales en el eje Y, considerando el voltaje obtenido al presionar el extremo superior y el extremo inferior del panel táctil. Hay que tener en cuenta que la pantalla tiene 64 píxeles de alto.

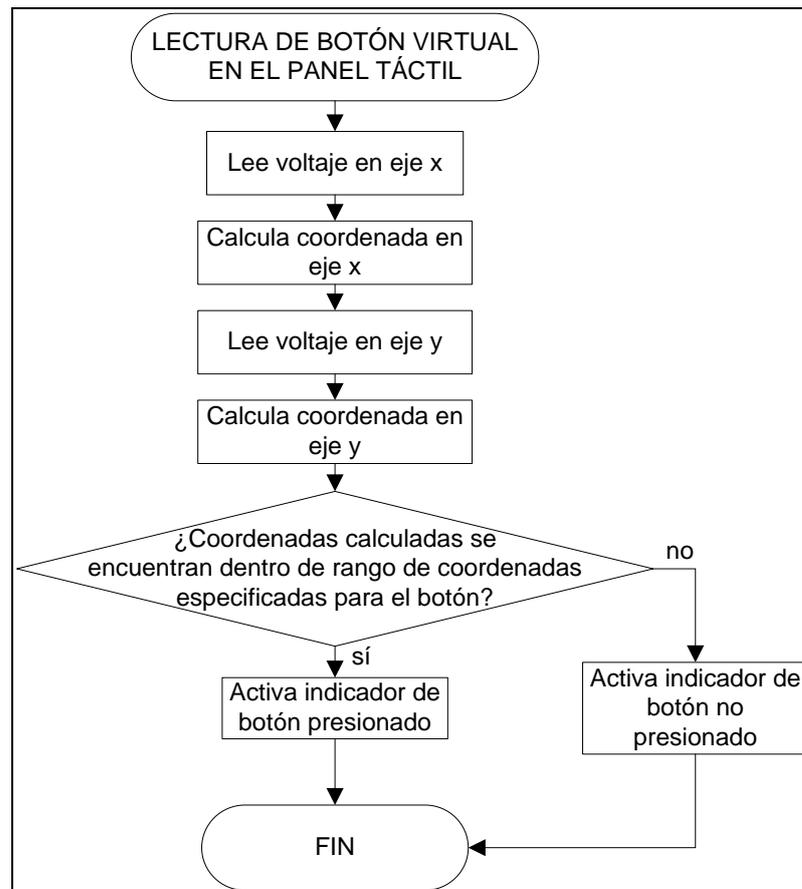
|  |   |
|--|---|
| $Pixel_y = \frac{64 \text{ píxel}}{Vy_{\max} - Vy_{\min}} \cdot (Vin_y)$ | <b>Ecuación 3.5.</b> Relación entre el voltaje de entrada y su píxel de equivalencia en el eje Y del panel táctil |
|--|---|

**Fuente:** GADRE Dhananjay, Programming and Customizing the AVR Microcontroller, McGraw – Hill, USA, 2009. Pág. 158.

### b. Teclado virtual

El teclado virtual sobre la pantalla táctil tiene un algoritmo simple. La lectura de cada botón consiste únicamente en aislar el área y posición que cada uno ocupa en la pantalla.

Si el usuario presionó en un área comprendida entre los rangos X y Y correspondientes a un botón, el sistema asigna la función predeterminada para éste.

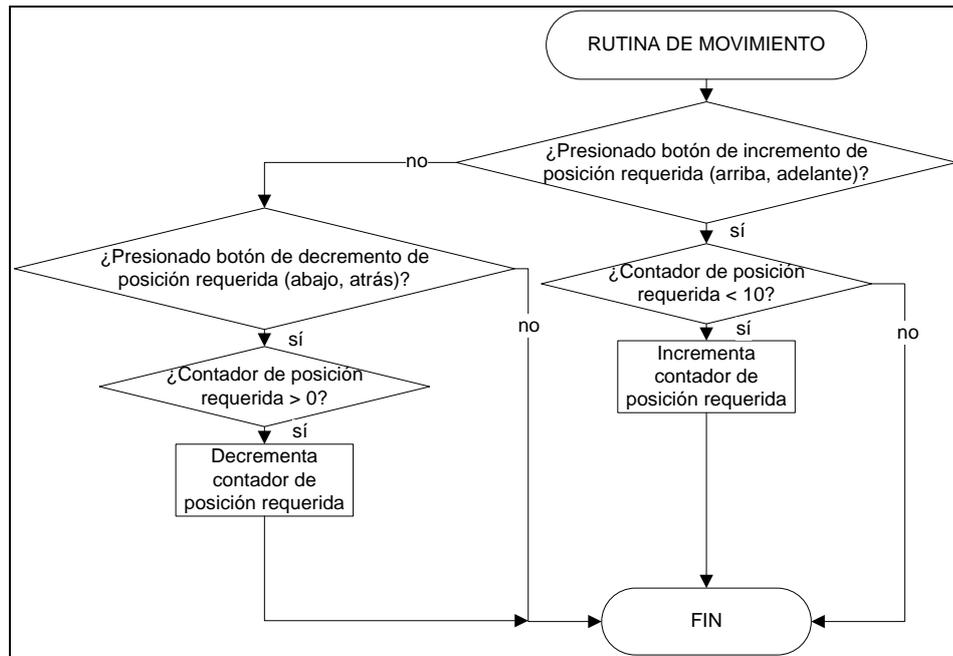


**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

**Figura 3.24.** Diagrama de flujo de la subrutina de lectura de un botón virtual en el panel táctil

### c. Movimiento

Esta subrutina es muy sencilla, ya que sólo se encarga del incremento o decremento de los contadores de posición requerida que se observan en la pantalla. El movimiento como tal, es realizado por interrupción y será analizado más adelante.



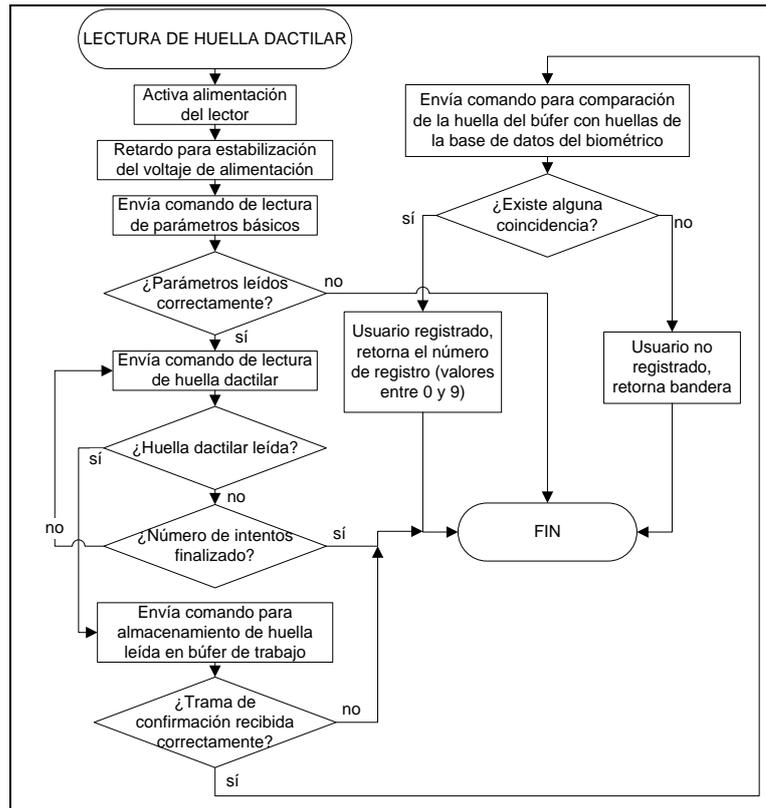
Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

Figura 3.25. Diagrama de flujo de la subrutina de movimiento

### d. Lectura de huella dactilar

Antes de empezar la transferencia de información a través del módulo UART (Receptor Transmisor Asíncrono Universal), es necesario encender la alimentación del biométrico y esperar por un período de tiempo a que éste se inicie.

El diagrama de flujo de la figura 3.26 detalla el procedimiento tomado para enviar, desde el microcontrolador hacia el lector biométrico, los comandos concernientes a la lectura de una huella dactilar. También se observan los mensajes de confirmación o información recibidos desde el lector.

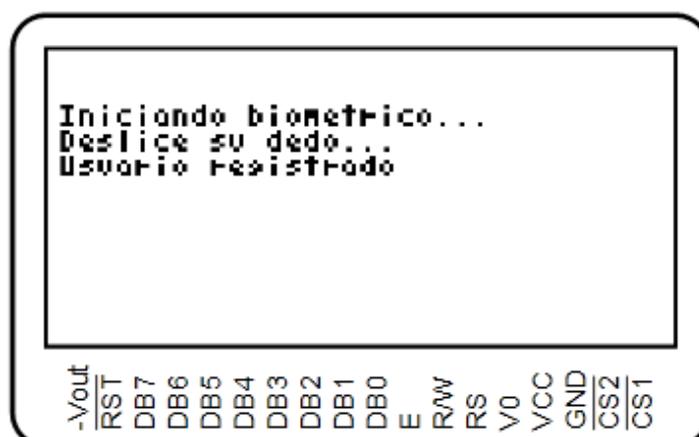


Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

Figura 3.26. Diagrama de flujo de la subrutina de lectura de una huella dactilar

Las pantallas mostradas a continuación, indican todos los casos que pueden suscitarse en el proceso de lectura de una huella dactilar.

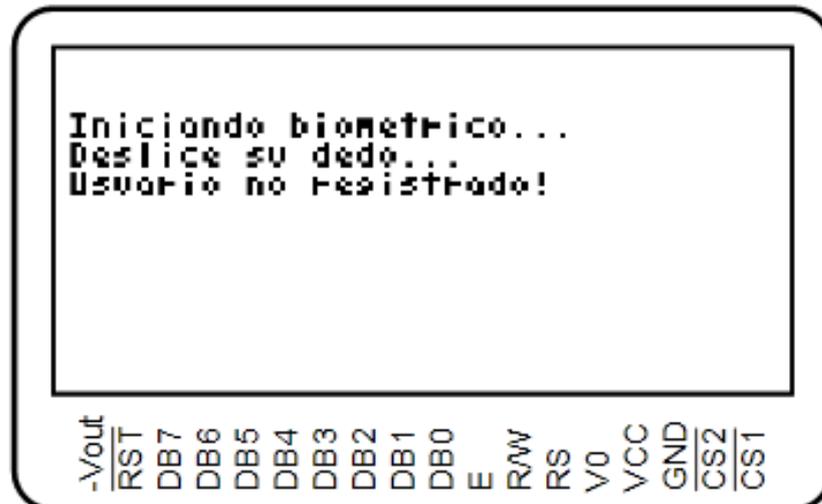
La figura 3.27 corresponde a un proceso de lectura exitoso de la huella de un usuario registrado previamente en el sistema.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.27. Presentación de la autenticación correcta de un usuario registrado

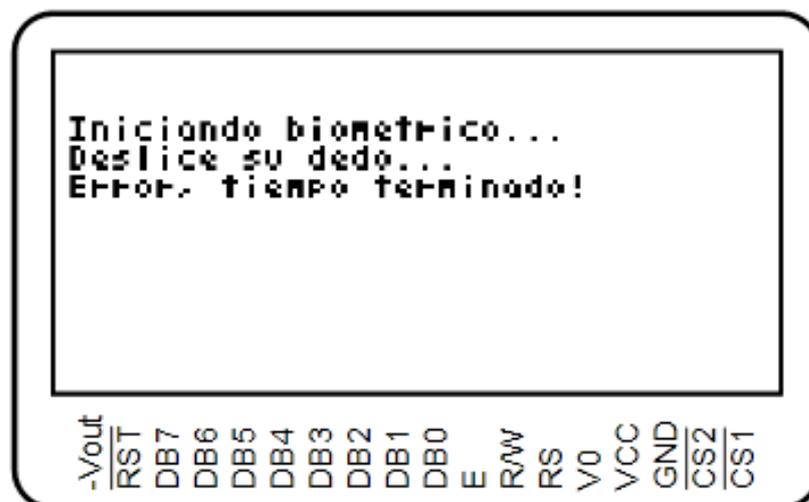
La figura 3.28 muestra un proceso de lectura exitoso de la huella de un usuario nuevo



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.28. Presentación de la autenticación correcta de un usuario no registrado

La figura 3.29 se puede ver la pantalla indicada cuando el lector estuvo esperando demasiado tiempo por la lectura de una huella dactilar, pero ésta no se efectuó.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.29. Presentación de un proceso de autenticación fallido por espera excesiva del lector

La tabla 3.5 muestra las tramas de información manejadas en este proceso.

**Tabla 3.5.** Tramas de datos manejadas en el proceso de lectura de una huella digital

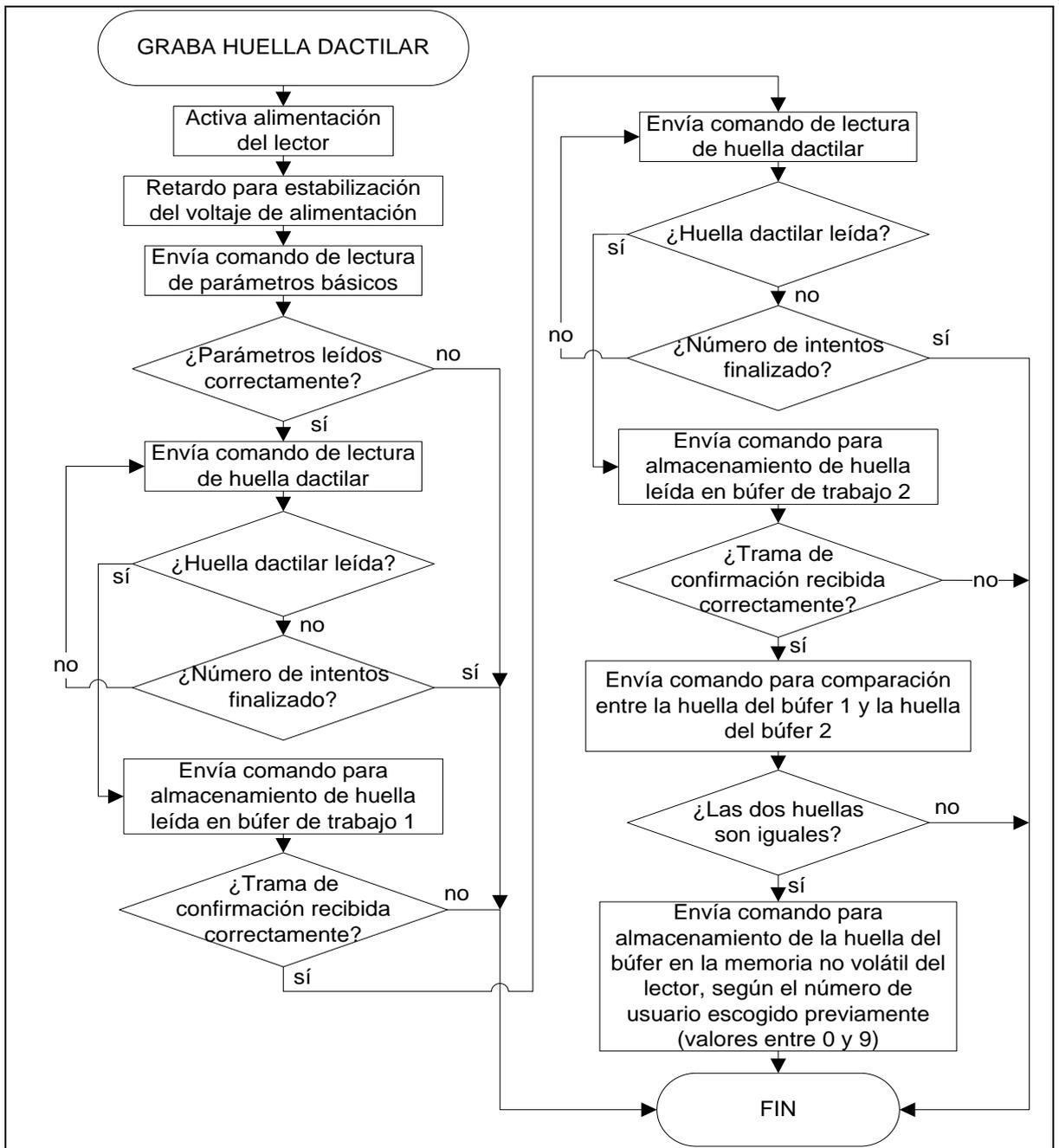
| DESCRIPCIÓN  | FLUJO       | TRAMA   |
|--|-------------|---|
| Lectura de parámetros básicos  | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x0F,0x00,0x13   |
| Respuesta a lectura de parámetros básicos  | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x13,0x00,0x00,0x05,0x00,0x09,0x00,0x78,0x00,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x00,0x00,0x00,0x01,0x04,0x9E |
| Lectura de huella dactilar   | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x01,0x00,0x05   |
| Respuesta si se ha realizado lectura   | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Respuesta si no se ha realizado lectura  | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x02,0x00,0x0C   |
| Almacenamiento de huella leída en búfer de trabajo   | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x04,0x02,0x01,0x00,0x08  |
| Respuesta a almacenamiento de huella en búfer de trabajo                                     | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Comparación entre huella del búfer de trabajo y alguna huella de la base de datos del lector | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x08,0x04,0x01,0x00,0x00,0x00,0x79,0x00,0x87  |
| Respuesta si existe coincidencia con alguna huella de la base                                | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x07,0x00,0x00,0x03,0x01,0x08,0x00,0x18   |
| Respuesta si no existe coincidencia con alguna huella de la base                             | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x07,0x09,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x17   |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Aratek FingerPrint Module Test V2.1)

Los valores resaltados en amarillo representan la localidad de memoria en donde se encuentra guardada la huella del usuario autenticado. Los valores en verde, al representar el chequeo de sumatoria de la trama, cambiarán dependiendo del número de usuario.

### e. Grabación de huella

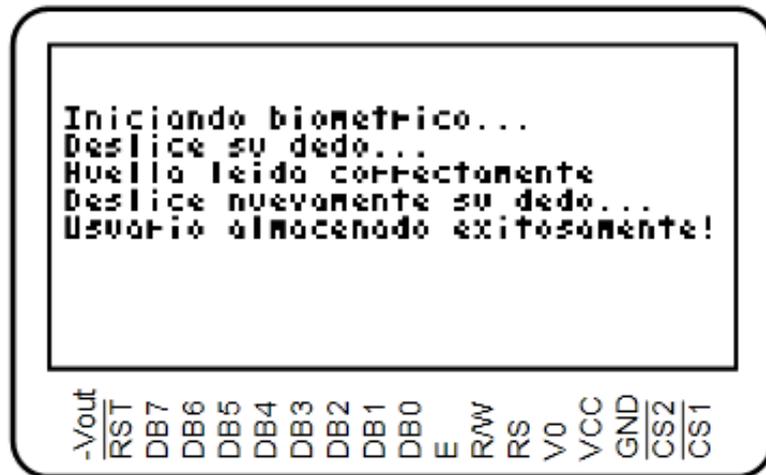
Para la autenticación de un nuevo usuario, se necesita leer dos veces su huella dactilar. El diagrama de flujo de la figura 3.30 muestra el procedimiento tomado.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

Figura 3.30. Diagrama de flujo de la subrutina de grabación de una huella dactilar

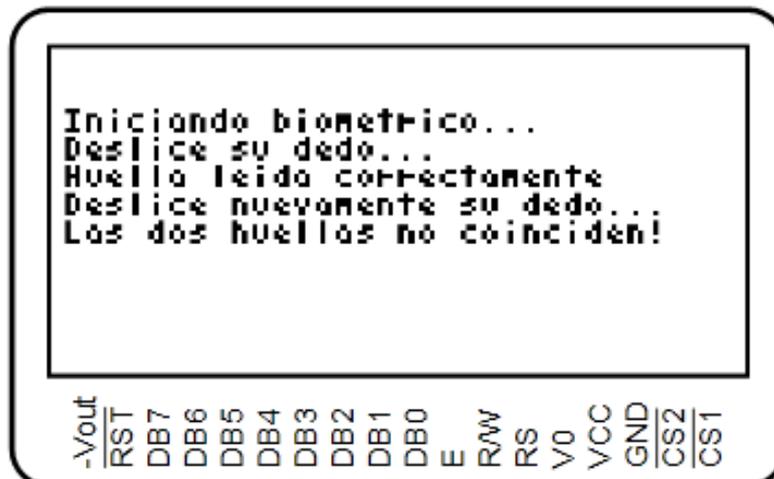
La figura 3.31 corresponde a un proceso de grabación exitoso, después de que el usuario deslizó correctamente su huella en el lector.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.31. Presentación de un proceso de grabación exitoso

En la figura 3.32 se representa un ingreso fallido, ya que las huellas ingresadas en la primera y segunda lectura, no coinciden.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Code Vision 2.0)

Figura 3.32. Presentación de un proceso de grabación exitoso

La tabla 3.6 muestra en detalle las tramas de datos manejadas en la comunicación con el lector biométrico.

**Tabla 3.6.** Tramas de datos manejadas en el proceso grabación de una huella digital

| DESCRIPCIÓN   | FLUJO       | TRAMA   |
|---|-------------|---|
| Lectura de parámetros básicos   | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x0F,0x00,0x13   |
| Respuesta a lectura de parámetros básicos                                       | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x13,0x00,0x00,0x05,0x00,0x09,0x00,0x78,0x00,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x00,0x00,0x00,0x01,0x04,0x9E |
| Lectura de huella dactilar  | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x01,0x00,0x05   |
| Respuesta si se ha realizado lectura  | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Respuesta si no se ha realizado lectura   | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x02,0x00,0x0C   |
| Almacenamiento de huella leída en búfer de trabajo 1                            | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x04,0x02,0x00,0x00,0x07  |
| Respuesta a almacenamiento de huella en búfer de trabajo 1                      | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Nueva lectura de huella dactilar  | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x01,0x00,0x05   |
| Respuesta si se ha realizado lectura  | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Respuesta si no se ha realizado lectura   | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x02,0x00,0x0C   |
| Almacenamiento de huella leída en búfer de trabajo 2                            | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x04,0x02,0x01,0x00,0x08  |
| Respuesta a almacenamiento de huella en búfer de trabajo 2                      | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Comparación entre huellas del búfer 1 y búfer 2                                 | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x03,0x05,0x00,0x09   |
| Respuesta si existe coincidencia entre las dos huellas                          | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |
| Respuesta si no existe coincidencia entre las dos huellas                       | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x0A,0x00,0x14   |
| Almacenamiento de huella del búfer 2, en memoria no volátil del lector          | uC - Lector | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x01,0x00,0x06,0x06,0x01,0x00,0x01,0x00,0x0F  |
| Respuesta a almacenamiento de huella del búfer en memoria no volátil del lector | Lector - uC | 0xEF,0x01,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x07,0x00,0x03,0x00,0x00,0x0A   |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A. (Aratek FingerPrint Module Test V2.1)

Los valores resaltados en amarillo representan la localidad de memoria en donde se desea guardar al nuevo usuario, los valores en verde, el chequeo de sumatoria de la trama.

La información detallada sobre el significado de los campos se puede revisar en el manual del desarrollador, anexo al presente trabajo escrito.

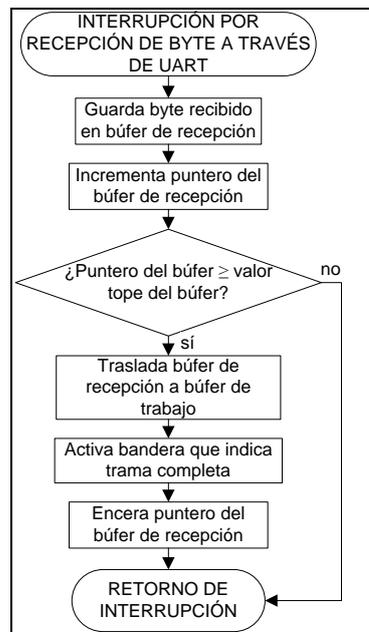
### 3.4.4.3. INTERRUPCIONES

#### a. Recepción de byte a través del módulo UART

Para el acceso al lector biométrico se usa el módulo UART interno del microcontrolador. La transmisión de datos se realiza en el programa principal y por lo tanto no necesita de un análisis exhaustivo. Sin embargo, la recepción de datos se maneja por interrupción y por esta razón es preciso un estudio más profundo.

La rutina especial de interrupción se ejecuta cada vez que un byte ha sido recibido. Antes de que esta rutina reciba una trama de respuesta del lector biométrico, siempre en el programa principal se coloca el valor tope del búfer, número que indica su tamaño.

Luego de recibida una trama, ésta se traslada a un búfer de trabajo para que el programa principal se encargue de interpretar la información. El diagrama de flujo de la interrupción se muestra en la figura 3.33.



Fuente: Lara J.- Toapanta A. (Microsoft office Visio 2007)

Figura 3.33. Rutina especial de interrupción por recepción UART

## b. Desbordamiento del Timer 0

Esta rutina de interrupción se ejecuta cada 20 mseg y es la verdadera encargada de realizar los movimientos del asiento. Es necesario tomar en cuenta que cada movimiento en un eje de desplazamiento se realiza en forma temporizada, y esta temporización es manejada por la rutina en cuestión.

Para determinar si debe o no existir movimiento y en qué dirección, se utiliza un proceso matemático muy simple. La posición actual del asiento en cada eje de desplazamiento es almacenada por un contador de posición actual; la posición deseada por el usuario, se maneja con un registro de posición requerida.

Cada vez que se ejecuta la rutina de interrupción, se resta la posición requerida, de la posición actual, para cada uno de los tres ejes. Si el valor numérico resultante es positivo, el asiento se mueve negativamente, si el resultado es negativo, se mueve positivamente. Si el resultado es cero, el asiento no se mueve en ese eje. Para mantener las temporizaciones de los movimientos, se usan registros contadores de número de interrupciones, independientes para cada eje.

Los contadores de posición pueden tener valores entre 0 y 10. Estos números representan la cantidad de tiempo que se ha mantenido encendido el asiento desplazándose. El tiempo base de desplazamiento positivo o negativo para cada eje, se puede observar en la tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Temporización base para cada eje de desplazamiento del asiento

| EJE                | TEMPORIZACIÓN<br>POR UNIDAD DE<br>DESPLAZAMIENTO<br>(mseg) |
|--------------------|--|
| Vertical delantero | 440  |
| Vertical posterior | 340  |
| Horizontal         | 700  |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.



## CAPÍTULO IV

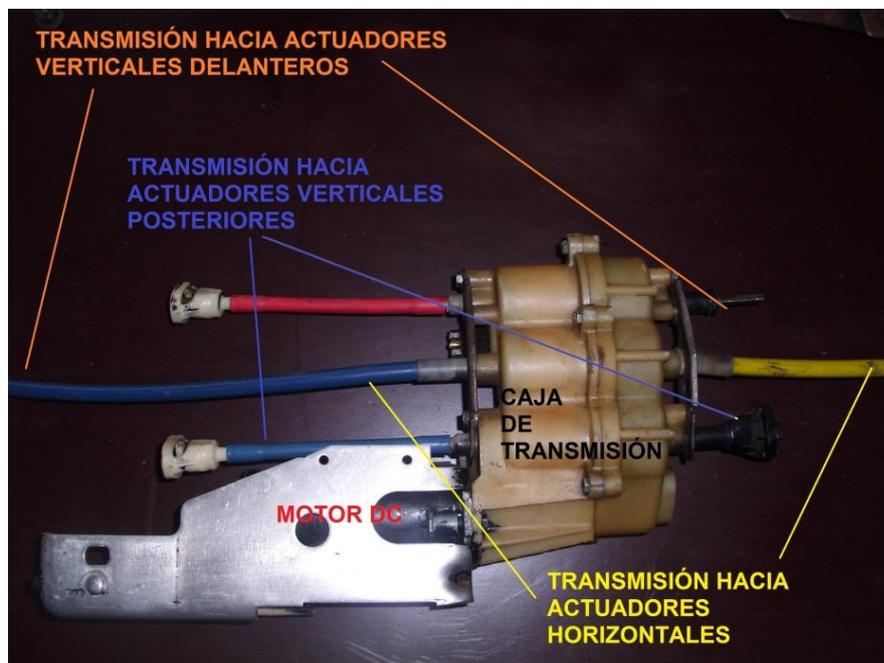
### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO DEL ASIENTO

##### 4.1.1. ESTRUCTURA DEL ASIENTO

Para explicar el control de los movimientos del asiento, es necesario describir de manera breve, el funcionamiento del sistema electromecánico que se automatizó a través del presente proyecto.

Si bien el sistema electromecánico puede realizar seis movimientos, posee únicamente un motor DC cuya rotación es horaria o antihoraria.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.1. Sistema de movimiento del asiento

Para llevar el movimiento desde el motor hacia los distintos actuadores mecánicos, se usa una caja de transmisión que posee tres solenoides.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.2.** Embragues electromecánicos formados por solenoides

Los solenoides activan embragues que acoplan el movimiento a cada uno de los ejes a través de engranajes.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.3.** Vista interior de los engranajes que conforman la caja de transmisión

Posteriormente, el movimiento rotacional se traslada hacia los actuadores mecánicos mediante cables de acero. La tabla 4.1 detalla qué actuadores deben conmutarse para que el asiento realice los distintos movimientos.

**Tabla 4.1.** Descripción de los movimientos del asiento

| <b>MOVIMIENTO</b>                         | <b>MOTOR DC</b>         | <b>SOLENOIDE<br/>1</b> | <b>SOLENOIDE<br/>2</b> | <b>SOLENOIDE<br/>3</b> |
|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Vertical delantero<br/>ascendente</b>  | Rotación horaria        | Activado               | Desactivado            | Desactivado            |
| <b>Vertical delantero<br/>descendente</b> | Rotación<br>antihoraria | Activado               | Desactivado            | Desactivado            |
| <b>Vertical posterior<br/>ascendente</b>  | Rotación horaria        | Desactivado            | Activado               | Desactivado            |
| <b>Vertical posterior<br/>descendente</b> | Rotación<br>antihoraria | Desactivado            | Activado               | Desactivado            |
| <b>Horizontal hacia adelante</b>          | Rotación horaria        | Desactivado            | Desactivado            | Activado               |
| <b>Horizontal hacia atrás</b>             | Rotación<br>antihoraria | Desactivado            | Desactivado            | Activado               |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

#### **4.1.2. CARACTERISTICAS DEL MOTOR ROLL ROYCE SILVER WRAITH 129**

En la tabla 4.2 se especifica las características del motor así como las formulas utilizadas para encontrarlas.

**Tabla 4.2.** Características del motor

| <b>CARACTERISTICAS</b>              | <b>VALORES</b> |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>Voltaje</b>                      | 12 Voltios     |
| <b>Potencia de Salida</b>           | 300 Watts      |
| <b>Esfuerzo de Torsión Continua</b> | 9.57 Nm        |
| <b>Velocidad Angular</b>            | 300 rpm        |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

Para realizar el cálculo de la potencia utilizamos la ecuación 4.3 sabiendo que el voltaje de entrada del sistema es de 12V y tiene una resistencia de 25 Amperios

|  |  |
|--|--|
| $P = V \times I = 12V \times 25A = 300Watts$ | <b>Ecuación 4.3.</b> La potencia es igual al voltaje por la Intensidad |
|--|--|

**Fuente:** <http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

Para el cálculo del torque del motor primero calculamos la velocidad con la ecuación 4.4 sabiendo que la velocidad angular es 300 rpm y la distancia del radio es 0.02 m

|  |   |
|--|---|
| $v = w \times r = 300 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi}{1rev} \times 0,02 = 37,6 \frac{m}{min}$ | <b>Ecuación 4.4.</b><br>Se especifica el valor de la velocidad relacionando la velocidad angular con la distancia del radio |
|--|---|

**Fuente:** <http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

Calcula da la velocidad del sistema procedemos a encontrar la fuerza con la ecuación 4.5.

|  |  |
|--|--|
| $F = \frac{P}{v} = \frac{300 \text{ Watts}}{0,62 \frac{m}{seg}} = 478.72N$ | <b>Ecuación 4.5.</b><br>Calculamos la fuerza del sistema |
|--|--|

**Fuente:** <http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

Y finalmente calculamos el torque del motor con la ecuación 4.6.

|   |  |
|---|--|
| $T = F \cdot d = 478.72N \times 0.02m = 9.57Nm$ | <b>Ecuación 4.6.</b><br>Relacionamos Fuerza y distancia para encontrar el torque |
|---|--|

Fuente: <http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

### 4.1.3. EJES DE DESPLAZAMIENTO DEL ASIENTO

La figura 4.4 muestra una de las dos bases laterales del asiento. Se pueden observar los seis tipos de movimiento que puede realizar este mecanismo.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.4. Ejes de desplazamiento del asiento

### 4.1.4. TEMPORIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS

La tabla 4.3 muestra las temporizaciones nominales tomadas en cuenta en el momento de diseñar el sistema. Los tiempos de desplazamiento se programaron para que el asiento pueda mover un peso de 50Kg a lo largo de todos los ejes.

**Tabla 4.3.** Desplazamiento nominal para cada eje del asiento

| EJE                | VOLTAJE NOMINAL (V) | PESO DE PRUEBA SOBRE EL ASIENTO (KG) | TEMPORIZACION POR UNIDAD DE DESPLAZAMIENTO (MSEG) | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN TODO EL EJE (MSEG) | LARGO DEL EJE (MM) |
|--------------------|---------------------|--------------------------------------|---|--|--------------------|
| Vertical delantero | 12                  | 50                                   | 440   | 4400   | 33                 |
| Vertical posterior | 12                  | 50                                   | 340   | 3400   | 38                 |
| Horizontal         | 12                  | 50                                   | 700   | 7000   | 125                |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.

## 4.2. MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA

### 4.2.1 MONTAJE DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

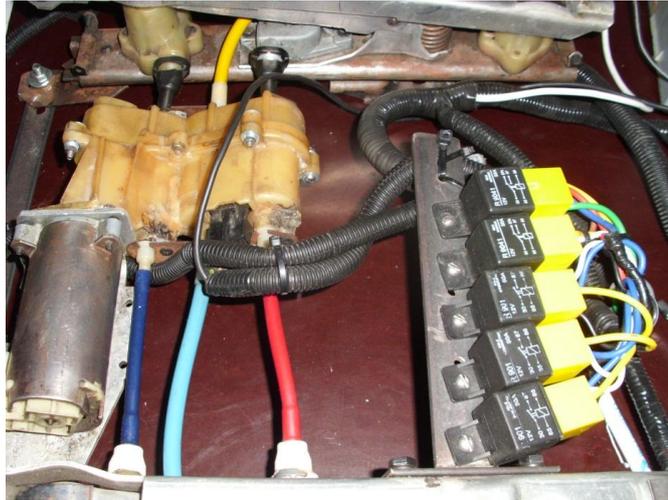
El montaje empezó por la realización de las conexiones eléctricas de los actuadores.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.5.** Montaje del cableado eléctrico

Posteriormente, se colocaron los preactuadores (relés automotrices) sobre el chasis del asiento, para asegurar que el cableado de potencia tenga la menor extensión posible.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.6.** Montaje de los preactuadores

Luego se realizó el montaje de los sensores ópticos finales de carrera y del cableado de baja potencia para transmisión de señales desde y hacia el módulo de control como muestra la figura 4.7.

Una vez instalados los sensores ópticos, se los calibró para que puedan dar señal cuando cada uno de los actuadores está en su posición mínima. Se procuró que la mecánica del sistema se encuentre en la posición más baja (desplazamientos verticales), y en la posición más retrasada (desplazamiento horizontal).



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.7.** Montaje de sensores y cableado de baja potencia

Se instaló el mecanismo en el vehículo, conectando únicamente los cables de alimentación (masa y corriente), y el cable de señal de contacto. El resto del cableado se lo realizó previamente sobre el chasis del asiento como indica la figura 3.14.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.8.** Montaje del mecanismo en el vehículo

Por último, se colocó la butaca sobre el mecanismo electromecánico, asegurándolo con pernos.

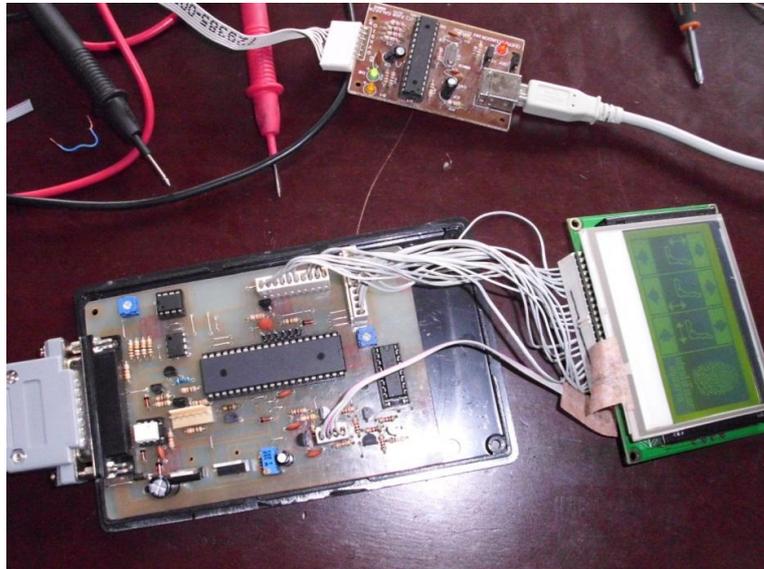


**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.9.** Montaje de la butaca, sobre el mecanismo electromecánico

#### 4.2.2. MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

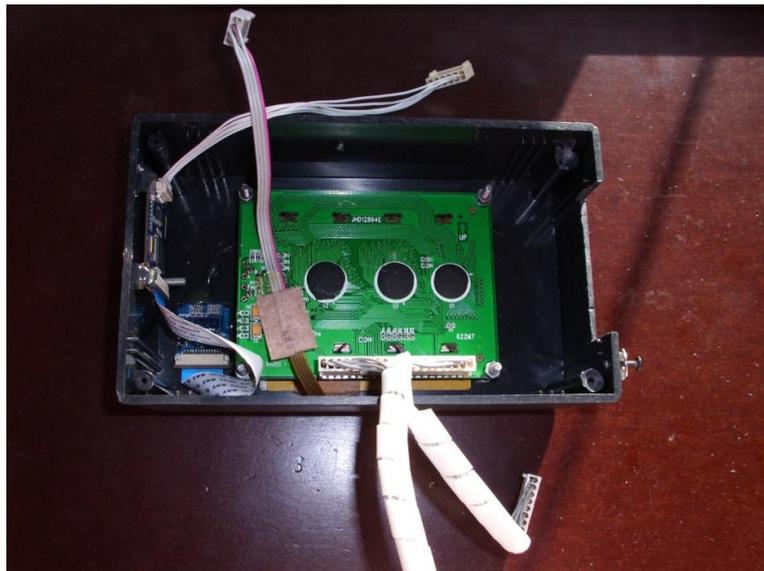
Luego de realizada la placa de circuito impreso, se la colocó en una caja plástica destinada para prototipaje electrónico figura 4.10.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.10.** Montaje de la placa del sistema electrónico sobre la caja para prototipaje

Se colocaron además los diversos módulos que forman parte del sistema, tales como panel táctil, pantalla GLCD y lector biométrico como semuestra en la figura 4.11.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.11.** Montaje de los componentes electrónicos sobre la caja para prototipaje

Para finalizar, se realizó el montaje del módulo electrónico en el tablero de instrumentos del vehículo figura 4.12.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.12. Montaje del módulo electrónico en el tablero de instrumentos del vehículo

### 4.3. METODOLOGIA DE USO

#### 4.3.1. MANUAL DE USUARIO

A continuación se describe paso a paso el uso del sistema de control de asientos de potencia con grabación para diferentes usuarios.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.13. Periféricos de comunicación usuario-maquina

- **INSTRUCCIONES DE USO DEL SISTEMA**

1. Poner el vehículo en contacto como indica la figura 4.14.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.14.** Vehículo en contacto

2. Esperar un momento mientras se indica la pantalla de bienvenida con el logotipo de la marca del microcontrolador como se muestra en la figura 4.15.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.15.** Foto presentación de la pantalla de bienvenida

3. Escoger entre los seis tipos de movimientos del asiento que se presentan en la máscara con los botones virtuales, o bien, la identificación biométrica del usuario.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.16.** Foto presentación de la pantalla principal

4. Si se presiona sobre cualquiera de las seis flechas virtuales que aparecen en la pantalla figura 4.16 varían los números indicadores que hacen referencia a las posiciones requeridas en los tres ejes de movimiento, valiendo 0 para las posiciones mínimas y 10 para las máximas, al mismo tiempo que varían las posiciones en el asiento electromecánico.
5. Si escogió presionar sobre el botón de identificar huella hay que seguir los siguientes pasos:
  - I. Esperar un momento mientras se inicia el biométrico
  - II. Una vez que en la pantalla táctil salga el texto deslice su dedo, proceder a deslizar su huella sobre el lector biométrico.
  - III. Esperar a que el sistema procese la lectura de la huella digital
  - IV. Luego del tiempo de espera para el proceso de lectura de la huella digital, se pueden suscitar los casos mostrados en las pantallas expuestas a continuación:

- a. La figura 4.17 corresponde a un proceso de lectura exitoso de la huella de un usuario registrado previamente en el sistema. De ser así, avanzar al paso número seis figura 4.22.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.17.** Foto presentación de la autenticación correcta de un usuario registrado

- b. La figura 4.18 muestra un proceso de lectura exitoso de la huella de un usuario nuevo. De ser así, avanzar al paso número seis figura 4.22.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.18.** Foto presentación de la autenticación correcta de un usuario no registrado

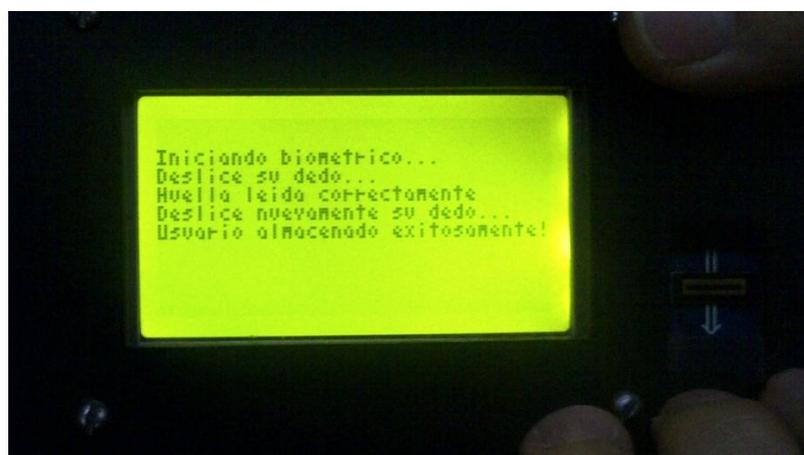
- c. En la siguiente figura 4.19 se puede ver la pantalla indicada cuando el lector estuvo esperando demasiado tiempo por la lectura de una huella dactilar, pero ésta no se efectuó. Dado el caso volver a repetir el proceso desde el paso número tres de la figura 4.16.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.19.** Foto presentación de un proceso de autenticación fallido por espera excesiva del lector

- d. Para la autenticación de un nuevo usuario, se necesita leer dos veces su huella dactilar. La figura 4.20 corresponde a un proceso de grabación exitoso, después de que el usuario deslizó correctamente su huella en el lector. De ser así, avanzar al paso número seis de la figura 4.22.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.20.** Foto presentación de un proceso de grabación exitoso

En la figura 4.21 se representa un ingreso fallido, ya que las huellas ingresadas en la primera y segunda lectura, no coinciden. Dado el caso volver a repetir el proceso desde el paso número tres de la figura 4.16.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.21.** Foto presentación de un proceso de grabación fallido

- Una vez que el sistema identifica la huella, indistintamente de si es usuario guardado o es nuevo, siempre llegará a la pantalla de configuración que se observa en la figura 4.22. En esta interfaz también se puede modificar la posición actual del asiento, pero además se puede configurar la información referente al usuario autenticado.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.22.** Foto presentación de la pantalla de configuración

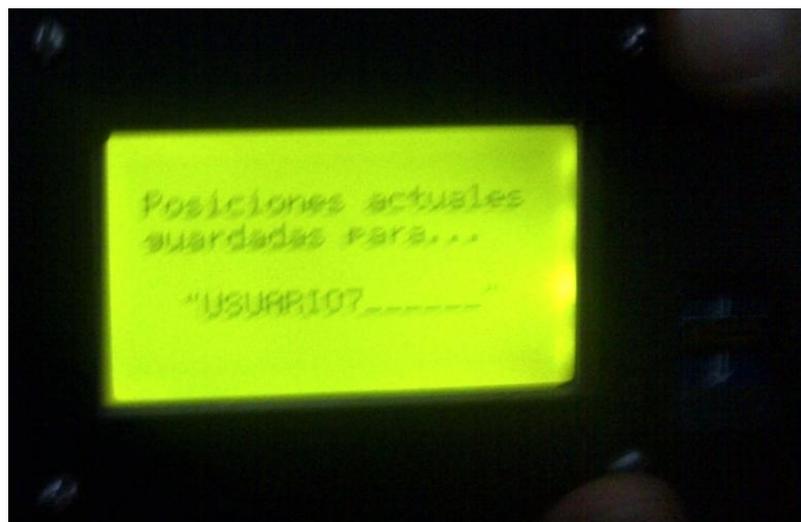
7. Si presiona en el botón de edición de nombre, aparece la interfaz con el teclado QWERTY que permite modificar en memoria no volátil el nombre que pertenece a un registro de usuario. El teclado se lo puede observar en la figura 4.23.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.23. Foto presentación del teclado QWERTY virtual

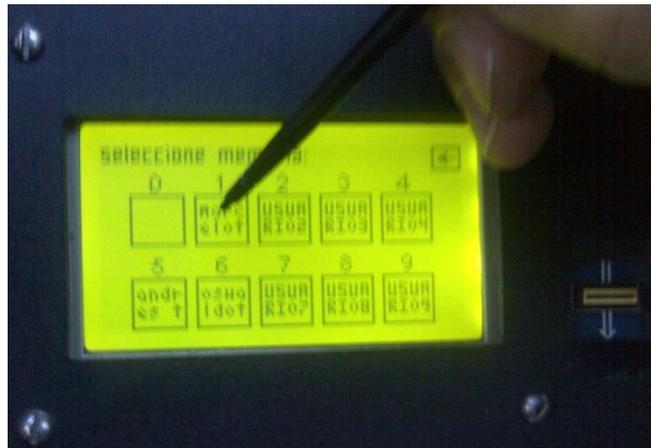
8. Si se presiona el botón de guardar posición en la misma pantalla de configuración, los valores de los contadores de posición actuales se almacenan en memoria no volátil y se puede observar la figura 4.24.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.24. Periféricos de comunicación usuario-maquina

9. La siguiente presentación figura 4.25 aparece únicamente cuando se ha leído la huella de un usuario y ésta no aparece en la base de datos del sistema (usuario nuevo). Indica los botones correspondientes a las diez localidades de memoria disponibles, con el nombre de los respectivos ocupantes previos. Una vez que el nuevo usuario presione sobre cualquiera de los botones, se borrará la información del anterior usuario.



**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.25.** Foto Presentación de las localidades de memoria que puede escoger un nuevo usuario

### **RECOMENDACIONES:**

- Asegurarse de tener las manos limpias al momento de deslizar la huella por el lector biométrico de huella digital y para manipular la pantalla táctil.
- Limpiar la pantalla táctil con un paño suave como el que se utiliza para limpiar las gafas, haciendo uso de movimientos suaves en la misma dirección.
- En caso de que la pantalla este muy sucia untar el paño con unas gotas de agua, cerciorándose de no excederse ya que si entra agua al sistema este puede sufrir daños.
- No utilizar objetos filosos para maniobrar la pantalla táctil, ya que estos pueden producir cortes o rajaduras sobre el mismo.

#### **4.4. PRUEBAS**

Se realizaron pruebas para asegurar que el sistema lógico, las interfaces de potencia y los actuadores electromecánicos y mecánicos trabajen eficientemente. Las verificaciones más importantes fueron las siguientes:

- Adecuada entrega de voltaje desde el regulador lineal hacia los dispositivos electrónicos.
- Comunicación serial sin errores entre el microcontrolador y el lector biométrico.
- Comunicación eficiente entre la pantalla GLCD y el microcontrolador.
- Calibración adecuada del panel táctil y respuesta acertada del microcontrolador ante la presión de los botones virtuales.
- Correcta calibración de los sensores ópticos.
- Funcionamiento conveniente de las interfaces utilizadas e interacción correcta entre éstas y el microcontrolador.
- Conmutación apropiada de los preactuadores y actuadores para asegurar el desplazamiento en los diferentes ejes.

Luego de superar todas las verificaciones anteriores y de haberse montado el mecanismo en el vehículo, se confirmó el funcionamiento de todo el sistema en conjunto.

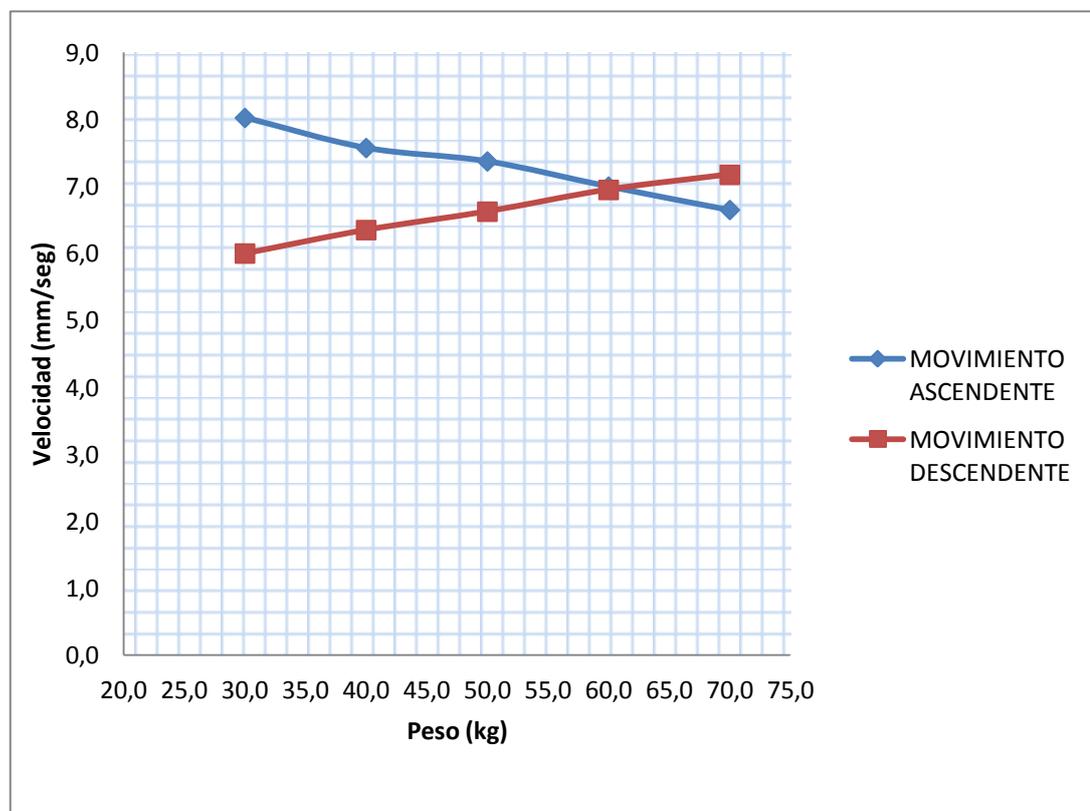
##### **4.4.1. PRUEBA DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN FUNCIÓN DEL PESO**

La prueba consiste en colocar distintos pesos sobre el asiento y observar las variaciones en el desplazamiento para temporizaciones constantes en cada uno de los ejes como se muestran en las tablas siguientes. Teniendo en cuenta el desplazamiento y la temporización, se calcula posteriormente la velocidad de desplazamiento lineal. El voltaje de alimentación es de 12V y permanece constante para evitar errores en las mediciones.

**Tabla 4.4.** Prueba de velocidad de desplazamiento vertical delantero

| PRUEBA | PESO      | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO | DISTANCIA                       | DISTANCIA                        | VELOCIDAD            | VELOCIDAD             |
|--------|-----------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|        | DE PRUEBA |                          | RECORRIDA EN SENTIDO ASCENDENTE | RECORRIDA EN SENTIDO DESCENDENTE | ASCENDENTE CALCULADA | DESCENDENTE CALCULADA |
|        | (kg)      | (mseg)                   | (mm)                            | (mm)                             | (mm/seg)             | (mm/seg)              |
| 1      | 30,0      | 4000,0                   | 32,1                            | 24,0                             | 8,0                  | 6,0                   |
| 2      | 40,0      | 4000,0                   | 30,3                            | 25,4                             | 7,6                  | 6,4                   |
| 3      | 50,0      | 4000,0                   | 29,5                            | 26,5                             | 7,4                  | 6,6                   |
| 4      | 60,0      | 4000,0                   | 28,0                            | 27,8                             | 7,0                  | 7,0                   |
| 5      | 70,0      | 4000,0                   | 26,6                            | 28,7                             | 6,7                  | 7,2                   |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



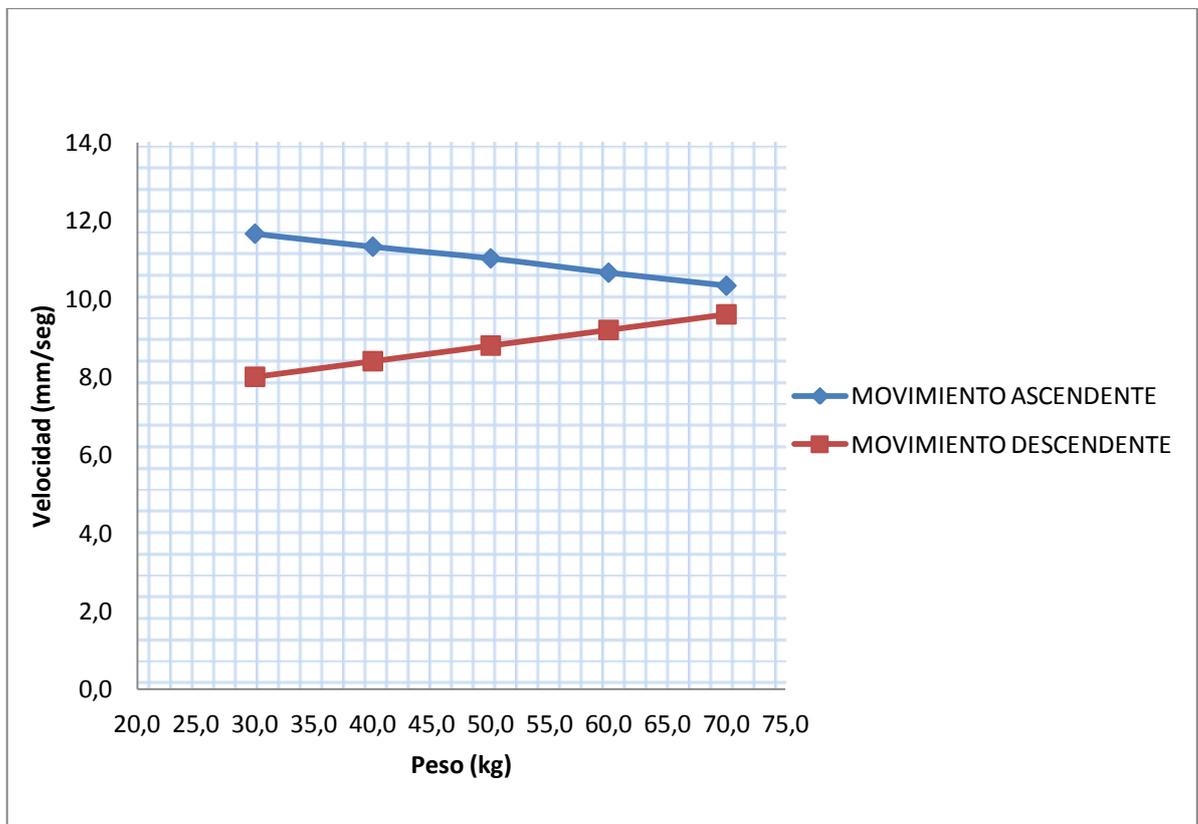
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.13.** Gráfica de velocidad vertical delantera en función del peso

**Tabla 4.5.** Prueba de velocidad de desplazamiento vertical posterior

| PRUEBA | PESO      | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO | DISTANCIA                       | DISTANCIA                        | VELOCIDAD            | VELOCIDAD             |
|--------|-----------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|        | DE PRUEBA |                          | RECORRIDA EN SENTIDO ASCENDENTE | RECORRIDA EN SENTIDO DESCENDENTE | ASCENDENTE CALCULADA | DESCENDENTE CALCULADA |
|        | (kg)      | (mseg)                   | (mm)                            | (mm)                             | (mm/seg)             | (mm/seg)              |
| 1      | 30,0      | 3000,0                   | 35,0                            | 24,0                             | 11,7                 | 8,0                   |
| 2      | 40,0      | 3000,0                   | 34,0                            | 25,2                             | 11,3                 | 8,4                   |
| 3      | 50,0      | 3000,0                   | 33,1                            | 26,4                             | 11,0                 | 8,8                   |
| 4      | 60,0      | 3000,0                   | 32,0                            | 27,6                             | 10,7                 | 9,2                   |
| 5      | 70,0      | 3000,0                   | 31,0                            | 28,8                             | 10,3                 | 9,6                   |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



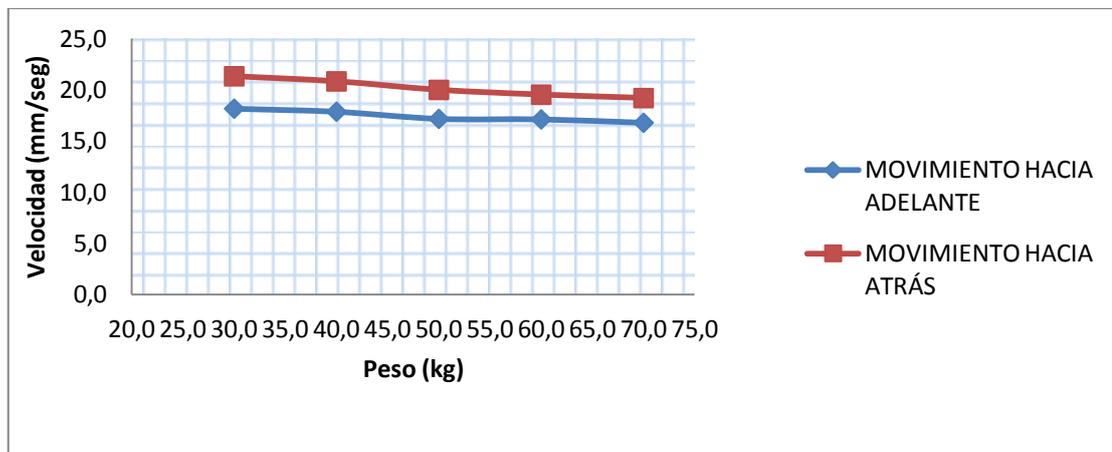
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.14.** Gráfica de velocidad vertical posterior en función del peso

**Tabla 4.6.** Prueba de velocidad de desplazamiento horizontal

| PRUEBA | PESO DE PRUEBA | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO | DISTANCIA RECORRIDA HACIA ADELANTE | DISTANCIA RECORRIDA HACIA ATRÁS | VELOCIDAD HACIA ADELANTE CALCULADA | VELOCIDAD HACIA ATRÁS CALCULADA |
|--------|----------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|        | (kg)           | (mseg)                   | (mm)                               | (mm)                            | (mm/seg)                           | (mm/seg)                        |
| 1      | 30,0           | 6000,0                   | 109,0                              | 128,0                           | 18,2                               | 21,3                            |
| 2      | 40,0           | 6000,0                   | 107,2                              | 125,0                           | 17,9                               | 20,8                            |
| 3      | 50,0           | 6000,0                   | 103,0                              | 120,0                           | 17,2                               | 20,0                            |
| 4      | 60,0           | 6000,0                   | 102,7                              | 117,2                           | 17,1                               | 19,5                            |
| 5      | 70,0           | 6000,0                   | 100,7                              | 115,2                           | 16,8                               | 19,2                            |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.15.** Gráfica de velocidad horizontal en función del peso

#### 4.4.2. PRUEBA DE VARIACIÓN EN EL POSICIONAMIENTO

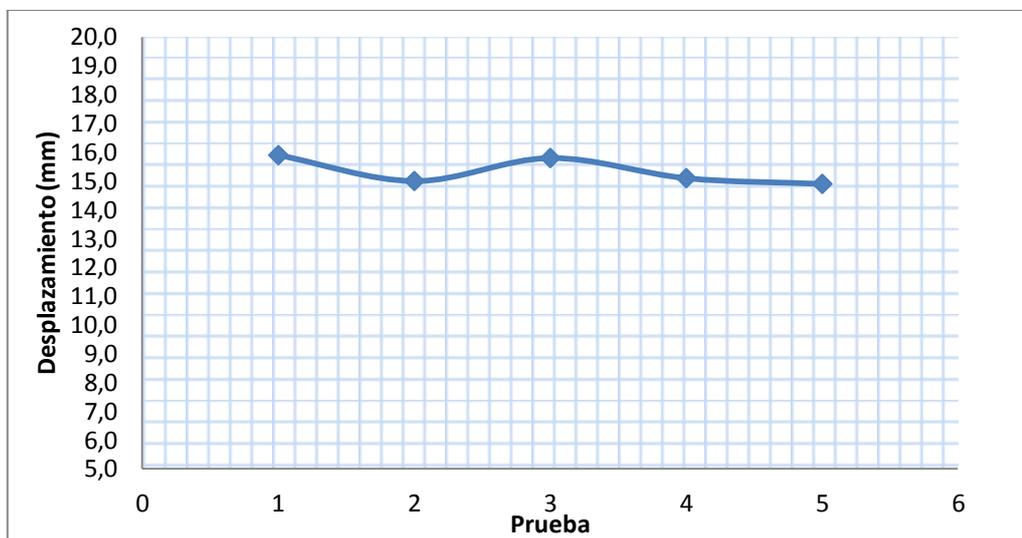
Esta prueba consiste en realizar ensayos repetidos de desplazamiento del asiento durante un tiempo constante, desde el punto de cero absoluto del eje. El peso sobre el asiento es el nominal (50Kg) y el voltaje es de 12V.

El mismo procedimiento se aplica para todos los ejes de desplazamiento.

**Tabla 4.7.** Prueba de posicionamiento vertical delantero

| PRUEBA | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO | Desplazamiento |
|--------|--------------------------|----------------|
|        | (mseg)                   | (mm)           |
| 1      | 2000,0                   | 15,9           |
| 2      | 2000,0                   | 15,0           |
| 3      | 2000,0                   | 15,8           |
| 4      | 2000,0                   | 15,1           |
| 5      | 2000,0                   | 14,9           |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



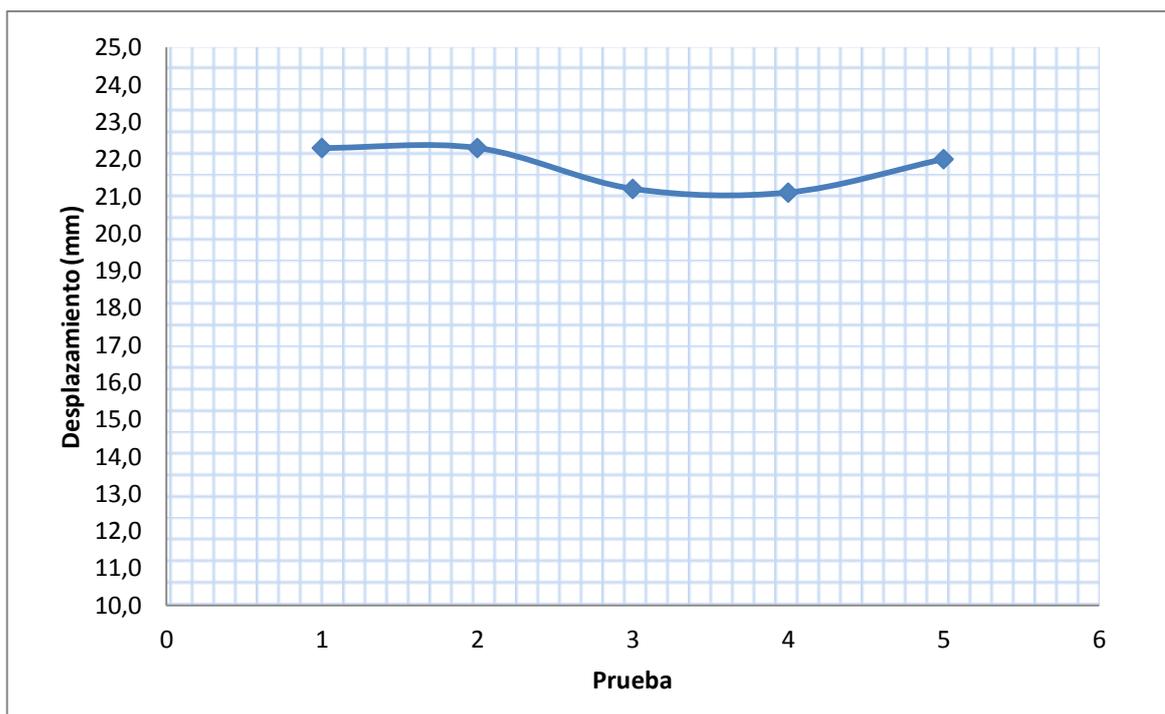
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

**Figura 4.16.** Gráfica de posicionamiento vertical delantero

**Tabla 4.8.** Prueba de posicionamiento vertical posterior

| PRUEBA | TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO | Desplazamiento |
|--------|--------------------------|----------------|
|        | (mseg)                   | (mm)           |
| 1      | 2000,0                   | 22,3           |
| 2      | 2000,0                   | 22,3           |
| 3      | 2000,0                   | 21,2           |
| 4      | 2000,0                   | 21,1           |
| 5      | 2000,0                   | 22,0           |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



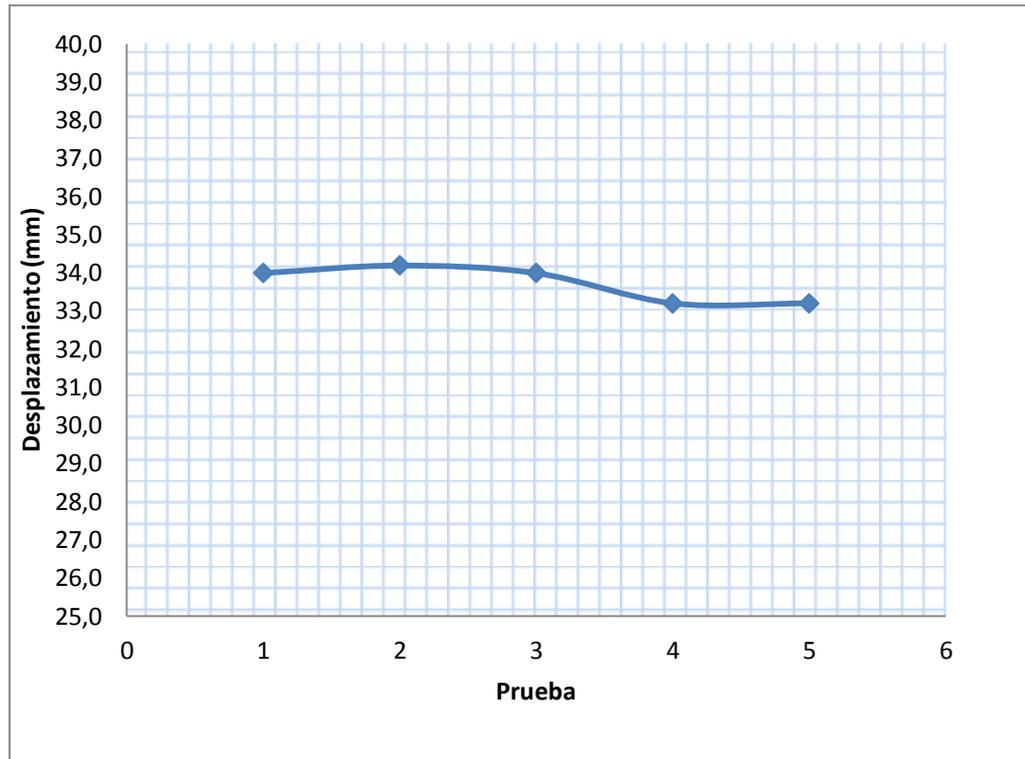
Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.17. Gráfica de posicionamiento vertical posterior

Tabla 4.9. Prueba de posicionamiento horizontal

| PRUEBA | TIEMPO DE<br>DESPLAZAMIENTO | Desplazamiento |
|--------|-----------------------------|----------------|
|        | (mseg)                      | (mm)           |
| 1      | 2000,0                      | 34,0           |
| 2      | 2000,0                      | 34,2           |
| 3      | 2000,0                      | 34,0           |
| 4      | 2000,0                      | 33,2           |
| 5      | 2000,0                      | 33,2           |

Fuente: Lara J.- Toapanta A.



Fuente: Lara J.- Toapanta A.

Figura 4.18. Gráfica de posicionamiento horizontal

#### 4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las mediciones de velocidad de desplazamiento vertical, se pudo determinar que conforme aumenta el peso sobre el asiento, disminuye la velocidad de subida pero aumenta la velocidad de bajada. Para el desplazamiento horizontal, la velocidad permanece relativamente constante, ya que la influencia de la gravedad sobre este eje no es determinante.

En lo que concierne a las pruebas de desplazamiento, se encontró que el error máximo cometido por el asiento para posicionarse fue de 1 mm para el desplazamiento vertical delantero, 1.2 mm para el desplazamiento vertical posterior y 1mm para el desplazamiento horizontal. Presumiblemente estos errores se deben a que los engranajes en la caja de transmisión y los tornillos sinfín de los actuadores mecánicos, poseen tolerancias.

#### 4.6. PRESUPUESTO REFERENCIAL

El presupuesto que describe los costos de los elementos del módulo es el siguiente tabla 4.10.

**Tabla 4.10.** Costos de los componentes del sistema

| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>CANTIDA<br/>D</b> | <b>VALOR<br/>UNITARIO</b> | <b>VALOR<br/>TOTAL</b> |
|---|----------------------|---------------------------|------------------------|
| Microcontrolador ATMEGA   | 1                    | 10.00                     | 10.00                  |
| Lector biométrico   | 1                    | 70.00                     | 70.00                  |
| Módulo GLCD 128x64  | 1                    | 32.00                     | 32.00                  |
| Sensor óptico de presencia  | 3                    | 2.50                      | 7.50                   |
| Regulador de voltaje lineal   | 1                    | 0.60                      | 0.60                   |
| Conector MOLEX varias disposiciones   | 1                    | 3.00                      | 3.00                   |
| Conector DB25 macho y hembra  | 1                    | 2.00                      | 2.00                   |
| Elementos varios (amplificadores, transistores, resistencias, capacitores y diodos) | 1                    | 10.00                     | 10.00                  |
| Placa de fibra de vidrio, incluida manufactura de la PCB                            | 1                    | 20.00                     | 20.00                  |
| Elementos de soldadura  | 1                    | 5.00                      | 5.00                   |
| Caja de plástico para alojamiento del dispositivo electrónico                       | 1                    | 10.00                     | 10.00                  |
| Cable automotriz varios calibres  | 1                    | 15.00                     | 15.00                  |
| Asiento electromecánico   | 1                    | 200.00                    | 200.00                 |
| Butaca  | 1                    | 100.00                    | 100.00                 |
| <b>TOTAL</b>  |                      |                           | <b>USD 485.10</b>      |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

En la tabla 4.11 se presenta el detalle de todos los gastos realizados en el diseño y construcción del módulo:

**Tabla 4.11.** Costo total del diseño y construcción del sistema

|                                 |        |                    |
|---------------------------------|--------|--------------------|
| <b>INGENIERÍA E INFORMACIÓN</b> |        | <b>300</b>         |
| Colaboración científica         | 200    |                    |
| Investigación                   | 100    |                    |
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>          |        | <b>595.10</b>      |
| Componentes del sistema         | 485.10 |                    |
| Programador para AVR's USBASP   | 30     |                    |
| Edición de trabajo escrito      | 80     |                    |
| <b>IMPREVISTOS</b>              |        | <b>200</b>         |
| Transporte y desplazamiento     | 100    |                    |
| Otros                           | 100    |                    |
| <b>COSTO TOTAL</b>              |        | <b>USD 1095.10</b> |

**Fuente:** Lara J.- Toapanta A.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño y construcción de un prototipo electrónico versátil y eficiente, que controla los movimientos de un asiento de potencia, reconoce a los usuarios a través de su huella dactilar y graba las posiciones deseadas en memoria no volátil.
- El microcontrolador seleccionado AT mega 324 optimiza el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento, facilitando así el funcionamiento del sistema y reduciendo el consumo de la batería en el vehículo.
- La interfaz humano – máquina realizada es intuitiva y permite que el usuario pueda acceder a todas las funciones del sistema con gran facilidad y rapidez.
- Al tener presente las condiciones a las que son sometidos hoy en día los automóviles (vibraciones, golpes, aceleraciones), el sistema funciona en perfectas condiciones comprobando así la fiabilidad del proyecto.
- Los desplazamientos realizados por el asiento se caracterizan por tener una buena precisión, ya que las cotas alcanzadas poseen un bajo porcentaje de error (6%).
- Se logró personalizar las cotas alcanzadas en el asiento de potencia a través del uso de un lector biométrico, mejorando así la ergonomía y calidad de conducción.

## RECOMENDACIONES

- Comprobar la correcta programación del microcontrolador, así como la comunicación entre componentes eléctricos para así disminuir tiempo perdido en la construcción del mismo.
- Tener precaución con los voltajes de los componentes electrónicos ya que pueden estar propensos a fallas o daños.
- Se recomienda el uso de un lápiz óptico para la manipulación de la LCD ya que facilita el manejo de la misma.
- Lubricar periódicamente las articulaciones, rieles, actuadores mecánicos y cables de transmisión de movimiento para asegurar el correcto funcionamiento del posicionamiento y disminuir el consumo de corriente del mecanismo.
- Evitar el contacto con los sensores del sistema electrónico ya que su descalibración podría generar variaciones en las cotas de posicionamiento para cada usuario.
- Es necesario que el vehículo donde se instale el componente posea una batería en buen estado, ya que cuando el sistema se encuentra funcionando en contacto y sin encender el vehículo, el alto consumo de los actuadores podría bajar abruptamente el voltaje, reiniciando y desconfigurando otros sistemas electrónicos del automóvil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ATMEL CORPORATION**, 8 – Bit AVR Microcontroller with 16 / 32 / 64Kbytes In – System Programmable Flash, Atmel Corporation, San Jose CA 95131 – USA, 2008.
- **BRIONES O.**, “Análisis y Diseño de un sistema que permita controlar el acceso y asistencia del personal para la empresa Tren”, Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, 2010.
- **BURGA A., PASTRANO R.**, “Diseño e Implementación de un sistema de verificación mediante huella dactilar”, Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, 2007.
- **GADRE Dhananjay**, Programming and Customizing the AVR Microcontroller, McGraw – Hill, USA, 2009.
- **MOMPIM**, José, Electrónica y automática industriales, Marcombo Boixareu, Barcelona – España, 2009.
- **MUHAMMAD Rashid**, Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones, Tercera Edición, Pearson Educación, México, 2008.
- **PARDUE Joe**, C Programming for Microcontrollers, Smiley Micros, Knoxville TN 37909, USA, 2009.
- **RAMOS Guillermo**, Electrónica Digital y Circuitos Integrados, CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Pereira – Colombia, 2009.
- **VALENCIA Ramiro**, Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores, Microtel, Ibarra – Ecuador, 2008.

## NETGRAFIA

- [http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/graficos-esquema-sensor-optico.html?x1=20070821klpinginf\\_53.Ees&x=20070821klpinginf\\_92.Kes](http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/robotica/graficos-esquema-sensor-optico.html?x1=20070821klpinginf_53.Ees&x=20070821klpinginf_92.Kes)
- <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/ARA-ME-2510.pdf>
- [ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39564c.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39564c.pdf).
- <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>
- [http://www.pcactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas\\_ultima\\_generacion\\_para\\_tocar.html?\\_part=2](http://www.pcactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas_ultima_generacion_para_tocar.html?_part=2)
- [www.atmel.com/images/doc7674.pdf](http://www.atmel.com/images/doc7674.pdf)
- <http://www.industriaembebida.com/sistema-embebido-de-display/>
- <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>
- <http://www.disca.upv.es/aperles/web51/modulos/glcd/glcd.html>
- [http://www.pcactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas\\_ultima\\_generacion\\_para\\_tocar.html?\\_part=2](http://www.pcactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10883/pantallas_ultima_generacion_para_tocar.html?_part=2)
- <http://www.clubpeugeot505.com/foro/viewtopic.php?f=10&t=859&start=310>
- <http://www.caranddriver.com/>
- <http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

## **ANEXOS**

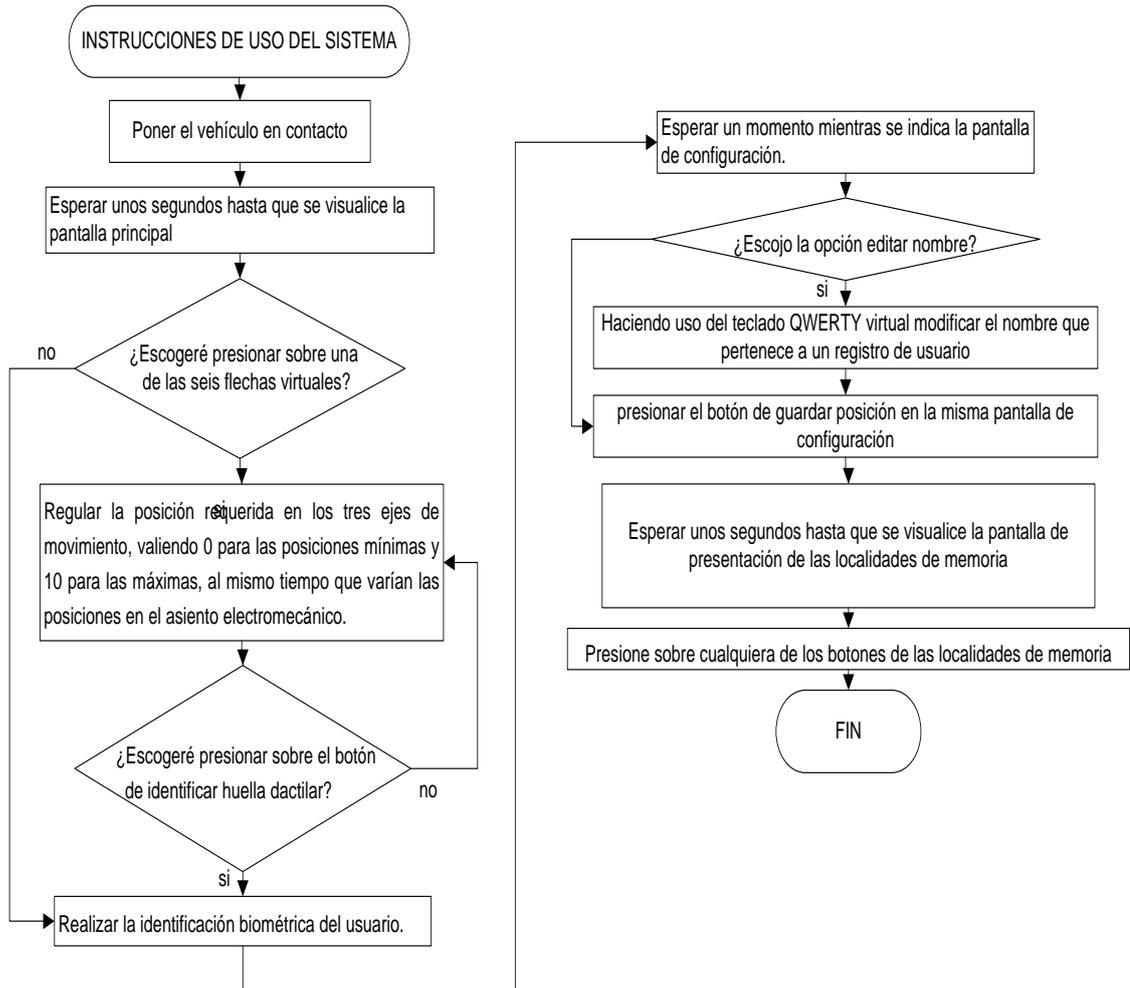
### **ANEXO A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL**



## **ANEXO B. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO**



## **ANEXO C. DIAGRAMA DE ACCIONAMIENTO DEL USUARIO**



## **ANEXO D. ARTÍCULO PARA REVISTA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ASIENTOS  
DE POTENCIA CON GRABACIÓN DE POSICIONES PARA DIFERENTES  
USUARIOS Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL”**

Jorge Lara B

Andrés Toapanta T

Ing. Juan Rocha

Ing. Sixto Reinoso

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Latacunga – Ecuador

E-mail: aejlb@hotmail.com

andresctt17@hotmail.com

jrocha@hotmail.com

sreinoso@hotmail.com

**I. RESUMEN**

El presente proyecto de titulación precisa el diseño y construcción de un sistema electrónico de control de asientos de potencia, con grabación de posiciones para diferentes usuarios identificados a través de biometría.

El dispositivo concebido y ensayado permite controlar electrónicamente tres ejes de desplazamiento en un asiento electromecánico. Posee hardware y firmware que le conceden funciones de identificación de hasta diez usuarios a través de su huella dactilar, y de control de movimientos mediante una interfaz humano – máquina formada por una pantalla gráfica y un panel táctil. Su

característica adicional consiste en la posibilidad de creación de archivos que comprenden el nombre y las posiciones deseadas por el usuario en los tres ejes mencionados, todo esto en memoria no volátil.

Para realizar este mecanismo fue necesario el uso de electrónica basada en dispositivos microprocesados. Así, un microcontrolador se encarga del procesamiento de la información proporcionada por los sensores finales de carrera, el lector biométrico y la interfaz gráfica. Realiza también la conmutación del motor y los embragues eléctricos del asiento,



Los diversos mecanismos implementados en el sistema permiten:

- Procesar de manera precisa y con alta velocidad, los parámetros implicados en el movimiento del asiento de potencia.
- Verificar la identificación de los usuarios mediante su autenticación biométrica dactilar, para modificar el posicionamiento del asiento y configurar posiciones favoritas para cada persona.
- Manejar una base de datos de las huellas, nombres y preferencias de posicionamiento del asiento, para cada usuario.
- Utilizar una interfaz gráfica táctil amigable tanto para administrar el movimiento en tiempo real de los actuadores del asiento, como para modificar la información de la base de datos.
- Manejar botones virtuales sobre el panel táctil que permitan acceder a las diferentes opciones de la interfaz gráfica.

## V. FUNCIONAMIENTO

Cuando se enciende la alimentación del dispositivo este permanece aletargado hasta que se coloque

contacto. En este momento se indica una pantalla de bienvenida con el logotipo de la marca del microcontrolador.



**Figura 2.** Presentación de la pantalla de bienvenida

Luego de pocos instantes, se presenta la máscara con los botones virtuales que permiten escoger los seis tipos de movimientos del asiento, o bien, la identificación biométrica del usuario. Nótese en la figura 3 los números indicadores de las posiciones requeridas en los tres ejes de movimiento, valiendo 0 para las posiciones mínimas y 10 para las máximas.



**Figura 3.** Presentación de la pantalla principal

Si el usuario presiona en el botón de identificar huella, indistintamente de

si es usuario guardado o es nuevo, siempre llegará a la pantalla de configuración que se observa en la figura 4 En esta interfaz también se puede modificar la posición actual del asiento, pero además se puede configurar la información referente al usuario autenticado.



**Figura 4.** Presentación de la pantalla de configuración

Si se presiona en el botón de edición de nombre, aparece la interfaz con el teclado QWERTY que permite modificar en memoria no volátil el nombre que pertenece a un registro de usuario. El teclado se lo puede observar en la figura 5.



**Figura 5.** Presentación del teclado QWERTY virtual

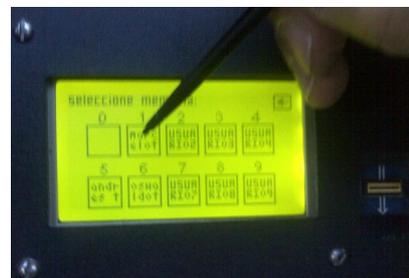
Por otro lado, si se presiona el botón de guardar posición en la misma pantalla de configuración, los valores

de los contadores de posición actuales se almacenan en memoria no volátil y se puede observar la figura 6.



**Figura 6.** Presentación del mensaje de almacenamiento de posiciones en memoria no volátil

En la figura 7 aparece únicamente cuando se ha leído la huella de un usuario y ésta no aparece en la base de datos del sistema (usuario nuevo). Indica los botones correspondientes a las diez localidades de memoria disponibles, con el nombre de los respectivos ocupantes previos. Una vez que el nuevo usuario presione sobre cualquiera de los botones, se borrará la información del anterior usuario.



**Figura 7.** Presentación de las localidades de memoria que puede escoger un nuevo usuario

## VI. CONCLUSIONES:

Se realizó el diseño y construcción de un prototipo electrónico versátil y eficiente, que controla los movimientos de un asiento de potencia, reconoce a los usuarios a través de su huella dactilar y graba las posiciones deseadas en memoria no volátil.

Se logró personalizar las cotas alcanzadas en el asiento de potencia a través del uso de un lector biométrico, mejorando así la ergonomía y calidad de conducción.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- **ATMEL CORPORATION**, 8 – Bit AVR Microcontroller with 16 / 32 / 64Kbytes In – System Programmable Flash, Atmel Corporation, San Jose CA 95131 – USA, 2008.
- **GADRE Dhananjay**, Programming and Customizing the AVR Microcontroller, McGraw – Hill, USA, 2009.
- **MOMPIM, José**, Electrónica y automática industriales, Marcombo Boixareu, Barcelona – España, 2009.
- **MUHAMMAD Rashid**, Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones, Tercera Edición, Pearson Educación, México, 2008.
- **PARDUE Joe**, C Programming for Microcontrollers, Smiley Micros, Knoxville TN 37909, USA, 2009.
- **RAMOS Guillermo**, Electrónica Digital y Circuitos Integrados, CEKIT Compañía Editorial Tecnológica, Pereira – Colombia, 2009.
- **VALENCIA Ramiro**, Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores, Microtel, Ibarra – Ecuador, 2008.

**Latacunga, Mayo de 2013**

---

**Lara Benavides Jorge**

---

**Toapanta Tingo Andrés**

**Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz**

---

**Ing. Juan Castro Clavijo**

**Secretario Académico**

---

**Dr. Rodrigo Vaca Corrales**