



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA
AUTOMÁTICA Y UTILIZACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL EN
BUSES URBANOS, PARA FACILITAR EL ACCESO A
PERSONAS QUE UTILICEN SILLA DE RUEDAS.**

**AUTORES: BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ, DIEGO FERNANDO
GUAMÁN GAMBOA, TOMÁS SANTIAGO**

DIRECTOR: ING. GALARZA EDDIE.

CODIRECTOR: ING. HÉCTOR TERÁN

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. EDDIE GALARZA (DIRECTOR)

ING. HÉCTOR TERÁN (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “Diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, para facilitar el acceso a personas que utilicen silla de ruedas” realizado por BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ DIEGO FERNANDO Y TOMÁS SANTIAGO GUAMÁN GAMBOA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, Febrero del 2015.

ING. EDDIE GALARZA

DIRECTOR

ING. HÉCTOR TERÁN

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS, BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ DIEGO FERNANDO

TOMÁS SANTIAGO GUAMÁN GAMBOA

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“Diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, para facilitar el acceso a personas que utilicen silla de ruedas.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Febrero del 2015.

BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ

DIEGO FERNANDO

C.C. 180341768-0

GUAMÁN GAMBOA

TOMÁS SANTIAGO

C.C. 180279264-6

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS, BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ DIEGO FERNANDO

TOMÁS SANTIAGO GUAMÁN GAMBOA

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**Diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, para facilitar el acceso a personas que utilicen silla de ruedas.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2015.

BUSTAMANTE VILLAGÓMEZ

DIEGO FERNANDO

C.C. 180341768-0

GUAMÁN GAMBOA

TOMÁS SANTIAGO

C.C. 180279264-6

DEDICATORIA

“El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo. Su objetivo final es el dominio completo de la mente sobre el mundo material y el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza a favor de las necesidades humanas” N Tesla.

Este trabajo se lo dedico a mi madre, por guiarme, por mostrarme el valor del honor y la sencillez de la humildad, por estar a mi lado en momentos de penumbra y momentos de gloria, se lo dedico a ella, por ser el motor de mi fuerza y tenacidad, porque lo que yo soy es gracias a mi madre, ANITA VILLAGOMEZ LOPEZ.

Este trabajo también se lo dedico a mi familia ya que ellos siempre han estado apoyándome y esperando con gran ilusión el fin de mis estudios y el inicio de mi carrera profesional. Al grupo CANDEIAS, institución que me enrumbo como persona de bien, indicándome el valor de la verdadera amistad, sentido de compañerismo y lealtad. A mi Dios por mostrarme el camino a seguir en este plano existencial, por darme como don a la perseverancia y tenacidad, necesarias para el diario combate en lo que es la vida como humano.

Diego Fernando Bustamante Villagómez

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: La voluntad” A. Einstein.

Este logro va dedicado a mis padres quienes con mucho esmero caminaron junto a mí a lo largo de mi carrera, en las noches de vela y en los días de gozo, a mi hija Doménica por que junto a su corazón el mío empezó a latir, a su madre que guarda de nosotros desde el cielo. A mis queridos familiares quienes incondicionalmente están presentes en mi vida, a mis amigos y compañeros. Mi mayor agradecimiento a mi Dios que me ha permitido alcanzar desarrollarme como persona y ahora como profesional.

Tomás Santiago Guamán Gamboa

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos al supremo ingeniero, diseñador de todo el universo conocido y por conocer, quien es responsable también de fundar el planeta tierra donde vivimos en libertad de albedrío.

Estamos eternamente agradecidos con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Institución refugio del conocimiento, donde todo el entendimiento adquirido es y será esencial para el desenvolvimiento en el área profesional.

Magno es el sentimiento de gratitud hacia la empresa MIVILTECH y en ella a su gerente José Miranda, quien acertadamente confió en nosotros, para llevar a cabo este proyecto en beneficio de dicha empresa, también extendemos el sentir de gratitud a los ingenieros José Salgado que nos transmito sin ningún interés sus conocimientos y experiencias en momentos de incertidumbre y al ingeniero Danilo Arévalo que nos brindó su valiosa ayuda.

GRACIAS.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

| | |
|---|-----------------|
| DEDICATORIA..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| RESUMEN..... | xvii |
| ABSTRACT..... | xviii |
| | |
| <u>CAPITULO I.....</u> | <u>1</u> |
| | |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.4 DISCAPACIDAD DEFINICIONES Y TIPOS | 4 |
| 1.4.1 TIPOS DE DISCAPACIDAD..... | 4 |
| A. PERSONA CON UNA DISCAPACIDAD MOTRIZ..... | 5 |
| B. PERSONA CON UNA DISCAPACIDAD VISUAL..... | 5 |
| C. PERSONA CON UNA DISCAPACIDAD AUDITIVA..... | 5 |
| D. PERSONA CON UNA DISCAPACIDAD MENTAL | 5 |
| 1.5 BENEFICIOS DE LA INCLUSIÓN SOCIAL..... | 6 |
| 1.6 SISTEMAS ELEVADORES | 6 |
| 1.7 BUS URBANO ESPACIO ÚTIL | 9 |
| 1.8 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES | 11 |
| 1.8.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES..... | 11 |
| 1.8.2 RELACIONES ENTRE PÍXELES | 12 |
| 1.8.3 CONTRASTE Y BRILLO | 13 |
| 1.8.4 FILTROS PARA IMÁGENES | 13 |
| 1.8.5 IMAGEN RGB..... | 14 |
| 1.9 INTERFAZ HUMANA MÁQUINA (HMI)..... | 14 |
| 1.9.1 TIPOS DE HMI..... | 15 |
| 1.9.2 FUNCIONES DE UN HMI | 16 |
| 1.10 DISEÑO MECATRÓNICO | 16 |
| 1.10.1 DISEÑO CONCURRENTE..... | 16 |
| 1.11 DISEÑO MECÁNICO..... | 18 |
| 1.11.1 TIPOS DE CARGAS Y ESFUERZOS..... | 18 |
| 1.11.2 ESFUERZOS COMBINADOS..... | 19 |
| 1.11.3 TEORÍAS DE DISEÑO..... | 21 |
| 1.12 HIDRÁULICA | 22 |
| 1.12.1 LEY DE PASCAL..... | 22 |
| 1.12.2 PRENSA HIDRÁULICA | 23 |
| 1.12.3 ELECTROVÁLVULAS..... | 24 |
| 1.13 NEUMÁTICA | 26 |
| 1.14 MOTOR DC | 26 |
| 1.15 CAJA DE REDUCCIÓN | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 1.16 ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS..... | 28 |
| 1.16.1 PUENTE H..... | 28 |
| 1.16.2 OPTO ACOPLADOR..... | 28 |
| 1.16.3 RELÉ..... | 29 |
| 1.16.4 MICRO CONTROLADOR..... | 29 |
| 1.17 SISTEMA DE CONTROL..... | 31 |
| 1.17.1 LABVIEW..... | 31 |
| 1.17.2 COMUNICACIÓN USB ENTRE LABVIEW Y EL MICRO CONTROLADOR..... | 31 |
| 1.17.3 COMUNICACIÓN ENTRE LA PC Y DISPOSITIVOS USB..... | 34 |

CAPITULO II..... 35

| | |
|--|------------|
| 2.1 CONDICIONES INICIALES..... | 35 |
| 2.2 DISEÑO DEL MECANISMO ELEVADOR..... | 38 |
| 2.3 CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS..... | 47 |
| 2.3.1 DISEÑO DE LA PLATAFORMA..... | 48 |
| 2.3.2 DISEÑO DEL BRAZO ELEVADOR PRINCIPAL..... | 53 |
| 2.3.3 DISEÑO DE LAS BARRAS ELEVADORAS SECUNDARIAS BES..... | 60 |
| 2.3.4 DISEÑO DEL EJE..... | 62 |
| 2.4 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO..... | 63 |
| 2.4.1 ELEMENTOS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO..... | 63 |
| 2.4.2 SELECCIÓN DEL PISTÓN..... | 63 |
| 2.4.3 SELECCIÓN DEL FLUIDO Y TUBERÍA..... | 69 |
| 2.4.4 SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS..... | 73 |
| 2.5 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO..... | 76 |
| 2.6 ANÁLISIS DEL MECANISMO..... | 77 |
| 2.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL..... | 80 |
| 2.7.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA..... | 81 |
| 2.7.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA (SENSORES Y ACTUADORES)..... | 85 |
| 2.8 COMUNICACIÓN..... | 86 |
| 2.9 CIRCUITO ELECTRÓNICO..... | 93 |
| 2.10 PROGRAMACIÓN..... | 98 |
| 2.11 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO..... | 105 |
| 2.12 CIRCUITO DE POTENCIA..... | 105 |
| 2.12.1 PUENTE H..... | 106 |
| 2.12.2 ELECTROVÁLVULAS..... | 110 |

CAPITULO III..... 112

| | |
|--|------------|
| 3.1 MÓDULO DE PRUEBAS..... | 112 |
| 3.2 MECANISMO DE ELEVACIÓN..... | 116 |
| 3.3 SISTEMA HIDRÁULICO..... | 117 |

| | |
|--|-------------------|
| 3.4 SISTEMA NEUMÁTICO..... | 121 |
| 3.5 SENSORES Y ACTUADORES..... | 123 |
| 3.6 SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE POTENCIA..... | 126 |
| 3.6.1 CIRCUITO DE CONTROL..... | 126 |
| 3.6.2 CIRCUITO DE POTENCIA..... | 129 |
| 3.6.3 ALIMENTACIÓN..... | 132 |
| 3.6.4 CONTROL ELÉCTRICO..... | 133 |
| 3.7 COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO..... | 136 |
| 3.7.1 INGRESO AL BUS (SUBIR)..... | 136 |
| 3.7.2 SALIDA DEL BUS (BAJAR)..... | 144 |
| 3.7.3 CARGA VS TIEMPO..... | 148 |
| 3.8 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES..... | 153 |
| 3.8.1 ADQUISICIÓN..... | 153 |
| 3.8.2 FILTRADO..... | 154 |
| 3.8.3 PROCESAMIENTO..... | 157 |
| 3.9 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS..... | 160 |
| | |
| <u>CAPITULO IV.....</u> | <u>161</u> |
| | |
| 4.1 CONCLUSIONES..... | 161 |
| 4.2 RECOMENDACIONES..... | 162 |
| | |
| ANEXOS..... | 176 |

ÍNDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 1.1 PUERTA DE BUS Y ESPACIO EXCLUSIVO PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS | 2 |
| FIGURA 1.2 TIPOS DE DISCAPACIDAD A SER CONSIDERADA EN EL PRESENTE PROYECTO | 4 |
| FIGURA 1.3 ELEVADOR DISEÑADO POR EL INGENIERO GERMANO KONRAD KYESER (1405) | 7 |
| FIGURA 1.4 PLATAFORMA ELEVADORA ELÉCTRICA ARTICULADA.... | 7 |
| FIGURA 1.5 PLATAFORMA TIPO PENDIENTE PARA ACCEDER A ZONAS ALTAS EN EL DOMICILIO | 8 |
| FIGURA 1.6 PLATAFORMA ASCENSOR PENDIENTE PARA ACCEDER A ZONAS ALTAS EN EL DOMICILIO | 8 |
| FIGURA 1.7 PLATAFORMA PARA ACCEDER A MEDIOS DE TRANSPORTE | 9 |
| FIGURA 1.8 PLATAFORMA GRÚA PARA ACCEDER A MEDIOS DE TRANSPORTE. | 9 |
| FIGURA 1.9 BUS URBANO DE TRES PUERTAS CAMA ALTA | 10 |
| FIGURA 1.10 TIPOS DE ILUMINACIÓN..... | 12 |
| FIGURA 1.11 VECINOS VERTICALES, HORIZONTALES Y DIAGONALES DE UNA IMAGEN | 13 |
| FIGURA 1.12 DESCOMPOSICIÓN DE UNA IMAGEN RGB | 14 |
| FIGURA 1.13 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA CONCURRENTE | 17 |
| FIGURA 1.14 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA CONCURRENTE O SIMULTÁNEA | 17 |
| FIGURA 1.15 CARGAS FIJAS Y CARGAS VARIABLES | 18 |
| FIGURA 1.16 TIPOS DE ESFUERZOS..... | 18 |
| FIGURA 1.17 TEOREMA DE SUPERPOSICIÓN..... | 19 |
| FIGURA 1.18 DIAGRAMA DE ESFUERZOS PRINCIPALES..... | 19 |
| FIGURA 1.19 CÍRCULO DE MOHR | 20 |
| FIGURA 1.20 COMPARACIÓN GRÁFICA DE TEORÍAS DE DISEÑO | 22 |
| FIGURA 1.21 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PRENSA HIDRÁULICA..... | 23 |
| FIGURA 1.22 CONFIGURACIÓN DE ELECTROVÁLVULAS NEUMÁTICAS | 25 |
| FIGURA 1.23 CONFIGURACIÓN DE ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS | 26 |
| FIGURA 1.24 FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DC | 27 |
| FIGURA 1.25 MOTOR DC CON CAJA DE REDUCCIÓN | 27 |
| FIGURA 1.26 ESQUEMA DE UN PUENTE H..... | 28 |
| FIGURA 1.27 OPTO ACOPLADOR | 28 |
| FIGURA 1.28 CAMPOS DE APLICACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR..... | 30 |

| | |
|---|-----------|
| FIGURA 1.29 FABRICANTES DE MICRO CONTROLADORES..... | 30 |
| FIGURA 1.30 DIAGRAMA DE BLOQUES..... | 31 |
| FIGURA 1.31 CONECTORES USB | 32 |
| FIGURA 1.32 COMPOSICIÓN DE UN PAQUETE DE INFORMACIÓN | 33 |
| FIGURA 2.1 BUS URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO EN LAS CALLES JUAN BENIGNO VELA Y JUAN LEÓN MERA..... | 35 |
| FIGURA 2.2 CARROCERÍA PARA BUS TIPO URBAN PLUS DE LA EMPRESA MIRAL..... | 36 |
| FIGURA 2.3 MODELO URBAN PLUS DE LA EMPRESA MIRAL | 36 |
| FIGURA 2.4 SECCIÓN DEL AUTOBÚS DONDE SERÁ INSTALADO EL MODULO | 37 |
| FIGURA 2.5 MAQUETA A ESCALA 1:1 DE LA ESTRUCTURA PERTENECIENTE A LA | 37 |
| FIGURA 2.6 CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO CORRESPONDIENTE A LA PUERTA POSTERIOR..... | 38 |
| FIGURA 2.7 PROPUESTA ELEVADOR | 39 |
| FIGURA 2.8 RIELES | 40 |
| FIGURA 2.9 SISTEMA DE ELEVACIÓN | 40 |
| FIGURA 2.10 PLATAFORMA | 41 |
| FIGURA 2.11 DISTANCIA DEL SUELO AL PISO DEL BUS Y ESPACIO DISPONIBLE PARA EL DISEÑO | 42 |
| FIGURA 2.12 CÁLCULO DE LONGITUD DEL BRAZO ELEVADOR PRINCIPAL “BEP” | 43 |
| FIGURA 2.13 CÁLCULO DE LONGITUD DEL BEP AL SUBIR..... | 43 |
| FIGURA 2.14 EJE Y BEP CON CHAVETA | 44 |
| FIGURA 2.15 ESTRUCTURA DEL CARRO | 45 |
| FIGURA 2.16 BRAZO ELEVADOR SECUNDARIO BES Y PASADOR | 46 |
| FIGURA 2.17 MEDIDAS DE BEP Y BES EN EL SISTEMA ELEVADOR .. | 46 |
| FIGURA 2.18 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS..... | 47 |
| FIGURA 2.19 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA PLATAFORMA... | 48 |
| FIGURA 2.20 ÁNGULO L | 49 |
| FIGURA 2.21 POSICIÓN MÁS ALTA DEL BEP | 54 |
| FIGURA 2.22 POSICIÓN MÁS BAJA DEL BEP..... | 54 |
| FIGURA 2.23 POSICIÓN MEDIA DEL BEP..... | 55 |
| FIGURA 2.24 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO PARA EL CASO UNO..... | 56 |
| FIGURA 2.25 DIAGRAMA DE FUERZA Y MOMENTO CORTANTE PARA EL CASO DOS | 57 |
| FIGURA 2.26 DIAGRAMA DE FUERZA Y MOMENTO CORTANTE PARA EL CASO TRES | 58 |
| FIGURA 2.27 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL BEP..... | 59 |
| FIGURA 2.28 ELEMENTOS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO | 63 |
| FIGURA 2.29 PISTÓN HIDRÁULICO | 65 |

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 2.30 EJEMPLO DE LA INSTALACIÓN AL CIGÜEÑAL DEL VEHÍCULO | 68 |
| FIGURA 2.31 VISCOSIDAD DINÁMICA VS TEMPERATURA DE ALGUNOS FLUIDOS | 72 |
| FIGURA 2.32 ELEMENTOS DE UNA TRANSMISIÓN TÍPICA DE POTENCIA POR BANDAS | 74 |
| FIGURA 2.33 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS BANDAS TIPO V | 74 |
| FIGURA 2.34 CIRCUITO NEUMÁTICO | 76 |
| FIGURA 2.35 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL PISTÓN..... | 76 |
| FIGURA 2.36 TRAYECTORIA LINEAL DE LA PLATAFORMA..... | 77 |
| FIGURA 2.37 FUERZA QUE EJERCE EL MOTOR AL MOVER EL SISTEMA ELEVADOR CON LA PLATAFORMA | 78 |
| FIGURA 2.38 GRÁFICA VELOCIDAD DE LA PLATAFORMA AL DESPLEGARSE..... | 78 |
| FIGURA 2.39 TRAYECTORIAS CIRCULARES DE LA PLATAFORMA, BRAZOS GUÍA Y ESLABÓN DEL PISTÓN..... | 79 |
| FIGURA 2.40 VELOCIDAD DE LA PLATAFORMA | 80 |
| FIGURA 2.41 CURVA DE FUERZA REQUERIDA POR EL PISTÓN | 80 |
| FIGURA 2.42 BOTÓN SUBIR DEL HMI | 81 |
| FIGURA 2.43 POSICIÓN TOTALMENTE DESPLEGADA | 82 |
| FIGURA 2.44 POSICIÓN NIVEL DE LA CALZADA | 83 |
| FIGURA 2.45 POSICIÓN MÁS ALTA. | 83 |
| FIGURA 2.46 BOTÓN BAJAR DEL HMI | 84 |
| FIGURA 2.47 ESQUEMA GENERAL DE COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS Y SUS HERRAMIENTAS | 86 |
| FIGURA 2.48 CONFIGURACIÓN HID | 87 |
| FIGURA 2.49 CONFIGURACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR OBTENIDA POR LA PC..... | 88 |
| FIGURA 2.50 HERRAMIENTA PARA ABRIR REGISTROS DE WINDOWS..... | 89 |
| FIGURA 2.51 DIRECCIÓN DE WINDOWS DONDE SE GUARDAN REGISTROS DE LOS DISPOSITIVOS USB..... | 89 |
| FIGURA 2.52 CALL LIBRARY FUNCTION NODE | 90 |
| FIGURA 2.53 FUNCIONES CONECTAR DESCONECTAR Y GETHANDLE DEL DLL | 90 |
| FIGURA 2.54 CONVERSIÓN DE HEXADECIMAL A DECIMAL DE LOS NÚMEROS PID Y VID | 91 |
| FIGURA 2.55 FUNCIÓN READ DEL DLL..... | 91 |
| FIGURA 2.56 CONFIGURACIÓN DE LA FUNCIÓN WRITE | 92 |
| FIGURA 2.57 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA 18..... | 94 |
| FIGURA 2.58 PLANTILLAJE | 94 |
| FIGURA 2.59 CONFIGURACIÓN DEL PIC..... | 95 |
| FIGURA 2.60 CONFIGURACIÓN DEL PIC..... | 95 |
| FIGURA 2.61 CONFIGURACIÓN DEL PIC..... | 96 |

| | |
|--|------------|
| FIGURA 2.62 CONFIGURACIÓN DEL PIC..... | 96 |
| FIGURA 2.63 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DEL PIC..... | 97 |
| FIGURA 2.64 CONFIGURACIÓN DEL PIC SEGÚN DATASHEET | 98 |
| FIGURA 2.65 PROGRAMA C DEL PIC. | 102 |
| FIGURA 2.66 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA. | 103 |
| FIGURA 2.67 ADQUISICIÓN, FILTRADO Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES..... | 103 |
| FIGURA 2.68 ENVIÓ DE DATOS SEGÚN EL EVENTO..... | 104 |
| FIGURA 2.69 MOTOR DC, EXTRAÍDO DE UNA MOTO PARA NIÑOS. . | 106 |
| FIGURA 2.70 CONFIGURACIÓN DE UN PUENTE H | 106 |
| FIGURA 2.71 CONFIGURACIONES POSIBLES..... | 107 |
| FIGURA 2.72 PUENTE H CON TRANSISTORES. | 109 |
| FIGURA 2.73 PUENTE H CON RELÉS | 110 |
| FIGURA 2.74 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA ELECTROVÁLVULA..... | 110 |
| FIGURA 2.75 CIRCUITO DE POTENCIA PARA LAS ELECTROVÁLVULAS | 111 |
| FIGURA 3.1 VISTA FRONTAL DEL MÓDULO DE PRUEBAS A ESCALA 1:1 | 112 |
| FIGURA 3.2 VISTA LATERAL DEL MÓDULO DE PRUEBAS A ESCALA..... | 113 |
| FIGURA 3.3 VISTA AMPLIFICADA DE UNA SESIÓN DEL MÓDULO.... | 114 |
| FIGURA 3.4 VISTA ISOMÉTRICA DEL MÓDULO DE PRUEBAS..... | 114 |
| FIGURA 3.5 PLATAFORMA DESPLEGADA DEL MÓDULO DE PRUEBAS, VISTAS ISOMÉTRICA, FRONTAL Y LATERAL..... | 115 |
| FIGURA 3.6 BRAZOS ELEVADORES PRINCIPALES, NIVEL PISO BUS (BEP)..... | 116 |
| FIGURA 3.7 BRAZOS ELEVADORES PRINCIPALES, NIVEL SUELO (BEP)..... | 116 |
| FIGURA 3.8 SISTEMA HIDRÁULICO EN ESTADO PASIVO..... | 117 |
| FIGURA 3.9 MOVIMIENTO DEL PISTÓN Y VÁLVULA CUANDO LA PLATAFORMA DESCENDE | 118 |
| FIGURA 3.10 MOVIMIENTO DEL PISTÓN Y VÁLVULA CUANDO LA PLATAFORMA ASCIENDE..... | 119 |
| FIGURA 3.11 CONJUNTO MOTOR-BOMBA | 120 |
| FIGURA 3.12 FLUJO LAMINAR DEL ACEITE..... | 120 |
| FIGURA 3.13 ELECTROVÁLVULA 4/3 Y VÁLVULA ESTRANGULADORA. | 120 |
| FIGURA 3.14 SISTEMA NEUMÁTICO EN ESTADO PASIVO | 121 |
| FIGURA 3.15 SISTEMA NEUMÁTICO EN ESTADO ACTIVO | 122 |
| FIGURA 3.16 ELECTROVÁLVULA 3/2 Y VÁLVULA ESTRANGULADORA EN UNA VÍA..... | 122 |
| FIGURA 3.17 PISTÓN HIDRÁULICO | 123 |
| FIGURA 3.18 PISTÓN NEUMÁTICO | 123 |

| | |
|--|------------|
| FIGURA 3.19 MOTOR DC..... | 124 |
| FIGURA 3.20 SENSORES DE POSICIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO | 124 |
| FIGURA 3.21 SENSORES DEL MOTOR..... | 125 |
| FIGURA 3.22 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL..... | 127 |
| FIGURA 3.23 PCB DEL SISTEMA DE CONTROL | 128 |
| FIGURA 3.24 PCB DEL CIRCUITO DE CONTROL..... | 128 |
| FIGURA 3.25 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE POTENCIA..... | 130 |
| FIGURA 3.26 PCB DEL CIRCUITO DE POTENCIA..... | 131 |
| FIGURA 3.27 PCB DEL CIRCUITO DE POTENCIA..... | 132 |
| FIGURA 3.28 FUENTE VARIABLE DC-DC 3A..... | 132 |
| FIGURA 3.29 BATERÍAS EN SERIE | 133 |
| FIGURA 3.30 FUENTE VARIABLE DC-DC | 133 |
| FIGURA 3.31 DIAGRAMA LADER DEL SISTEMA ELÉCTRICO..... | 134 |
| FIGURA 3.32 REPRESENTACIÓN LADER DEL CONTROL ELÉCTRICO | 135 |
| FIGURA 3.33 CAJA DE CONTROL Y BOTONERA | 135 |
| FIGURA 3.34 USUARIO EN SILLA DE RUEDAS | 136 |
| FIGURA 3.35 BOTÓN SUBIR DEL HMI | 136 |
| FIGURA 3.36 PLATAFORMA SALIENDO DE LA CONTRAHUELLA DE LA SEGUNDA GRADA | 137 |
| FIGURA 3.37 PLATAFORMA TOTALMENTE EXTENDIDA | 137 |
| FIGURA 3.38 PLATAFORMA DESCENDIENDO | 138 |
| FIGURA 3.39 PLATAFORMA LIBERANDO LA RAMPA..... | 138 |
| FIGURA 3.40 USUARIO EN SILLA DE RUEDAS INGRESANDO A LA PLATAFORMA | 139 |
| FIGURA 3.41 USUARIO EN POSICIÓN PARA ASCENDER | 139 |
| FIGURA 3.42 POSICIÓN DEL USUARIO PARA PODER ASCENDER ... | 140 |
| FIGURA 3.43 IMAGEN OBTENIDA DE LA CÁMARA PARA EL PROCESAMIENTO DE IMAGEN..... | 141 |
| FIGURA 3.44 PLATAFORMA ELEVANDO AL USUARIO A LA ALTURA DEL PISO DEL BUS..... | 141 |
| FIGURA 3.45 ALTURA MÁXIMA DE LA PLATAFORMA | 142 |
| FIGURA 3.46 USUARIO INGRESANDO AL INTERIOR DEL BUS | 142 |
| FIGURA 3.47 PLATAFORMA DESCENDIENDO. | 143 |
| FIGURA 3.48 PLATAFORMA GUARDÁNDOSE EN EL INTERIOR DEL BUS..... | 143 |
| FIGURA 3.49 BOTÓN BAJAR DEL HMI | 144 |
| FIGURA 3.50 PLATAFORMA SALIENDO DEL INTERIOR DEL BUS (BAJADA)..... | 145 |
| FIGURA 3.51 PLATAFORMA DESCENDIENDO PARA ABRIR LA EXTENSIÓN | 145 |
| FIGURA 3.52 PLATAFORMA EN SU POSICIÓN MÁS ALTA Y LISTA PARA EL EMBARQUE DEL PASAJERO..... | 146 |

| | |
|---|------------|
| FIGURA 3.53 USUARIO LISTO PARA EL DESCENSO | 146 |
| FIGURA 3.54 PLATAFORMA DESCENDIENDO | 147 |
| FIGURA 3.55 USUARIO SALIENDO DE LA PLATAFORMA..... | 147 |
| FIGURA 3.56 CÁLCULO DE CURVA DE TENDENCIA CARGA VS TIEMPO | 149 |
| FIGURA 3.57 CARGA DE LA SILLA DE RUEDAS | 150 |
| FIGURA 3.58 IMÁGENES DE LAS DIFERENTES CARGAS UTILIZADAS PARA LA PRUEBA..... | 151 |
| FIGURA 3.59 PLATAFORMA CARGADA..... | 151 |
| FIGURA 3.60 PLATAFORMA CARGADA EN SU POSICIÓN MÁS ALTA | 152 |
| FIGURA 3.61 CRONÓMETRO UTILIZADO EN LA PRUEBA | 152 |
| FIGURA 3.62 IMAQ CREATE. | 153 |
| FIGURA 3.63 ADQUISICIÓN CONTINÚA DE UNA IMAGEN EN LABVIEW. | 153 |
| FIGURA 3.64 DETALLE DE LOS VÍ'S USADOS EN LA ADQUISICIÓN | 154 |
| FIGURA 3.65 ESQUEMA GENERAL DE FILTRADO DE LA IMAGEN EN EL ASISTENTE..... | 154 |
| FIGURA 3.66 FILTRADO DE LA IMAGEN | 156 |
| FIGURA 3.67 OPERACIÓN DETECCIÓN DE BORDES Y CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS..... | 157 |
| FIGURA 3.68 IMAGEN PATRÓN UTILIZADA PARA DETECTAR MANOS | 158 |
| FIGURA 3.69 IMAGEN PATRÓN PARA DETECTAR LA LETRA M..... | 159 |

ÍNDICE DE TABLAS.

| | |
|--|------------|
| Tabla 1.1 Tipos de Métodos de Predicción de Fallas | 21 |
| Tabla 1.2 Distribución de pines de conexión USB..... | 33 |
| Tabla 2.1 Criterios de selección de coeficientes de seguridad | 52 |
| Tabla 2.2 Datos Técnicos del Pistón y Condiciones Iniciales..... | 66 |
| Tabla 2.3 Características Técnicas de la bomba..... | 68 |
| Tabla 2.4 Aplicaciones de las mangueras según su material | 70 |
| Tabla 2.5 Sensores y Actuadores con sus respectivas etiquetas | 85 |
| Tabla 2.6 Movimientos posibles requeridos..... | 107 |
| Tabla 3.1 Entradas y Salidas del circuito de control | 126 |
| Tabla 3.2 Voltajes de operación de los elementos..... | 129 |
| Tabla 3.3 Tiempo de Subida vs Carga..... | 148 |

RESUMEN

El presente trabajo titulado: “**Diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, para facilitar el acceso a personas que utilicen silla de ruedas.**” Propone el uso de procesamiento digital de imágenes como medio de automatización orientado a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad desarrollado en un medio en el cual se pretende general una política inclusiva. Este proyecto consta de una estructura mecánica la cual representa la puerta posterior de un bus urbano a escala real que soporta un mecanismo encargado de subir y bajar a la persona del bus, cuenta también con sensores y actuadores que permiten al controlador tomar decisiones basadas en los procedimientos a realizar cuando una persona requiere subir o bajar de la unidad de transporte. El controlador de la máquina se basa en una aplicación HID de un micro controlador enlazado al software Labview mediante un DLL desde donde el chofer de la unidad monitorea y controla el proceso a través de un HMI. El procesamiento digital de imágenes es usado para asegurar al usuario de posibles accidentes así como también identifica su presencia por medio de patrones cargados anteriormente en el mismo.

Palabras clave: Visión Artificial, Plataforma Automática, Aplicación HID, Inclusión Social, Discapacidad.

ABSTRACT

The present work titled “**Design and construction of an automatic platform and use of artificial vision in urban buses, to facilitate the access to people who use wheelchairs**”, propose the use of the digital image processing as a means of automation oriented to improve the quality of life of disabled person which aims to create an inclusive policy. This project includes a mechanical structure that represents the rear door of an urban bus in a 1:1 scale, the implemented structure carries on a mechanism for raising and lowering a person that has to take the bus. The system also includes a sensor and actuators which enables the controller to take decisions based in a previous loaded procedure when a person require to enter or exit out of the transport unit. The controller machine is based on a HID application that uses a micro controller linked to the LabVIEW software through a DLL from where the driver of the bus unit monitors and controls the process via an HMI. The digital image processing is used to assure that the user is free of possible accidents as well as to identify the user presence through patterns previously loaded therein.

Keywords: Machine Vision, Automation Platform, HID Application, Social Inclusion, Disability.

CAPITULO 1.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad se promueve con mucho ahínco un concepto relativamente nuevo para la constitución de la República del Ecuador. El Ministerio de Inclusión Social y Económica del Ecuador, entre sus políticas sociales define:

Inclusión “De las personas, familias y grupos en vulnerabilidad a la sociedad en todos sus estamentos y actividades. Responde a la creación de capacidades en las personas y condiciones en el Estado y la sociedad para que se pueda lograr esta inclusión social y económica”.

Igualdad “Es la consecución de la equiparación de oportunidades y resultados entre familias y personas en situación de necesidad específica, pobreza o vulneración de derechos con el resto de la sociedad y la acción afirmativa prioritaria para la eliminación de todas las formas de discriminación hacia grupos en situación de desprotección y desigualdad”. FUENTE: (Ministerio de Inclusión Económica y Social, 2015).

Estos dos conceptos son ideales al observar la realidad que viven determinados grupos de la sociedad al encontrarse en situaciones de desigualdad ya sea por sus limitaciones físicas o mentales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los mayores obstáculos que posee el Ecuador y mucho más aún la ciudad de Ambato es que, las personas en silla de ruedas no pueden acceder a buses urbanos. En la actualidad el transporte público no es inclusivo, ya que éste no considera la limitada movilidad de este grupo de personas, esto reduce su calidad de vida, impidiendo que gocen de una participación igualitaria dentro de la sociedad



Figura 1.1 Puerta de bus y espacio exclusivo para personas en silla de ruedas

El recurso más importante para el país es el recurso humano y reconocer las limitaciones de las personas con discapacidad es síntoma de un cambio social positivo. En los medios de transporte tenemos deshabilitado el acceso para personas con discapacidad en silla de ruedas pese a que existe el espacio exclusivo para este tipo de usuarios.

En la ciudad de Ambato, el mayor obstáculo que diariamente enfrentan las personas que utilizan silla de ruedas es el trasladarse de un lugar a otro, por su déficit de movilidad se les hace imposible acceder a algún medio de transporte público, caso concreto el ingreso a buses urbanos. En la actualidad el transporte público no es inclusivo, ya que éste no considera la limitada

movilidad de este grupo de personas, esto impide que gocen de una participación igualitaria dentro de la sociedad reduciendo su calidad de vida.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En Latinoamérica el tema de la inclusión social constituye el más importante, grave, urgente y difícil problema. La exclusión social puede asociarse con la marginalidad y la transformación de la pobreza de lo que se deriva una mínima participación en el mundo laboral, en el consumo y en el desarrollo cultural.

Según la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010) en el Ecuador 432443 personas poseen discapacidad físico-motora, esto representa al 2.98% de la población total, dicho de otra manera, tres de cada cien personas no pueden acceder a un medio de transporte por falta de movilidad. Las personas con discapacidad se ven excluidas de beneficios que garanticen el buen vivir. Uno de estos beneficios es la posibilidad de acceder a un medio de transporte público, lo cual impide su desarrollo integral y limita sus oportunidades de progreso.

Este proyecto busca aplicar la ciencia y tecnología para dar una solución creativa a los problemas de inclusión social, implementando un medio de transporte inclusivo que otorgue una oportunidad a las personas con discapacidad físico-motora de tener en un rol igualitario dentro de la sociedad.

En nuestro país se diseñaron dos proyectos similares los cuales fueron diseñados pero no pasaron a la etapa de implementación dada su incompatibilidad con el espacio físico disponible. Este sistema se implementa en un módulo a escala 1:1 correspondiente a un bus de transporte público con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis planteadas en el proyecto.

Los factores expuestos justifican y determinan la importancia del proyecto.

1.4 DISCAPACIDAD DEFINICIONES Y TIPOS

Discapacidad es la condición en la cual las personas poseen alguna deficiencia ya sean estas físicas, mentales o intelectuales, que en algún momento se encontraran afectadas para interactuar y participar en la sociedad. (Chacón, 2009)

1.4.1 TIPOS DE DISCAPACIDAD

Se observa en el cuadro sinóptico de la figura 1.2, la clasificación de las discapacidades de acuerdo a su tipo, el presente proyecto busca ayudar a la sección de la población con discapacidad física motora marcada por la línea de color rojo.

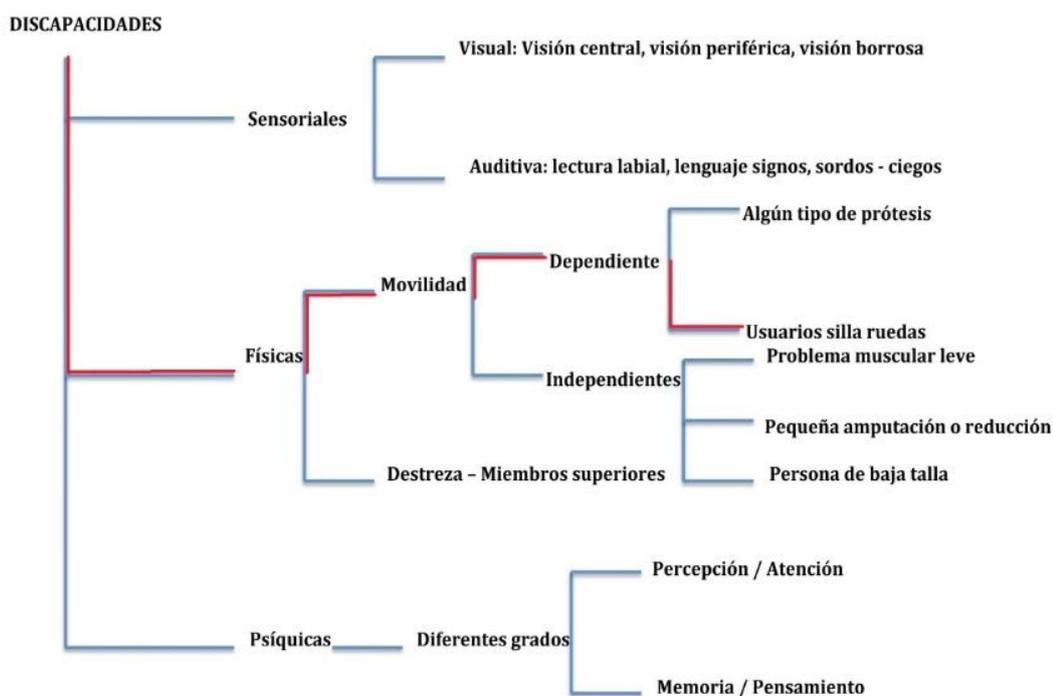


Figura 1.2 Tipos de Discapacidad a ser considerada en el presente proyecto

Fuente: (Cardona, 2014)

a. Persona con una discapacidad motriz.

Las personas con discapacidad motriz pueden caminar ayudadas o soportadas por elementos de soporte o a su vez pueden desplazarse con sillas de ruedas. De lo que se induce que la silla de ruedas, los bastones y las muletas son sumamente necesarios para sus usuarios por lo cual todo el tiempo deben contar con estos elementos.

b. Persona con una discapacidad visual.

Las personas con discapacidad visual se denominan ciegos. Éstas, han perdido su sentido de la vista o tienen una cierta pérdida que les impide distinguir colores, pueden ser intolerantes a la iluminación o a su vez han perdido la capacidad de percibir el ambiente.

c. Persona con una discapacidad Auditiva

A este grupo de personas se les denomina sordos, existen dos tipos de personas con discapacidad auditiva, las personas que han atrofiado totalmente o de nacimiento no poseen el sentido auditivo mientras que existe otro tipo denominados hipo acústicos que tienen un resto auditivo que se puede rehabilitar. (Chacón, 2009).

d. Persona con una discapacidad Mental

En términos generales la discapacidad mental puede ser simple o múltiple; leve, moderada o grave; definitiva e irreversible o progresiva, sin embargo también puede ser temporal a causa de golpes o accidentes.

1.5 BENEFICIOS DE LA INCLUSIÓN SOCIAL

En Sudamérica alrededor de 100 millones de personas padecen algún tipo de discapacidad. Ellos forman parte del 15% de la población Latinoamericana, según estudios realizados por la organización mundial de la salud (OMS).

La tasa de desempleo de este sector de la población rodea el 90% y solo el 30% de niños con discapacidad pueden acceder a la educación.

Las ciudades se benefician cuando las personas con discapacidad se integran a la PEA (población económicamente activa), con esta propuesta la inversión en el equipo de elevación que se desarrolla en el presente proyecto se recupera en mediano plazo.

El recurso más importante para un país es el recurso humano, bajo esta premisa se induce que además de tener un beneficio social invaluable, se obtiene además réditos económicos para el transportista y mejores oportunidades de desarrollo para el usuario.

1.6 SISTEMAS ELEVADORES

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para mover personas o bienes entre diferentes niveles.

El primer dato histórico de un elevador hace referencia en las obras el arquitecto romano Vitrubio, que menciona a Arquímedes como constructor del primer elevador el cual data probablemente en 236 AC. Posteriormente, en fuentes de literatura se mencionan mecanismos elevadores basados en cuerdas de cáñamo accionadas manualmente o por medio de animales, según la historia se supone que estos elevadores fueron instalados en el monasterio de Sinaí en Egipto. Este puede ser el primer elevador que data la historia. La figura 1.3 esquematiza el concepto general del elevador.

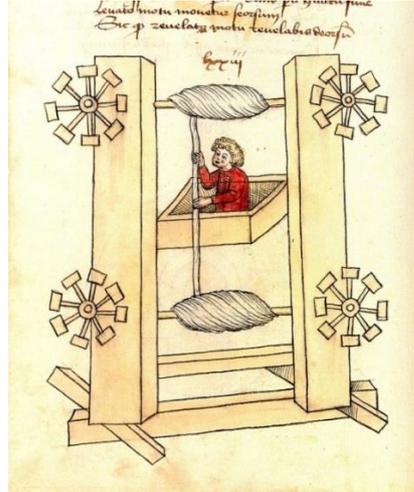


Figura 1.3 Elevador diseñado por el ingeniero germano Konrad Kyeser (1405)

Fuente: (Kyeser, 2002)

Los negocios asimilaron la innovadora idea y se dieron cuenta del potencial del elevador inventado, en 1857 se instaló el primer ascensor para personas en un almacén de Broadway, este ascensor subía cinco pisos en un minuto movido por medio vapor. (Strakosch, 2012)

Actualmente el rascacielos más alto del mundo es la “Torre Burj Khalifa” en Dubái, posee 828 m. de altura y tiene ascensores de la compañía “Otis Elevator Company”, son capaces de subir peso a las distancias de 504 metros a 10 metros por segundo (Strakosch, 2012), que es la más larga del mundo.



Figura 1.4 Plataforma elevadora eléctrica articulada

Fuente: (Genie, 2011)

La figura 1.4 muestra una plataforma que generalmente se utiliza para trabajos industriales a altura y que precisen de libertad de movimiento. Disponen de una cesta donde el operario maneja la máquina gracias a un panel de control, controlando parámetros como la altura, el ángulo, la posición o la velocidad.

En relación a este proyecto, hay diferentes modelos de máquinas elevadoras que cumplen la función de ayudar a persona o usuario que utilice como medio de transporte una silla de ruedas. En las figuras 1.5, 1.6, 1.7 y 1.8. A continuación se puede se observan algunos de estos diseños.



Figura 1.5 Plataforma tipo pendiente para acceder a zonas altas en el domicilio

Fuente: (Extroma, 2014)



Figura 1.6 Plataforma ascensor pendiente para acceder a zonas altas en el domicilio

Fuente: (Tu Elevador, 2010)



Figura 1.7 Plataforma para acceder a medios de transporte

Fuente: (Autolift, 2010)



Figura 1.8 Plataforma grúa para acceder a medios de transporte.

Fuente: (Autolift, 2010)

1.7 BUS URBANO ESPACIO ÚTIL

En la actual constitución de la República del Ecuador se establece de reglamentos como la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida a medios físicos, en este caso un bus urbano, mismos que deben regirse a las normas INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización). “Todo vehículo público de transporte pasajeros tiene que destinar una área interior libre para uso de pasajeros con Discapacidad, lo más cercano a la puerta de acceso” (INEN, 2010). Y para el acceso a la unidad se tiene que contar con una de las siguientes opciones:

- Elevador en el bus
- Rampa en el bus
- Rampa en las paradas

En este proyecto se implementa el sistema en la puerta posterior de un bus urbano de tres puertas cama alta. Para comprender de mejor manera, la figura 1.9 muestra un bus de las condiciones mencionadas.



Figura 1.9 Bus Urbano de tres puertas cama alta

En cumplimiento con la norma 2205-2 de buses urbanos según el artículo 5.1.2.7 el literal b.1.1.1. La capacidad mínima de elevación debe ser de 200 KG y según el literal b.1.2.5. La superficie de la plataforma debe ser de tipo antideslizante con un relieve que no exceda los 6mm además los literales b.1.2.6, b.1.2.7 y b.1.2.8 establecen como norma que la plataforma debe tener un ancho mínimo de 800mm y 1000mm de profundidad y que esta plataforma no deberá tener ningún tipo de flexión cuando esté en funcionamiento. Además debe cumplir con una velocidad de desplazamiento no mayor a 0.22m/s y en despliegue y repliegue no debe ser superior a 0.33m/s. (INEN, 2010).

1.8 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Procesamiento digital de imágenes (PDI) es el tratamiento de las imágenes mediante medios electrónicos y su aplicación incluye diversas áreas como la medicina, manufactura, microscopía análisis de imágenes satelitales, sistemas de seguridad, astronomía. Un aspecto importante del PDI consiste en que las imágenes adquiridas no provienen exclusivamente del censado del espectro de luz visible que percibe el ojo humano, las imágenes también pueden venir del espectro electromagnético, espectro térmico, lo cual representa una gran ventaja (Chacón M. , 2007).

1.8.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

Para poder adquirir una imagen es necesario un proceso de muestreo, cuantificación y codificación, este proceso es realizado por un sensor fotosensible CCD por sus siglas en inglés (Charge Couple Device). Este dispositivo captura y digitaliza una representación discreta de la imagen continua $I(x, y)$, donde x y y se refiere a sus coordenadas espaciales mientras que I es la intensidad de la imagen a este conjunto se le denomina pixel, su representación matricial viene dada por la expresión:

$$I(x, y) = \begin{bmatrix} I(0,0) & I(0,1) & \dots & I(0, M - 1) \\ I(1,0) & I(1,1) & \dots & I(1, M - 1) \\ I(N - 1,0) & I(N - 1,1) & \dots & I(N - 1, M - 1) \end{bmatrix} \quad \text{E.c 1.1}$$

a. Iluminación

Para obtener buenos resultados con el procesamiento de imágenes, es necesario y fundamental que exista buena iluminación, el observador percibe una serie de sensaciones que permiten reconocer y distinguir objetos que le rodean, si existe ausencia de luz el observador no podrá reconocer su entorno.

En la figura 1.10 se muestra los tipos de iluminación utilizada para la adquisición de imágenes.

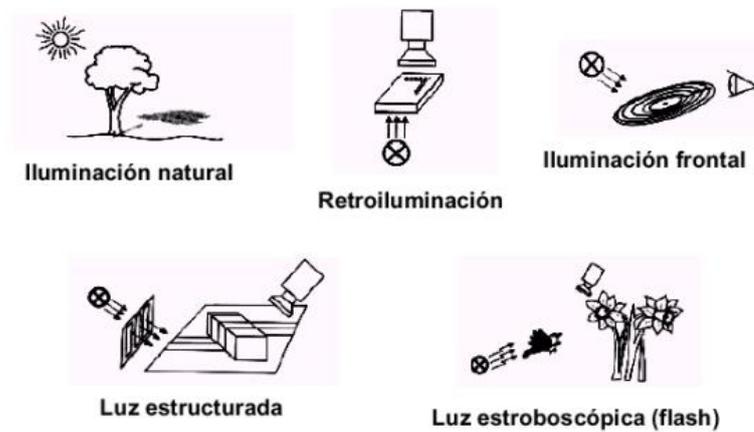


Figura 1.10 Tipos de iluminación

Fuente: (Gordillo, 2009)

b. Cámara

Existen dos arquitecturas: Cámara de dispositivos de carga acoplada CCD (Charged Coupled Device) y Cámara de conductores de Óxido Metálico Complementario CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

1.8.2 RELACIONES ENTRE PÍXELES

Es importante mencionar las relaciones entre píxeles para posteriormente explicar el uso de ciertos operadores. El primer concepto a tomar en cuenta es la vecindad de píxeles. Hay dos tipos de vecinos horizontales y verticales como se muestra en la figura 1.11. La conectividad entre píxeles según (Chacón M. , 2007) “es un concepto básico pero útil para delimitar regiones de objetos contenidos en una imagen”. Una aplicación es la detección de bordes mediante el encadenamiento de píxeles vecinos que cumplen con algún criterio determinado.

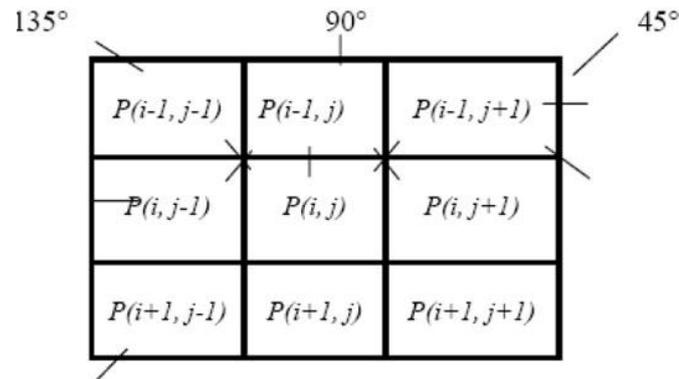


Figura 1.11 Vecinos verticales, horizontales y diagonales de una imagen

Fuente (Alves, Ferreira, & Leta, 2011)

1.8.3 CONTRASTE Y BRILLO

El brillo representa hacia donde se orienta la intensidad de los píxeles, la cual en una imagen a escala de grises puede ser hacia el blanco o hacia el negro, mientras que el contraste según (Chacón M. , 2007) “relaciona las diferentes tonalidades de gris presentes en una imagen”.

1.8.4 FILTROS PARA IMÁGENES

Antes de procesar una imagen, la misma debe pasar por un proceso de filtrado cuyo principal objetivo es eliminar el ruido de manera que no ingrese al procesamiento. Según el criterio de los autores de esta investigación, en términos generales existen tres tipos de filtros para imágenes: Filtros Espaciales, Filtros para detección de Ruido y Filtros Especiales los cuales serán analizados más adelante en el presente documento.

Los Filtros espaciales aplican una operación de convolución entre el píxel y sus vecinos y coeficientes w del filtro que pueden ser una matriz y en ocasiones es denominada Kernel. Dependiendo del criterio de filtrado, el coeficiente w varía por ejemplo, en un suavizado de imagen el píxel en estudio es multiplicado con el promedio de sus vecinos mientras que para un filtro estadístico se toma en cuenta la mediana de sus vecinos. Finalmente para un

filtro pasa bajos los cambios bruscos son detectados mediante diferencias entre pixeles.

1.8.5 IMAGEN RGB

La imagen es una función binaria bidimensional que representa la intensidad de la luz. La imagen digital es una imagen cuyos valores de brillo y coordenadas son discretos. Las imágenes en escala de grises consideran al 0 como negro y 255 como blanco, son 256 escalas de intensidad. Las imágenes de color están representadas en formatos como RGB, CMY, HSL, HSV, HSI.

Al representar las imágenes en mapa de bits las imágenes de color tienen 3 bits uno para cada color (rojo, azul, verde), cuya combinación da como resultado el color del píxel.

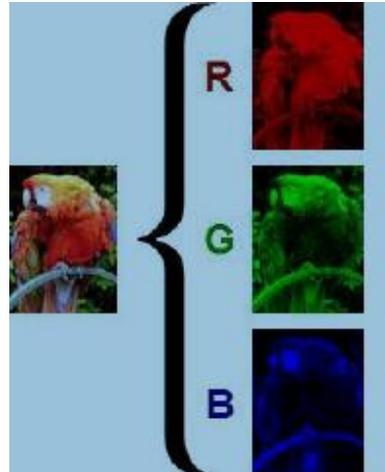


Figura 1.12 Descomposición de una imagen RGB

Fuente: (Gordillo, 2009)

1.9 INTERFAZ HUMANA MÁQUINA (HMI)

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, también conocida como interfaz hombre-máquina, forma parte del programa informático que se

comunica con el usuario. En (ISO, 2006), el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo". La interfaz de usuario (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina.

Según (Rodríguez, 2013) los puntos más relevantes a la hora de considerar un HMI son:

- Disponibilidad
- Robustez
- Seguridad
- Prestaciones
- Mantenimiento
- Escalabilidad

1.9.1 TIPOS DE HMI

La interfaz de manipulación directa, permite a los usuarios manipular el proceso. (Arenas, Castilla, & Rojas, 2010) Los siguientes tipos de interfaz de usuario son los más comunes:

- Las interfaces gráficas de usuario (GUI) aceptan la entrada a través de un dispositivo como el teclado de la computadora y el ratón, y proporcionar una salida gráfica en la pantalla del ordenador.
- Interfaces basadas en Web de usuario o interfaces de usuario web (IUF), son una subclase de interfaces gráficas de usuario que aceptan una entrada y proporcionar una salida mediante las páginas web que se transmiten a través de internet y vistos por el usuario mediante un navegador web.
- Las pantallas táctiles son dispositivos que aceptan una entrada a través del tacto de los dedos o un lápiz.
- La interfaz de voz, acepta la entrada de comandos de voz y proporciona una salida mediante la generación de mensajes de voz.

1.9.2 FUNCIONES DE UN HMI

Las funciones de un HMI son:

- Monitoreo: obtener y mostrar datos en tiempo real
- Supervisión: permite ajustar las condiciones directamente desde la computadora
- Gestión de Alarmas: permite reconocer eventos excepcionales dentro de un proceso
- Control: aplica algoritmos que ajustan los valores del proceso para mantenerlos dentro de ciertos límites.
- Históricos: muestrea y almacena en base de datos un proceso.

1.10 DISEÑO MECATRÓNICO

1.10.1 DISEÑO CONCURRENTES

El diseño Mecatrónico se basa en el diseño o ingeniería concurrente IC conocida también como paralela o simultánea, es una filosofía orientada a hacer más eficiente la ingeniería, así como, a integrar sistemáticamente y en forma simultánea el diseño de productos y procesos. Debe otorgar además una organización flexible y bien estructurada, proponer redes (ver figura 1.13) de funciones apoyadas por tecnologías apropiadas y arquitecturas comunes de referencia (Ecodiseño, 2002).

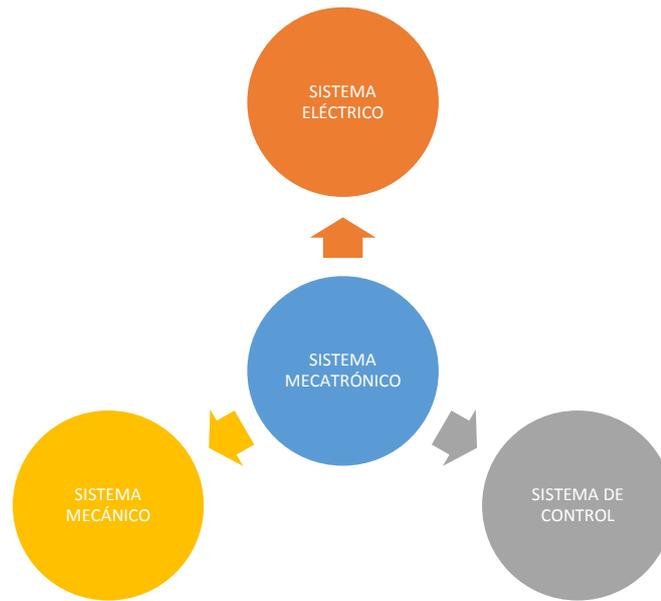


Figura 1.13 Definición de ingeniería concurrente

En síntesis, ingeniería concurrente es "Diseñar productos funcionales y estéticamente agradables en un tiempo de lanzamiento lo más corto posible, con el mínimo coste, con la finalidad de mejorar la calidad de vida del usuario final". (Ezpinoza, 2010)

La figura 1.14 muestra la eficiencia de la ingeniería secuencial versus ingeniería simultánea.

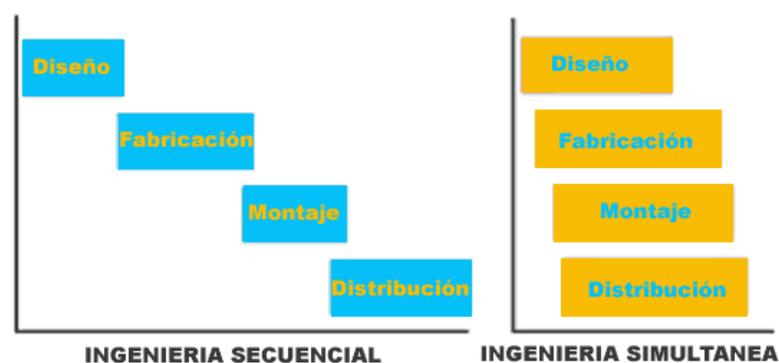


Figura 1.14 Definición de ingeniería concurrente o simultánea

Fuente: (Turmero, 2008)

1.11 DISEÑO MECÁNICO

1.11.1 TIPOS DE CARGAS Y ESFUERZOS

Dentro del análisis Mecánico es de suma importancia identificar los elementos de Esfuerzo a lo que está sometido el sistema, para esto es pertinente primero analizar las cargas que generan los esfuerzos las cuales pueden ser cargas estáticas y cargas variables, cada una tiene un comportamiento diferente como se indica en la figura 1.15.

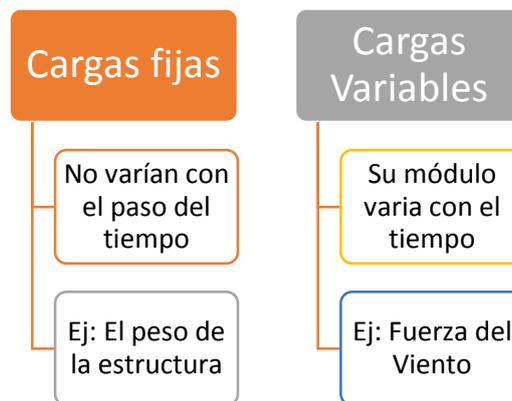


Figura 1.15 Cargas fijas y cargas variables

Las unidades del esfuerzo son siempre fuerza por unidad de Área, a los esfuerzos de tracción y compresión se los conoce como esfuerzos normales; la figura 1.16 muestra las diferentes cargas y esfuerzos en una unidad de área; también existen esfuerzos de flexión, torsión y corte directo o cizalla.

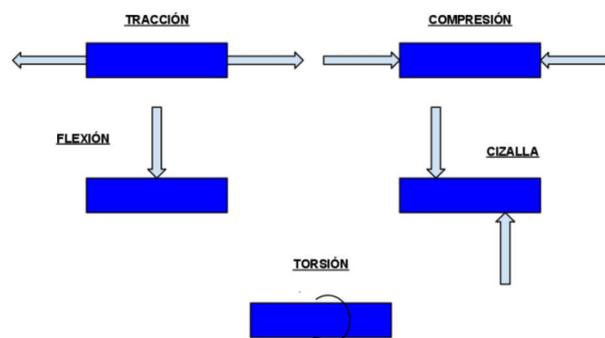


Figura 1.16 Tipos de Esfuerzos

Fuente: (Cubillo, 2012)

El esfuerzo de Flexión también genera esfuerzos normales, para lo cual se usa el principio de superposición para poderlos analizar de manera conjunta, gráficamente el resultado se representa en la figura 1.17.

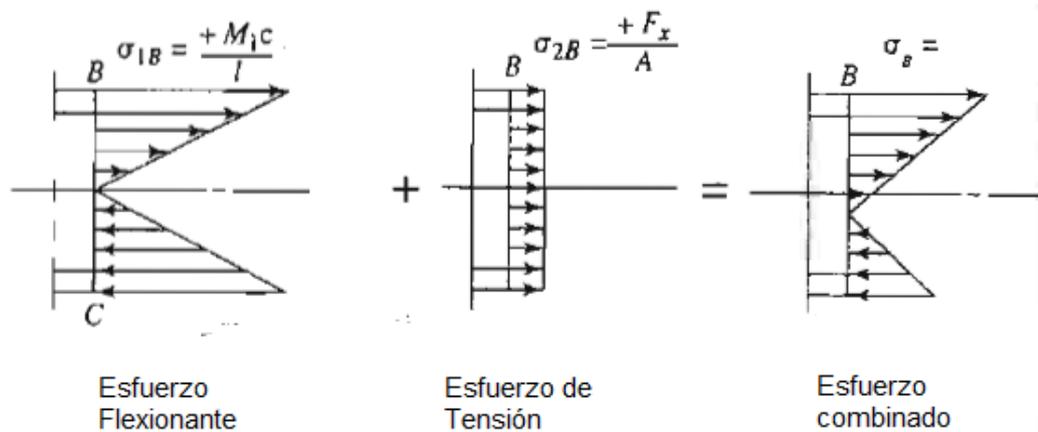


Figura 1.17 Teorema de superposición

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006)

1.11.2 ESFUERZOS COMBINADOS

En la mayoría de casos una estructura está sometida a varios tipos de esfuerzos por lo que su análisis se concentra en el conjunto de esfuerzos, tomando en cuenta la misma unidad de área se podría representar como se indica en la figura 1.18.

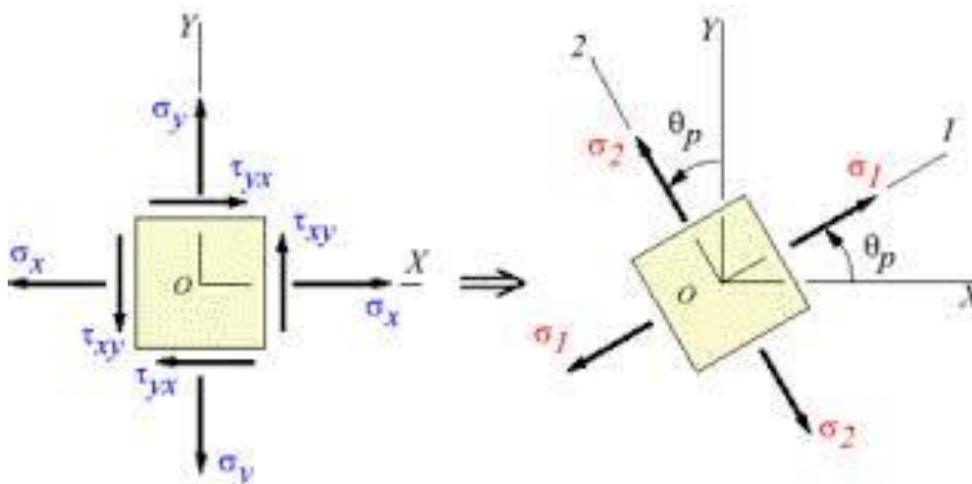


Figura 1.18 Diagrama de esfuerzos Principales

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006)

La combinación de esfuerzos normales y de torsión se denomina esfuerzos principales. En la figura 1.18 el ángulo θ representa la orientación de los esfuerzos principales, para el cálculo de los esfuerzos principales mayores y menores se usa las ecuaciones 1.2 y 1.3.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

E.c 1.2

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

E.c 1.3

Para mejor análisis de los esfuerzos combinados, se usan diferentes métodos como el círculo de Mohr que ayuda a identificar gráficamente esfuerzos principales máximo y mínimo, esfuerzo cortante máximo así como su orientación. En la figura 1.19 se puede apreciar un ejemplo del círculo de Mohr .

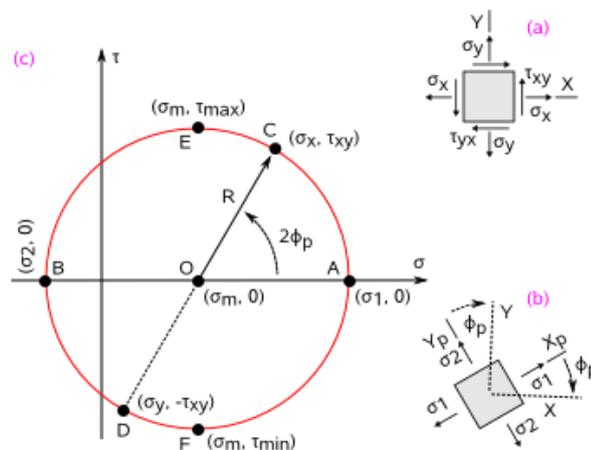


Figura 1.19 Círculo de Mohr

Fuente: (MSPC, 2008)

1.11.3 TEORÍAS DE DISEÑO

Una vez identificadas los esfuerzos máximos, se debe comprender las diversas y eventuales fallas para garantizar que esa falla no va a ocurrir. Para esto hay varios métodos así como un procedimiento para elegir el método más adecuado a la aplicación, la principal consideración es si el material es dúctil o no; se dice que un material es dúctil cuando su elongación porcentual es mayor o igual al 5%. A continuación se mencionan los diferentes métodos con su aplicación (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006).

Tabla 1.1 Tipos de Métodos de Predicción de Fallas

| Método de predicción de falla | Empleos |
|-------------------------------------|--|
| 1.- Esfuerzo Normal Máximo | Esfuerzo estático uniaxial en materiales frágiles |
| 2.- Mohr modificado | Esfuerzo estático biaxial |
| 3.- Resistencia de Fluencia | Esfuerzo estático uniaxial en materiales dúctiles |
| 4.- Esfuerzo cortante máximo | Esfuerzo estático biaxial en materiales dúctiles |
| 5.- Energía de distorsión | Esfuerzo biaxial o triaxial en materiales dúctiles |
| 6.- Goodman | Esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles |
| 7.- Gerber | Esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles |
| 8.- Sodemberg | Esfuerzo fluctuante en materiales dúctiles |

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006).

Gráficamente se puede observar la diferencia entre los métodos, en la figura 1.20 se puede notar claramente que algunos puntos son seguros para un método mientras que para otro método en un punto de falla, todo depende de la aplicación y el criterio del diseñador.

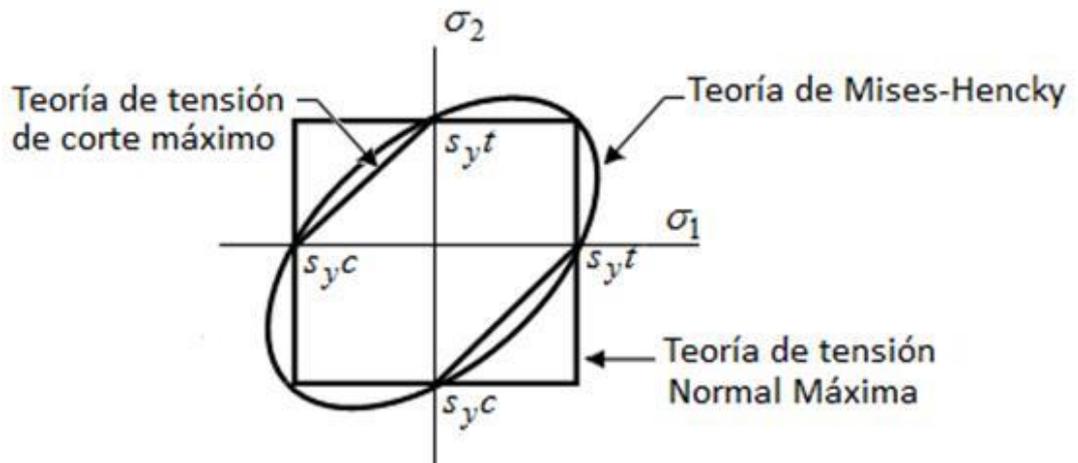


Figura 1.20 Comparación gráfica de Teorías de Diseño

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006)

1.12 HIDRÁULICA

Cuando se hace referencia a la palabra “hidráulica”, hay que relacionar su concepto con la transformación de la energía, ya sea de mecánica o eléctrica en hidráulica con la finalidad de obtener un beneficio en términos de energía mecánica como resultado del proceso. La energía hidráulica da la posibilidad de transmitir grandes fuerzas empleando para ello pequeños elementos. (Instituto Gabriela Mistral, 2010)

1.12.1 LEY DE PASCAL

“La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido” (Mott, Mecánica de Fluidos , 2008).

1.12.2 PRENSA HIDRÁULICA

La prensa hidráulica (ver figura 1.21) es una máquina compleja que permite amplificar las fuerzas y constituye el fundamento de elevadores, prensas hidráulicas, frenos y muchos otros dispositivos hidráulicos.

Se aplica una fuerza F_1 a un pequeño émbolo de área S_1 . El resultado es una fuerza F_2 mucho más grande en el émbolo de área S_2 . Debido a que la presión es la misma a la misma altura por ambos lados, se verifica la ecuación 1.4.

$$P = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

E.c 1.4

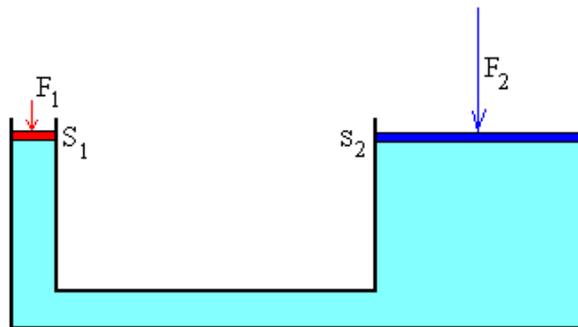


Figura 1.21 Principio de funcionamiento de la prensa hidráulica.

Fuente: (García, 1998)

De la ecuación 1.4 se concluye que la fuerza F_1 debe ser mayor que la fuerza F_2 para mantener a la misma altura los dos émbolos. Suponiendo que la fuerza provenga de pesas, la ecuación 1.5 representa la relación entre fuerza de las pesas según el número de pesas y el área del émbolo.

$$\frac{n_1 mg}{\pi r_1^2} = \frac{n_2 mg}{\pi r_2^2}$$

E.c 1.5

$$\frac{n_1}{r_1^2} = \frac{n_2}{r_2^2}$$

E.c 1.6

Donde n_1 y n_2 es el número de pesas que se ponen en émbolo izquierdo o derecho respectivamente, r_1 y r_2 son sus radios respectivos, m es la masa de cada pesa.

1.12.3 ELECTROVÁLVULAS

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería, tiene dos partes fundamentales:

- La solenoide; convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para que actúe la válvula
- La válvula; es la encargada en distribuir el fluido.

En la figura 1.22 se muestran las configuraciones de las válvulas neumáticas, además en la figura 1.23 se indican las configuraciones de las válvulas hidráulicas.

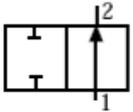
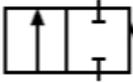
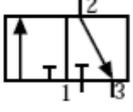
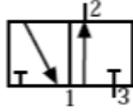
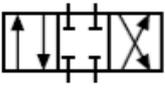
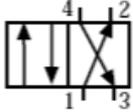
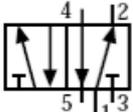
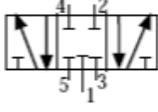
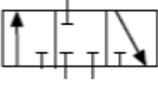
| Válvulas distribuidoras | |
|--|---|
|  <p>Válvula 2/2 abierta en posición de reposo</p> |  <p>Válvula 2/2 cerrada en posición de reposo</p> |
|  <p>Válvula 3/2 cerrada en posición de reposo</p> |  <p>Válvula 3/2 abierta en posición de reposo</p> |
|  <p>Válvula 4/3 Con centro cerrado</p> |  <p>Válvula 4/2 con paso de aire de 1 a 2 y de 4 a 3 en posición de reposo</p> |
|  <p>Válvula 5/2 con paso de aire de 1 a 2 y de 4 a 5 en posición de reposo</p> |  <p>Válvula 5/3 vías con centro cerrado</p> |
|  <p>Válvula de vías 4/3 en posición central de reposo, las líneas de trabajo purgadas y la entrada de presión bloqueada</p> |  <p>Válvula de vías 3/3 En posición central todas las líneas cerradas</p> |

Figura 1.22 Configuración de electroválvulas Neumáticas

Fuente: (Torres, 2014)

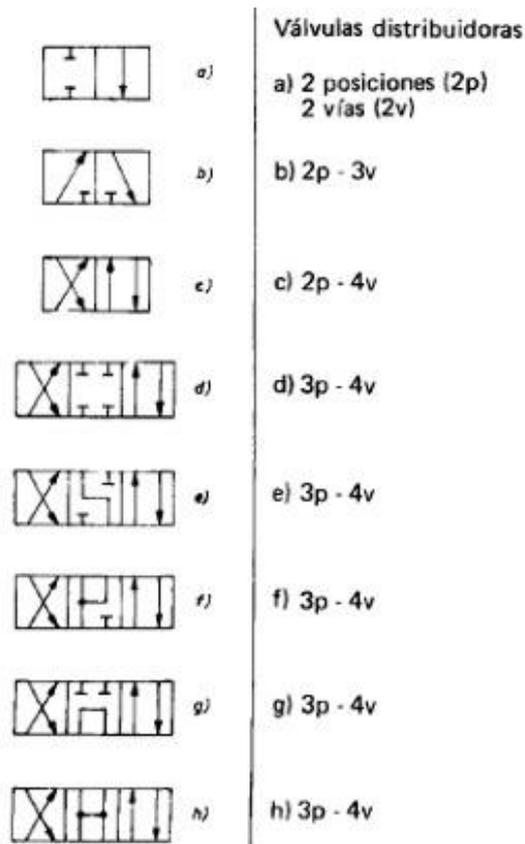


Figura 1.23 Configuración de Electroválvulas Hidráulicas

Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos , 2008)

1.13 NEUMÁTICA

Es la tecnología que emplea el aire comprimido como medio de transmisión de la energía suficiente para generar movimiento o trabajo. El aire es un material en estado gaseoso en el cual la cohesión de sus partículas es muy débil, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

1.14 MOTOR DC

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de medios electromagnéticos, el paso de la corriente por la bobina convierte la bobina en un imán produciendo atracción y repulsión del imán

permanente permitiendo así que gire media vuelta, posteriormente se desenergiza la bobina de manera que por acción de la inercia complete la vuelta, finalmente el ciclo se reinicia.

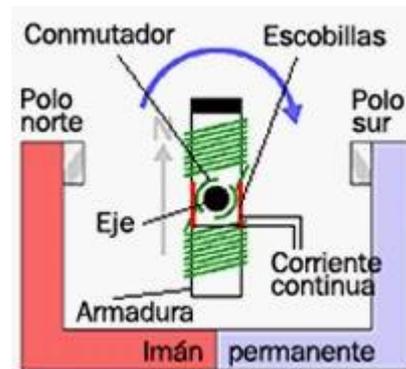


Figura 1.24 Funcionamiento de un motor DC

Fuente: (Serj, 2008)

1.15 CAJA DE REDUCCIÓN

Es un mecanismo formado por un conjunto de engranajes destinados a aumentar el torque de un motor disminuyendo su velocidad como se muestra en la figura 1.25.



Figura 1.25 Motor DC con caja de reducción

Fuente: (Anónimo, 2010)

1.16 ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

1.16.1 PUENTE H

Es un circuito electrónico que permite controlar un motor DC, es decir permite su giro en ambas direcciones, en la actualidad hay circuitos integrados que cumplen esta función sin embargo el principio de funcionamiento se muestra en la figura 1.26.

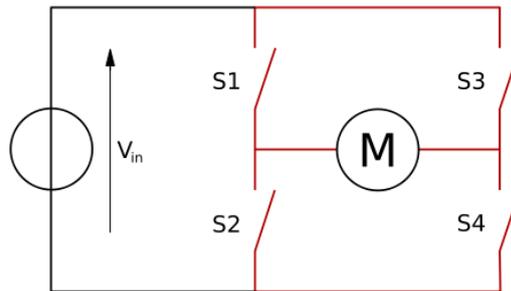


Figura 1.26 Esquema de un puente H

Fuente: (Andres, 2014)

1.16.2 OPTO ACOPLADOR

Es un interruptor activado mediante un haz de luz, el más común es un encapsulado que contiene un foto-emisor y un foto-receptor, normalmente un Led y un fototransistor aunque existen varios tipos.

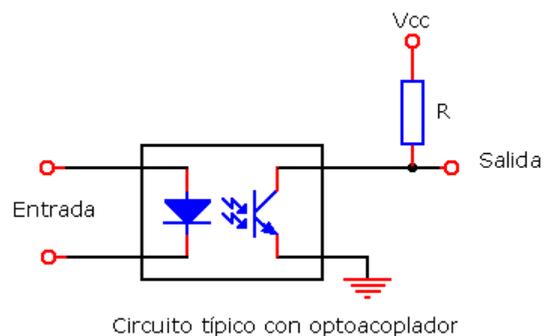


Figura 1.27 Opto acoplador

Fuente: (Ramirez, 2013)

Su utilidad se basa en transmitir una señal de un circuito a otro sin conexión eléctrica por lo cual es muy utilizado para aislar micro controladores.

1.16.3 RELÉ

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

1.16.4 MICRO CONTROLADOR

Un micro controlador es un circuito integrado de alta escala de integración, es programable, es decir es un computador dedicado en el que su memoria reside el programa destinado a gobernar una aplicación.

La arquitectura interna de un micro controlador está constituida por:

- Procesador.
- Memoria no volátil.
- Memorias de lectura y escritura.
- Líneas de entrada y salida E/S
- Comunicación serie, paralelo, USB
- Recursos auxiliares como: circuito reloj, perro guardián, conversores A/D, D/A, etc.

Los micro controladores se los encontramos en todo lugar donde exista tecnología (ver figura 1.28).

- Aparatos electrónicos como refrigeradores, hornos, TV, CD'S DVD's teléfonos,...
- Automóviles como en los mandos de sistema, ABS sistema de inyección, climatización.

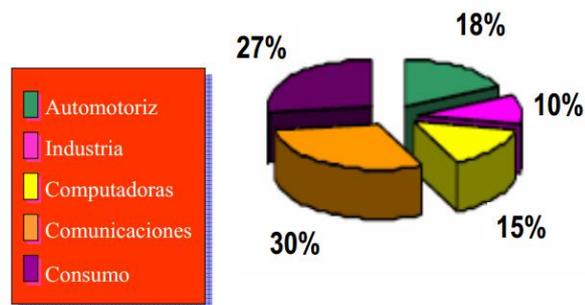


Figura 1.28 Campos de aplicación del micro controlador

Fuente: (Canto, 2010)

| FABRICANTE | MODELOS DE μ C |
|------------------------|---|
| intel | 8048, 8051, 80C196, 80186, 80188, 80386EX |
| MOTOROLA | 6805, 68HC11, 68HC12, 68HC16, 683XX |
| HITACHI | HD64180 |
| PHILIPS | Gama completa de clónicos del 8051 |
| SGS-THOMSON (ST) | ST-62XX |
| MICROCHIP | PICs |
| NATIONAL SEMICONDUCTOR | COP8 |
| ZILOG | Z8, Z80 |
| TEXAS INSTRUMENTS | TMS370 |
| TOSHIBA | TLCS-870 |
| INFINEON | C500 |
| DALLAS | DS5000 |
| NEC | 78K |

Figura 1.29 Fabricantes de micro controladores

Fuente (Canto, 2010)

1.17 SISTEMA DE CONTROL

1.17.1 LABVIEW

Labview de la compañía National Instruments es un entorno de programación gráfico (G), los programas desarrollados en Labview se denominan VI's por sus siglas en inglés Virtual Instruments. Se compone principalmente de dos partes conocidas como panel frontal que es en donde se encuentra la interfaz con el usuario, además es en donde se ejecuta el programa y se definen los controladores. La segunda parte es el diagrama de bloques en el cual se encuentra el programa que realiza una determinada función (ver figura 1.30).

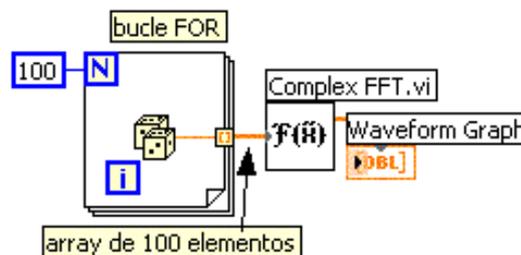


Figura 1.30 Diagrama de bloques

Fuente (Instruments, 2015)

Labview posee varias librerías que ayudan al desarrollo de software, una de la más importante para esta investigación es la librería NI Visión Development Module la cual se analizará detalladamente más adelante.

1.17.2 COMUNICACIÓN USB ENTRE LABVIEW Y EL MICRO CONTROLADOR

El USB (Bus de serie universal), como su nombre lo sugiere, se basa en una arquitectura de tipo serial. Sin embargo, es una interfaz de entrada/salida mucho más rápida que los puertos seriales estándar (Kiosea ES, 2014) usada principalmente en aplicaciones industriales. El protocolo de comunicación USB define cables conectores y protocolos para interconectar computadoras, periféricos y dispositivos electrónicos. En la actualidad el protocolo USB ha evolucionado hasta su versión 3.0 la cual permite velocidades de transferencia hasta de 5 Gbps, para establecer una

comunicación USB hay que usar un sistema de codificación que permita resolver los siguientes problemas.

- **Sincronización de bits:** El receptor necesita saber dónde comienza y donde termina cada bit en la señal recibida para efectuar el muestreo de la misma en el centro del intervalo de cada símbolo (bit para señales binarias).
- **Sincronización del carácter:** La información serie se transmite por definición bit a bit, pero la misma tiene sentido en palabras o bytes.
- **Sincronización del mensaje:** Es necesario conocer el inicio y fin de una cadena de caracteres por parte del receptor para, por ejemplo, detectar algún error en la comunicación de un mensaje.

En el mercado existen diferentes tipos de conectores USB como se puede observar en la figura 1.31, el conector está compuesto por 4 cables identificados por colores como se especifica en la tabla 1.2, la información diferenciada se transmite por los pines D+ y D-.

|  | Tipo A | | Tipo B | |
|---|---|---|--|---|
| | Macho | Hembra | Macho | Hembra |
| USB estándar |  |  |  |  |
| Micro USB |  |  |  |  |
| USB 3.0 estándar |  |  |  |  |
| Micro USB 3.0 | | |  |  |

Figura 1.31 Conectores USB

Tabla 1.2 Distribución de pines de conexión USB

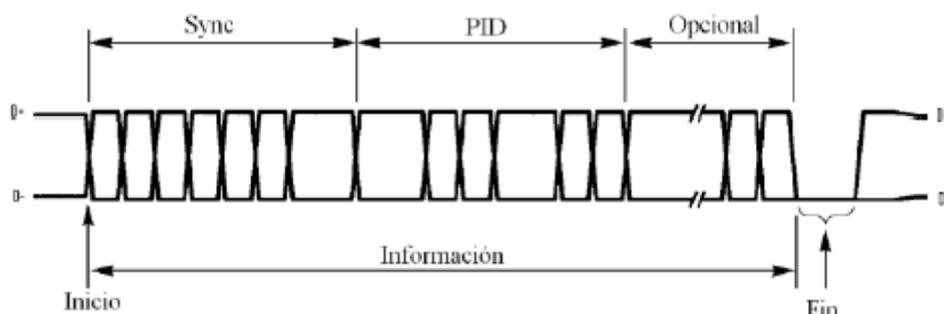
| Pin | Nombre | Color de cable |
|-----|------------|----------------|
| A | +5.0 V | Rojo |
| B | Data – (D) | Blanco |
| C | Data + (D) | Verde |
| D | Tierra | Negro |

Se pueden establecer canales de comunicación entre emisor y receptor de acuerdo a tres técnicas:

- a. Simplex
- b. Semi duplex (Half duplex)
- c. Totalmente duplex (Full duplex)

El canal usado por USB 3.0 es Full dúplex la cual transfiere información bidireccionalmente enviando y recibiendo información simultáneamente incluso en datos transferidos de manera asíncrona.

Un paquete de información según la figura 1.32 se compone de tres señales las cuales forman la trama: Sync la cual sincroniza el micro con la PC, PID o paquete identificador y Opcional la cual contiene los datos enviados y recibidos.

**Figura 1.32 Composición de un paquete de información**

Fuente: (Pérez & Cueto, 2009)

1.17.3 COMUNICACIÓN ENTRE LA PC Y DISPOSITIVOS USB

National Instruments ha desarrollado varias herramientas de hardware para facilitar la interconectividad de Labview y otros dispositivos denominados DAQ los cuales por su alto valor no son utilizados en este trabajo sin embargo existe otros medios para poder enlazar estos dispositivos (Pérez & Cueto, 2009). En su artículo acerca de comunicación entre Labview y micro controladores identifica tres maneras de establecer comunicación por USB.

- Bulk de Transfers: transferencia bidireccional masiva de información
- CDC: clase de dispositivos de comunicación (emulación del protocolo RS232).
- HID: Dispositivos de interfaz humana (plug-and-play).

Existe una librería llamada Mpusbapi desarrollada por la empresa Microchip la cual es empleada como plataforma de comunicación la misma que será analizada más adelante en el presente documento.

CAPITULO 2.

DISEÑO

2.1 CONDICIONES INICIALES

Partiendo de la idea de implementar un acceso sencillo y práctico para las personas que utilizan sillas de ruedas pueda ingresar a los buses urbanos y por medio de esto, hacer uso de sistema de transporte público, se ha analizado distintos buses urbanos al azar en la ciudad de Ambato. (Ver figura 2. 1)

Tomando en cuenta el diseño de su carrocería (ver figura 2.2), el acceso al interior del bus, el número de gradas, la altura de la primera grada, el alto de las gradas, se puede notar que para una persona en silla de ruedas resulta difícil acceder a un bus urbano.



Figura 2.1 Bus Urbano en la ciudad de Ambato en las calles Juan Benigno Vela y Juan León Mera



Figura 2.2 Carrocería para Bus tipo URBAN PLUS de la empresa Miral.

La propuesta de diseño es implementar la plataforma automática en la última puerta de un bus modelo URBAN PLUS de la empresa MIRAL (ver figura 2.4). Por motivos estudio se construirá un módulo correspondiente a la sección transversal de la estructura del bus como se muestra en las figuras 2.5 y figura 2.6.



Figura 2.3 Modelo URBAN PLUS de la empresa MIRAL

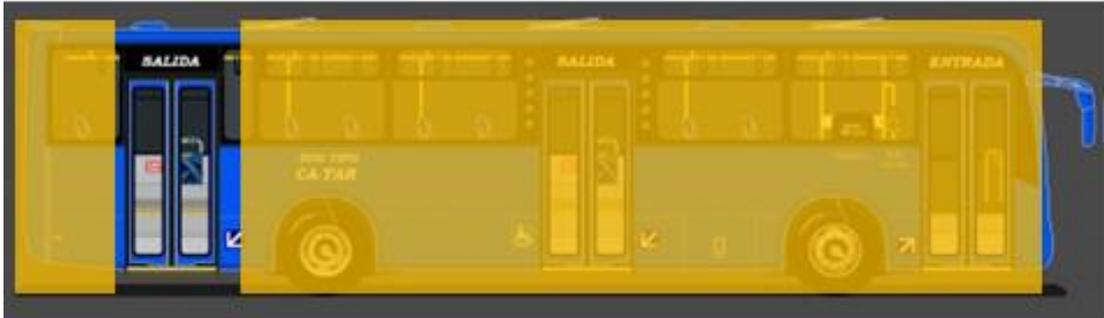


Figura 2.4 Sección del Autobús donde será instalado el módulo



Figura 2.5 Maqueta a escala 1:1 de la estructura perteneciente a la

En el Anexo 1 se muestra el plano estructural de la sección requerida para la construcción de la maqueta a escala 1:1 proporcionada por la empresa Miral para el desarrollo de este proyecto. En la figura 2.8 se puede apreciar la maqueta en construcción.



Figura 2.6 Construcción del módulo correspondiente a la puerta posterior

2.2 DISEÑO DEL MECANISMO ELEVADOR

La plataforma a diseñar, debe cumplir las siguientes condiciones:

Ser versátil, autónoma, compacta y portátil de manera que se pueda guardar en la contrahuella de la grada. La propuesta de diseño se basa en un carro el cual extiende y guarda la plataforma, como se muestra en la figura 2.8. La plataforma será ascendida o descendida por un sistema a manera de tijeras. Un actuador lineal es el encargado de suministrar la fuerza necesaria para levantar la plataforma por medio de un eje el cual transmite la fuerza a las barras transversales y finalmente a la plataforma.

La parte mecánica de la plataforma automática se divide en tres partes:

- Rieles
- Sistema elevación
- Plataforma

En las figuras 2.7, 2.8, 2.9, y 2.10 se observa cada elemento del sistema a implementar, además en el Anexo 2 se muestra detalladamente el despiece del prototipo propuesto.

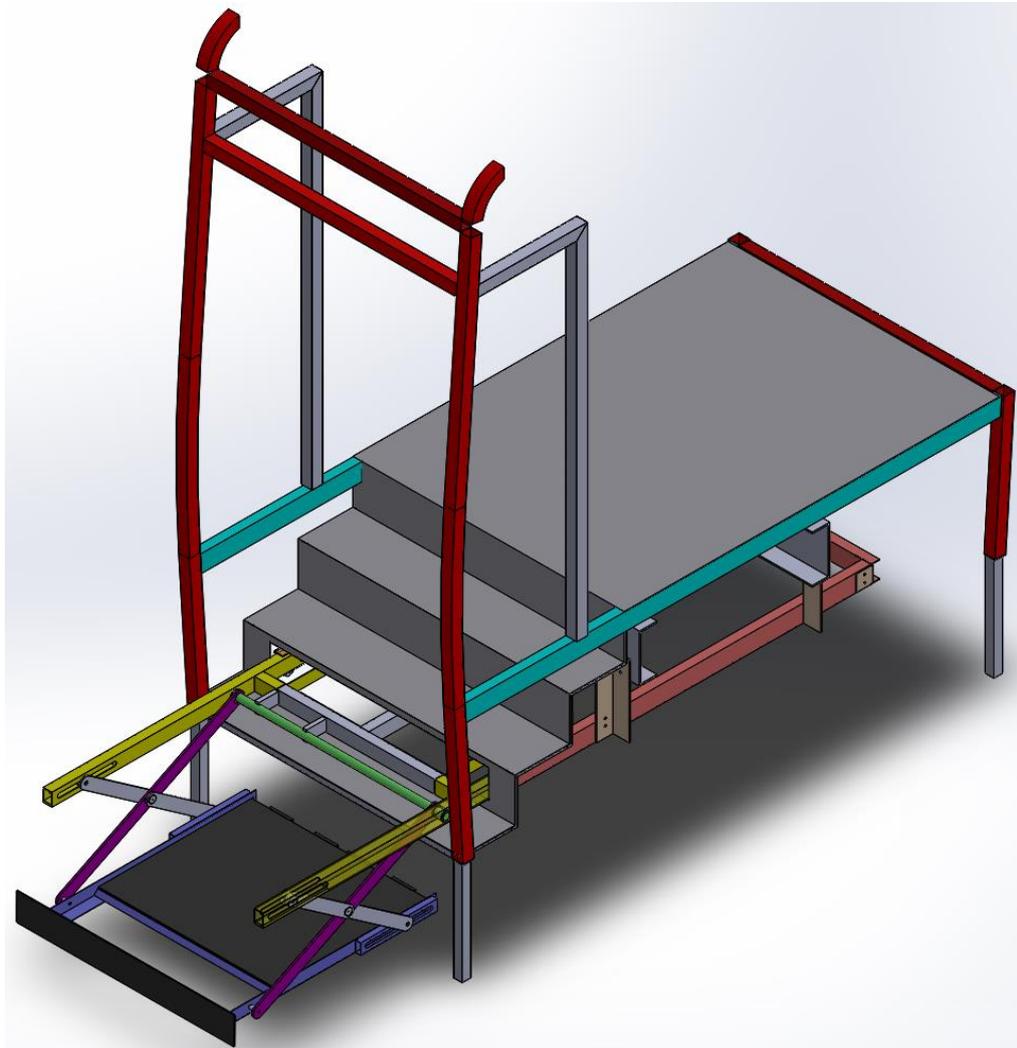


Figura 2.7 Propuesta Elevador

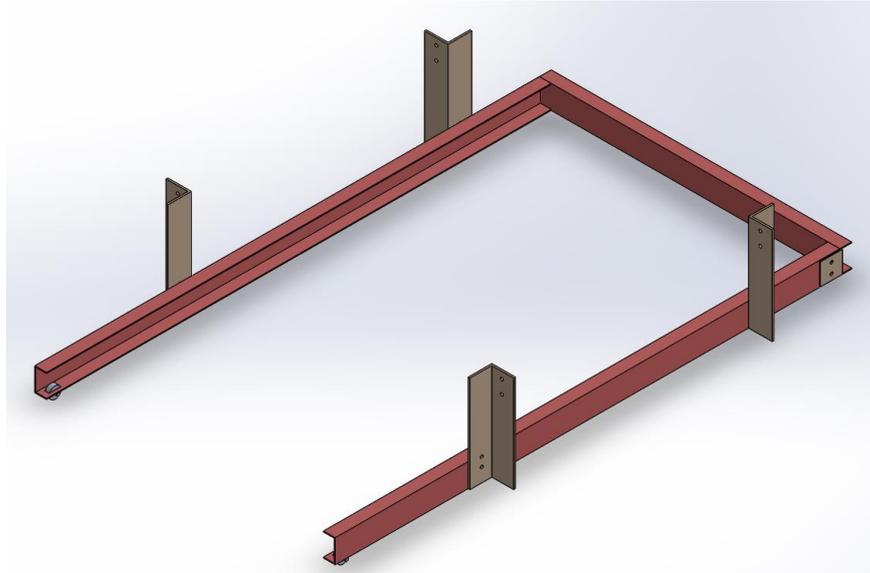


Figura 2.8 Rieles

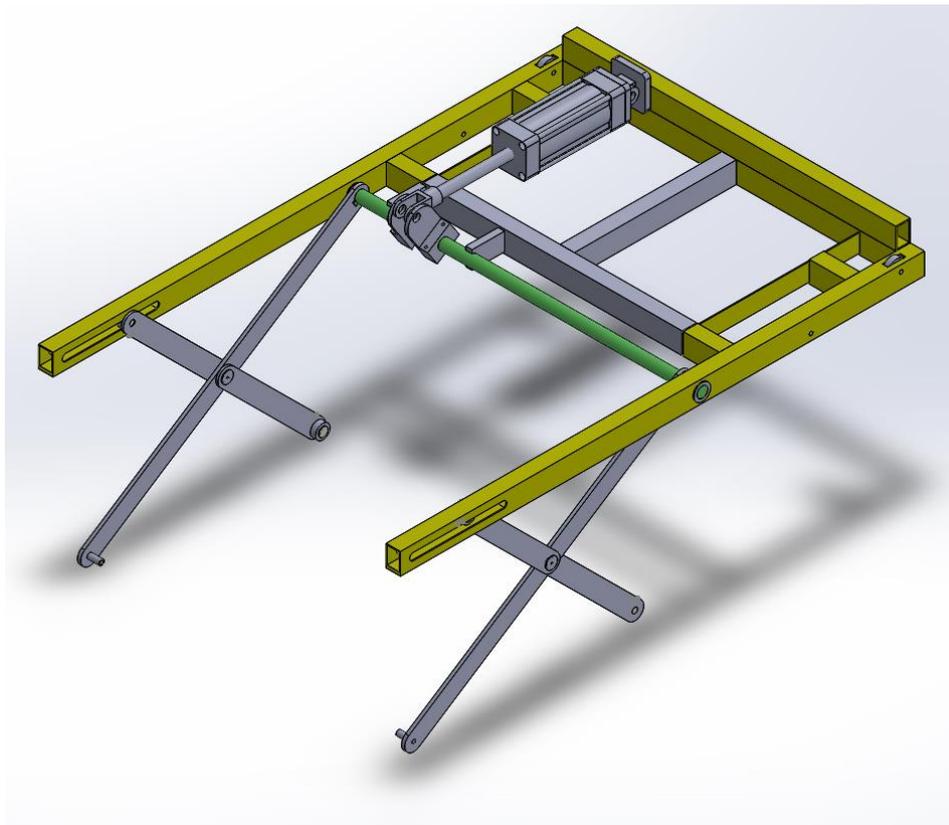


Figura 2.9 Sistema de elevación

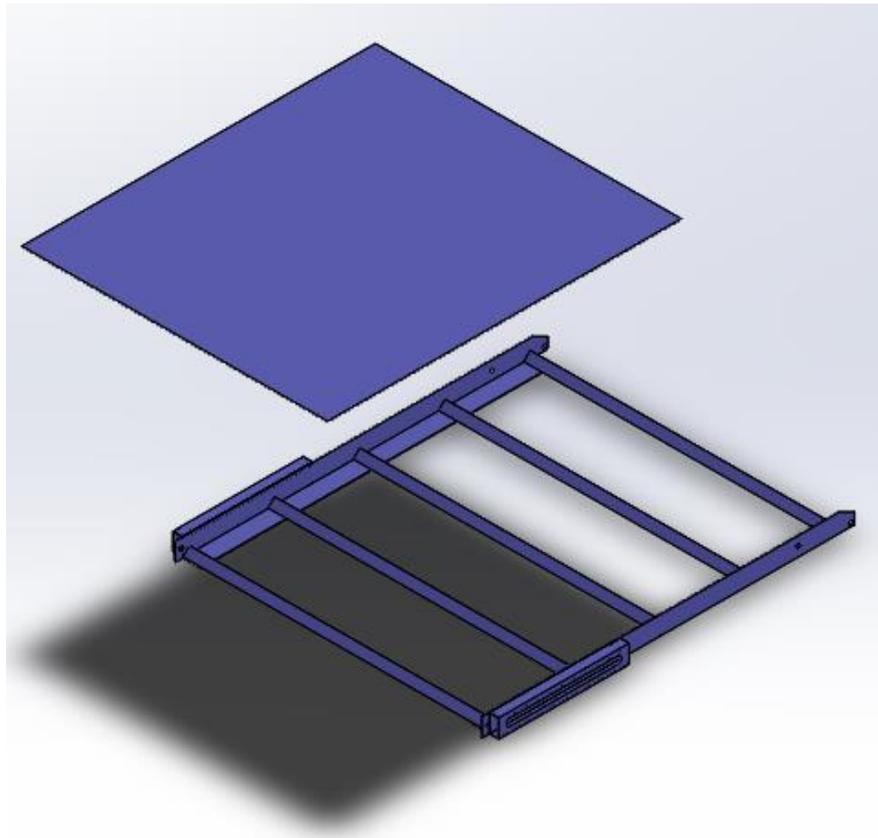


Figura 2.10 Plataforma

Se requiere que la plataforma tenga la capacidad de elevar una carga a una altura de 1108mm como podemos observar en la figura 2.11. Se puede calcular la longitud de las barras de color morado de la figura 2.8, desde ahora llamadas “brazos elevadores principales” o sus siglas BEP ya que se tiene como dato la altura del suelo a la primera grada que es de 539mm y del suelo al piso del bus de 1108mm, también la norma (INEN, 2010) especifica que las dimensiones de la plataforma no deben ser menores a 800 mm x 1000mm.

La figura 2.11 indica el espacio disponible para sujetar los brazos elevadores principales.

Para calcular la longitud del brazo elevador principal d se aplica el teorema de Pitágoras (ver ecuación 2.1) sobre el triángulo mostrado en la figura 2.12, en donde a y b corresponden a los catetos del triángulo rectángulo mediante el procedimiento a continuación:

$$800 \text{ mm} - 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}$$

E.c 2.1

$$d = \sqrt{539^2 + 750^2}$$

$$d = 923.5 \text{ mm}$$

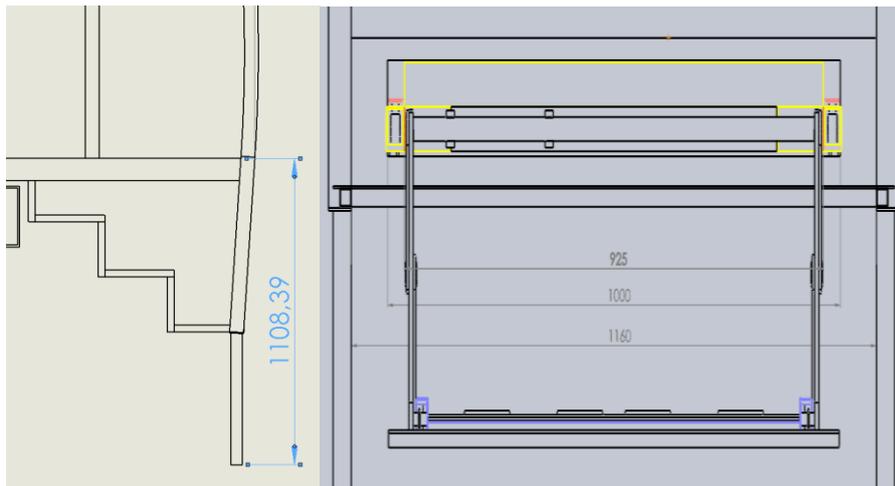


Figura 2.11 Distancia del suelo al piso del bus y espacio disponible para el diseño

Por motivo de estandarización, la distancia del brazo elevador principal será 950 mm, mientras que la distancia entre centros de los agujeros del brazo será 900 mm, hay que considerar también que las paredes de los agujeros no deben ser muy delgadas ya que corre el riesgo de fallar por un esfuerzo cortante directo de tal manera que con los 25 mm a cada lado aseguramos que esta falla sea menos probable que suceda.

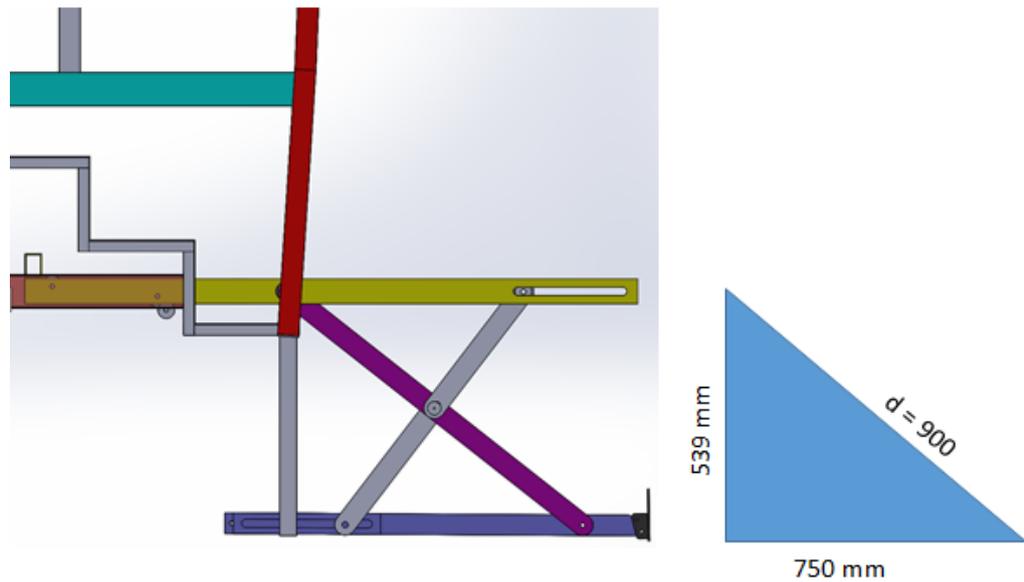


Figura 2.12 Cálculo de longitud del brazo elevador Principal “BEP”

La distancia del brazo elevador principal determina la altura máxima y mínima a las que va a llegar la plataforma, en la figura 2.13, una vez comprobada su geometría en su punto más bajo, se muestra el triángulo formado por la plataforma en su punto más alto, tomando en cuenta que el módulo debe ubicarse equidistante al suelo y piso del bus, la longitud total entre el suelo y el piso es de 1108 mm. En el proceso de diseño es importante verificar la disponibilidad del mercado en cuanto a materiales y dimensiones por lo que para el BEP (Brazo Elevador Principal) se usará una platina de 950mm X 50mm X 9mm de espesor como se muestra en la figura 2.16.

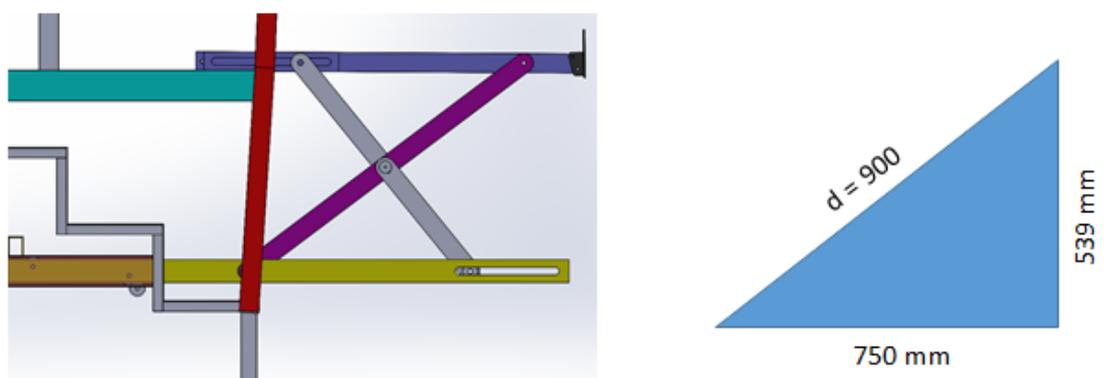


Figura 2.13 Cálculo de Longitud del BEP al subir

Todo el movimiento es transmitido del actuador lineal a un eje y a su vez el eje transmite este movimiento a los BEP y a los brazos elevadores secundarios desde ahora denominadas BES (Brazo Elevador Secundario). El eje es un eslabón que está sometido a cargas axiales y de torsión por lo que es propenso a pandearse, el elemento propuesto es un eje de transmisión de 30 mm de diámetro y 1300 mm de longitud, como se indica en la figura 2.15, para que el eje transmita movimiento al BEP es necesario una chaveta como se muestra en la figura 2.14.

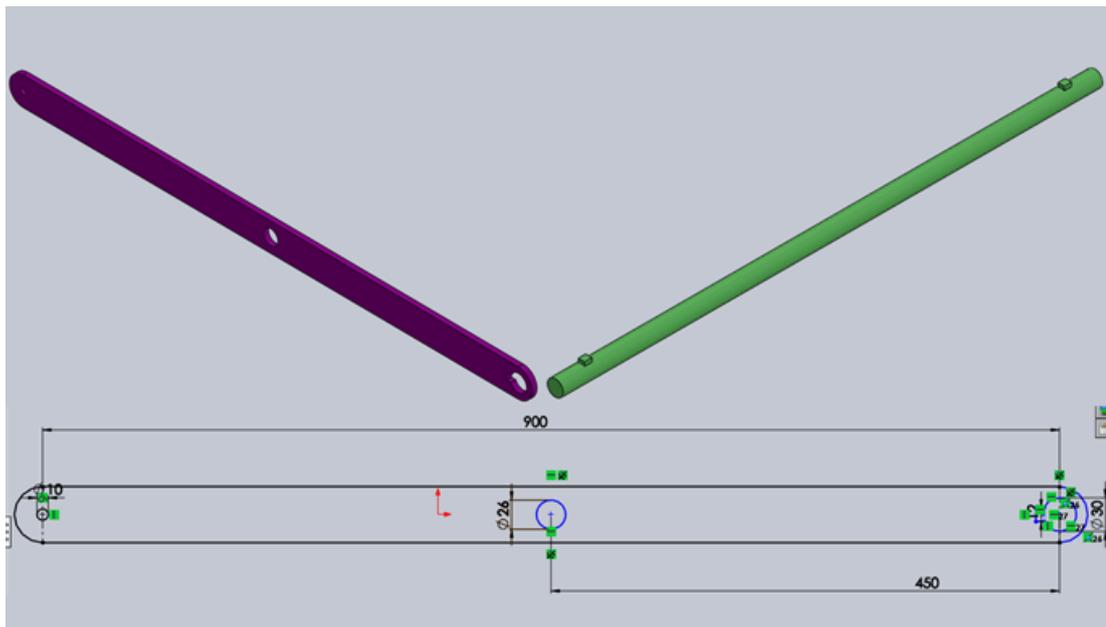


Figura 2.14 Eje y BEP con chaveta

Se denomina carro a la estructura que soporta el actuador lineal y el mecanismo, entendiendo por mecanismo: el eje, las barras principales y secundarias además de la plataforma. (Ver figura 2.15).

El carro es lo que permite al sistema plegarse dentro de la contrahuella de la grada y salir cuando así se requiera, para esto se incorporó rodamientos estratégicamente ubicados de manera que su desplazamiento sea suave facilitando así la implementación del mecanismo encargado de guardar la plataforma. El carro se desliza a través de dos perfiles en U que a más de servir como soporte también son las guías del mismo. A estos se los denomina rieles. (Ver figura 2.8)

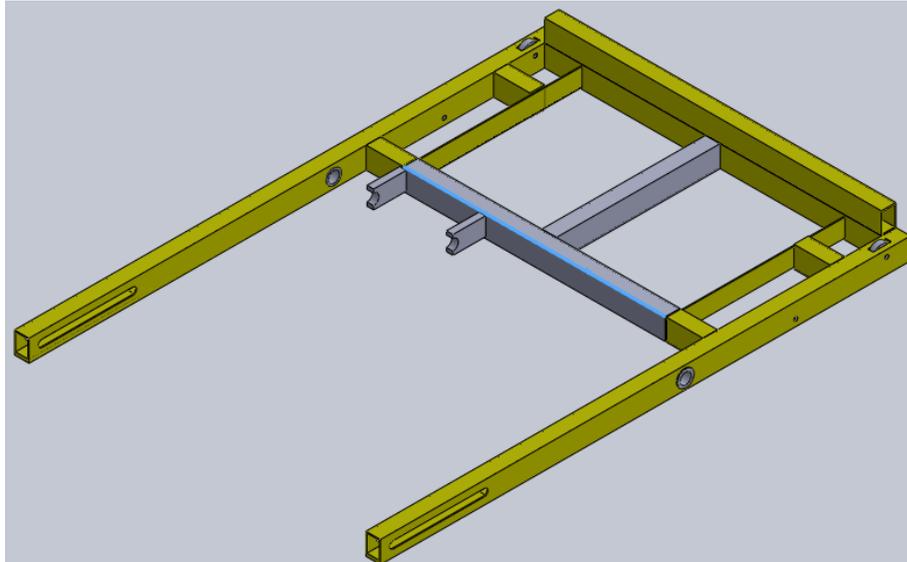


Figura 2.15 Estructura del carro

Para que el mecanismo funcione de manera adecuada, los brazos elevadores secundarios deben ser colineales a través de su trayectoria, basándose en esta condición se diseñó un pasador el mismo que cumple dos funciones:

- La primera función es unir el BEP a los dos BES
- La segunda función es la de transmitir el movimiento de BES a BES

Este acomodo mecánico es pensado para que se pueda montar y desmontar según sea la necesidad, consta de un eje cilindro en dos partes, macho y hembra, para que al unirse cumplan la función de transmitir el movimiento. (Ver la figura 2.16)

Posterior al análisis del requerimiento, se concluyó que el pasador cumple las características descritas, por lo tanto es necesario añadir un orificio más a los brazos elevadores principales tal cual lo describe la figura 2.14.

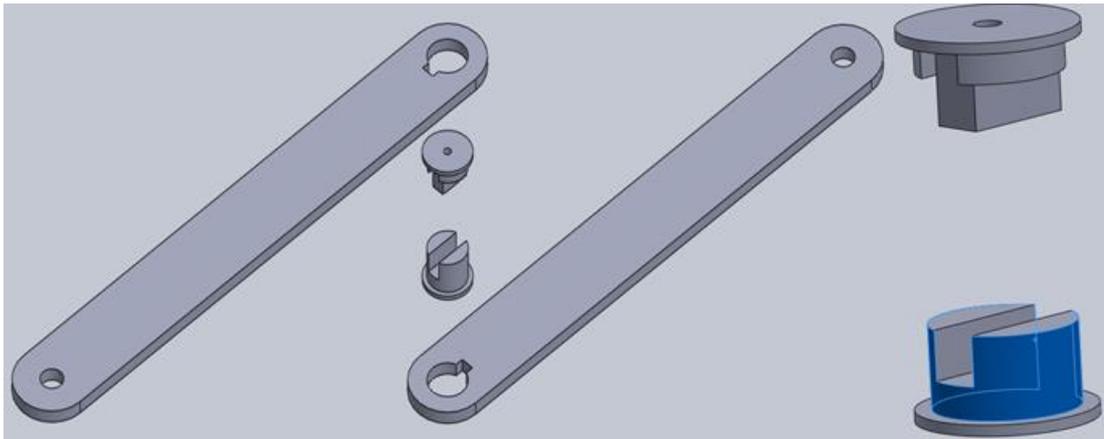


Figura 2.16 Brazo elevador secundario BES y pasador

Los extremos de los BES van acoplados a guías mediante rodamientos como se muestra en la figura 2.9, en un extremo está sujeto al carro mientras que el otro a la plataforma.

En consecuencia como son brazos complementarios, las medidas ideales para los BES serán de 350mm de centro a centro y 400mm el largo de su cuerpo por 50mm de ancho y 6mm de espesor, estas medidas se justifican porque la función del BES es la de guiar el movimiento además de descargar la fuerza distribuyéndola en el BEP. Se puede confirmar las medidas resultantes mediante la figura 2.17 que muestra el conjunto funcionando en armonía

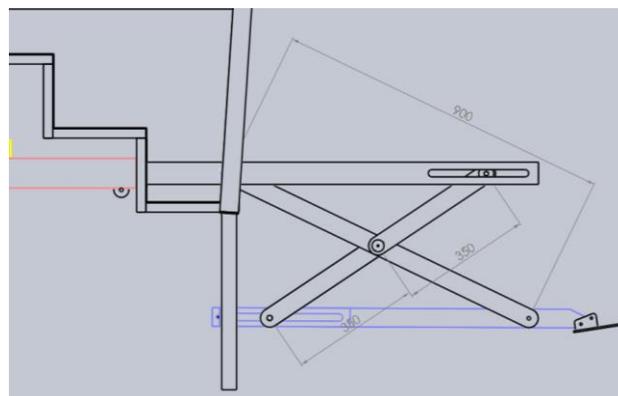


Figura 2.17 Medidas de BEP y BES en el sistema elevador

2.3 CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS

Según la norma “Vehículos Automotores, Bus Urbano Requisitos” (INEN, 2010), en la sección elevador o rampa de acceso para personas con movilidad reducida se establece que la capacidad de elevación debe ser de 200 Kg, por lo cual la fuerza total sobre la plataforma viene dado por:

$$200 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} = 1962 \text{ N} = 1.9 \text{ KN}$$

Para verificar la resistencia del sistema, es necesario identificar la distribución de la carga en cada elemento del sistema, validando así la resistencia de cada uno de sus elementos con el debido coeficiente de seguridad, la distribución de carga se muestra en la figura 2.18.

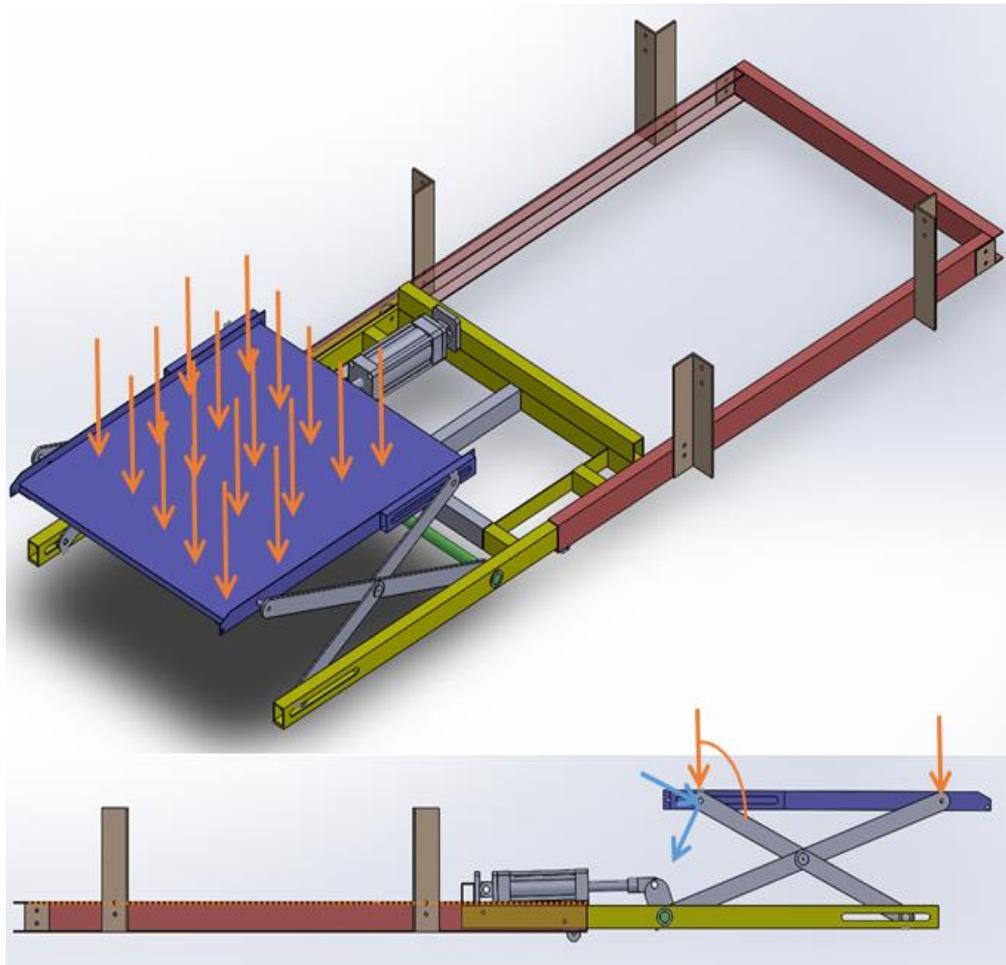


Figura 2.18 Distribución de Fuerzas

Como se puede apreciar en la figura 2.18, la fuerza a la que está sometida la viga amarilla o carro se distribuye equitativamente hacia las dos vigas por lo cual la fuerza que cada viga soportaría es la siguiente:

$$F = \frac{1962 \text{ N}}{2} = 981 \text{ N}$$

2.3.1 DISEÑO DE LA PLATAFORMA

Tomando en cuenta la dimensión total de la plataforma y sus puntos de apoyo obtenemos el diagrama de cuerpo libre (ver figura 2.19).

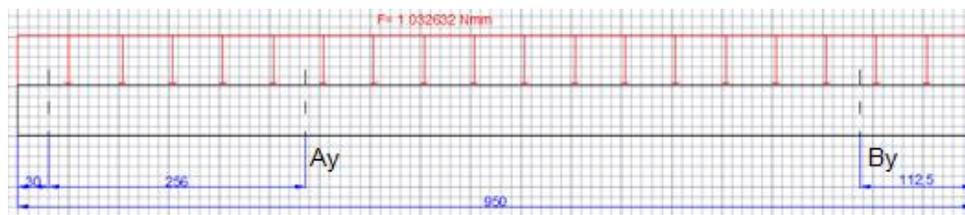


Figura 2.19 Diagrama de cuerpo libre de la plataforma.

Las reacciones A_y y B_y en la plataforma producto de la fuerza F se calculan a continuación:

$$A_y = 440.39 \text{ N} \quad B_y = 540.61$$

$$M_{max} = 80694.47 \text{ Nmm} = 80.694 \text{ Nm en el punto } x = 426.47 \text{ mm}$$

Una vez identificada la fuerza a la que está sometida, se selecciona el ángulo L 50X50X3 AISI 1010 del proveedor IPAC (ver figura 2.20), cuya sección transversal es la siguiente:

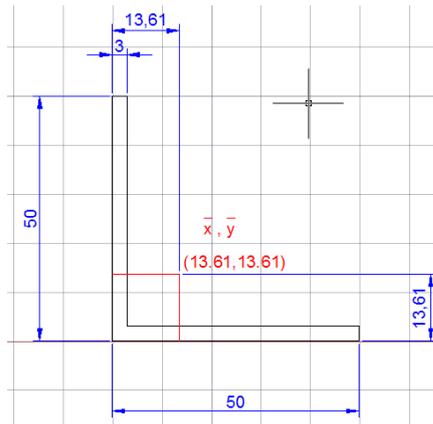


Figura 2.20 Ángulo L

Para calcular su momento de inercia total se determina el centroide de inercia mediante la ecuación 2.2 y posteriormente se aplica el teorema de ejes paralelos.

Centroide:

$$\bar{x}, \bar{y} = \frac{\sum_{i=0}^n \bar{x}_i \bar{y}_i A_i}{\sum_{j=0}^n A_j}$$

E.c 2.2

$$\bar{x} = \frac{1.5 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}^2 + 26.5 \text{ mm} \times 141 \text{ mm}^2}{150 \text{ mm} + 141 \text{ mm}}$$

$$\bar{x} = 13.61 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{25 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}^2 + 1.5 \text{ mm} \times 141 \text{ mm}^2}{150 \text{ mm} + 141 \text{ mm}}$$

$$\bar{y} = 13.61 \text{ mm}$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} = \frac{3 \text{ mm} \times 50^3 \text{ mm}^3}{12} = 31250 \text{ mm}^4$$

$$A_1 = 3 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 150 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = \frac{bh^3}{12} = \frac{47 \text{ mm} \times 3^3 \text{ mm}^3}{12} = 105.75 \text{ mm}^4$$

$$A_2 = 3 \text{ mm} \times 47 \text{ mm} = 141 \text{ mm}^2$$

$$I_T = I_1 + A_1 d_1^2 + I_2 + A_2 d_2^2$$

E.c 2.3

$$I_T = 31250 \text{ mm}^4 + 150 \text{ mm}^2 (11.39 \text{ mm})^2 + 105.75 \text{ mm}^4 + 141 \text{ mm}^2 (12.11 \text{ mm})^2$$

$$I_T = 71493.511 \text{ mm}^4 = 7.14935 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Una vez definidos los diagramas de fuerza cortante máximo, momento máximo y cálculo de inercia interviene la parte propia de diseño, en la cual mediante la ayuda de la teoría de diseño de Von Mises se comprueba que el esfuerzo de diseño es mayor al esfuerzo de Von Mises mediante las ecuaciones 2.4, 2.5 y 2.6. en donde σ_y y σ_x representan esfuerzos por flexión, mientras que τ_{xy} representa el esfuerzo por torsión.

$$\sigma_y = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{s}$$

E.c 2.4

$$\sigma_x = \frac{F}{A}$$

E.c 2.5

$$\tau_{xy} = \frac{T}{zp}$$

E.c 2.6

Según las ecuaciones 2.4, 2.5 y 2.6 los datos para calcular los esfuerzos en la plataforma son: el momento flector máximo M_{max} , la altura del centroide c , y el momento de inercia I , a continuación se calcula los esfuerzos presentes en la plataforma con los siguientes datos:

$$M_{max} = 80.694 \text{ Nm} \quad c = 13.61 \text{ mm} = 0.01361 \text{ m}$$

$$I = 7.14935 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma_y = \frac{80.694 \text{ Nm} \times 0.01361 \text{ m}}{7.14935 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 15361471 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_y = 15.36 \text{ MPa}$$

$$\tau_x, \tau_{xy} = 0$$

La Teoría de Diseño de Von Misses, calcula el esfuerzo de Von Misses σ' y lo compara con el esfuerzo de diseño σd que a su vez se obtiene de la resistencia última a la tensión del material S_y dividido entre el coeficiente de seguridad N como se muestra en la ecuación 2.7

$$\sigma' < \sigma d = \frac{S_y}{N}$$

E.c 2.7

Fórmula directa para el cálculo del esfuerzo de Von Misses para esfuerzos combinados sin usar el círculo de Morh, ecuación 2.8:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

E.c 2.8

$$\sigma' = 15.36 \text{ MPa}$$

La resistencia última a la tensión del material AISI 1010 según dato de fábrica es $S_y=207 \text{ MPa}$. Según el autor del libro de diseño mecánico de Mott la tabla 2.1 muestra los criterios de selección de coeficientes de seguridad:

Tabla 2.1 Criterios de selección de coeficientes de seguridad

| | |
|------------|---|
| N=1.25 a 2 | Estructuras bajo cargas estáticas, confianza en datos |
| N= 2 a 2.5 | Elementos de máquinas cargas dinámicas +/- confianza |
| N= 2.5 a 4 | Primer y segundo caso más incertidumbre en datos |

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006)

Según la información de la tabla 2.1 nuestro coeficiente de seguridad será $N = 2.5$ que representa Elementos con cargas dinámicas +/- confianza en los datos.

$$\sigma_d = \frac{207 \text{ Mpa}}{2.5} = 82.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$15.36 \text{ Mpa} < 82.8 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo de Von Mises es menor que el esfuerzo de diseño en conclusión la plataforma está correctamente diseñada.

Este procedimiento de diseño se aplica a las barras elevadoras principales y las barras elevadoras secundarias.

2.3.2 DISEÑO DEL BRAZO ELEVADOR PRINCIPAL

Al igual que la plataforma para diseñar la barra elevadora principal es necesario identificar la fuerza a la que está sometida, los momentos y reacciones de la barra en sus tres posiciones críticas, sus esfuerzos principales de flexión y torsión, finalmente se aplica la teoría de diseño de Von Mises para determinar si el esfuerzo de diseño es mayor a esfuerzo de Von Mises lo cual indica si el diseño resiste.

La carga a la que está sometida este brazo varía según el ángulo en el que se encuentra dispuesta por lo cual es necesario analizar las cargas y sus esfuerzos en varios puntos según se pueda tener un esfuerzo máximo, la fuerza a la que está sometido el brazo elevador principal es:

$$F = 540.1 \text{ N}$$

Posición uno

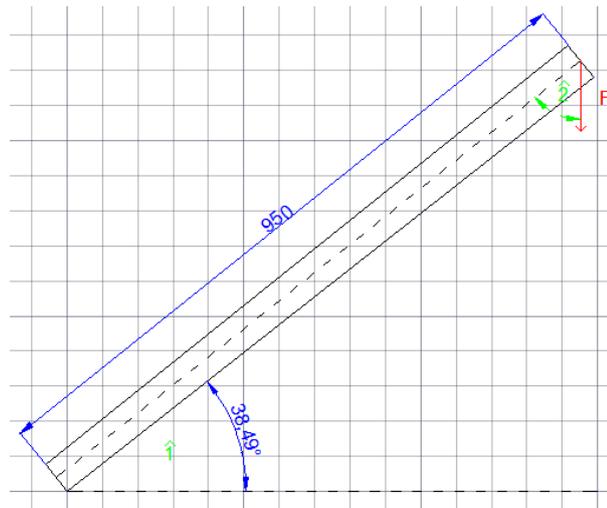


Figura 2.21 Posición más alta del BEP

$$\hat{1} = 38.49^\circ$$

$$\hat{2} = 90^\circ - \hat{1} = 51.51^\circ$$

$$F_x = F \cos \hat{2} = 336.436 \text{ N}$$

$$F_y = F \sin \hat{2} = 423.14 \text{ N}$$

Posición dos



Figura 2.22 Posición más baja del BEP

$$\hat{1} = 34.51^\circ$$

$$\hat{2} = 90^\circ - \hat{1} = 55.49^\circ$$

$$F_x = F \cos \hat{2} = 306.28 \text{ N}$$

$$F_y = F \sin \hat{2} = 445.47 \text{ N}$$

Posición tres

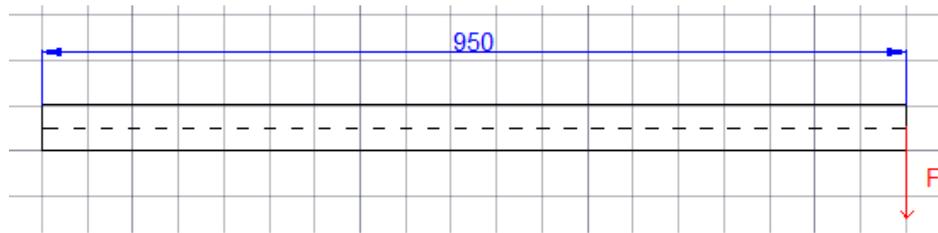


Figura 2.23 Posición media del BEP

$$F_x = 0$$

$$F_y = F$$

Las figuras 2.24, 2.25 y 2.26, muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector para cada uno de los casos.

Caso 1 Posición más alta del *BEP*

El momento máximo M_a del *BEP* para la posición más alta de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$\sum F_x = 0$$

$$336.43 \text{ N} = F_a x = F_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_a y = F_y = 423.24 \text{ N}$$

$$M_a = F_y * L = 423.14 \text{ N} \times 950 \text{ mm}$$

$$M_a = 401983 \text{ Nmm} = 409.1 \text{ Nm}$$

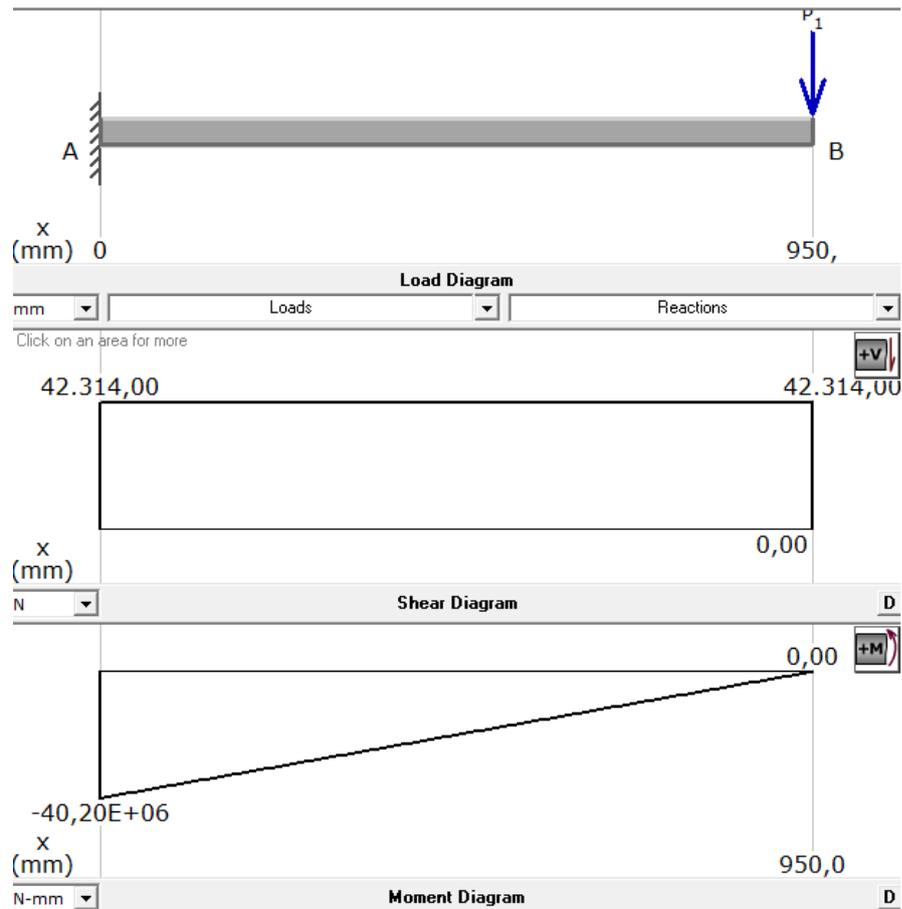


Figura 2.24 Diagrama de fuerza cortante y momento para el caso uno

Caso dos Posición más baja del *BEP*

El momento máximo M_a del *BEP* para la posición más baja de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$\sum F_x = 0$$

$$445.47 \text{ N} = F_{ax} = F_x$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} = F_y = 306.28 \text{ N}$$

$$M_a = F_y * L = 445.47 \text{ N} \times 950 \text{ mm}$$

$$M_a = 423196.5 \text{ Nmm} = 423.196 \text{ Nm}$$

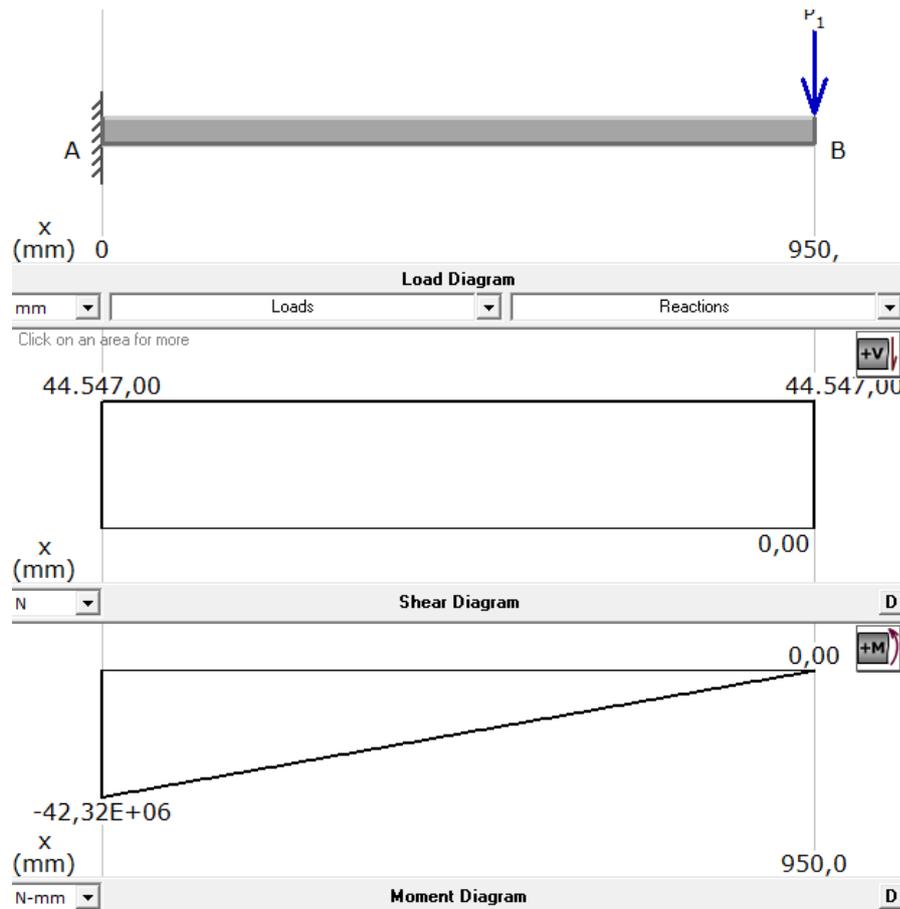


Figura 2.25 Diagrama de fuerza y momento cortante para el caso dos

Caso tres Posición media del BEP.

El momento máximo M_a del *BEP* para la posición media de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} = F_y = 540.61 \text{ N}$$

$$M_a = F_y * L = 4 \text{ N} \times 950 \text{ mm}$$

$$M_a = 513379.5 \text{ Nmm} = 513.599 \text{ Nm}$$

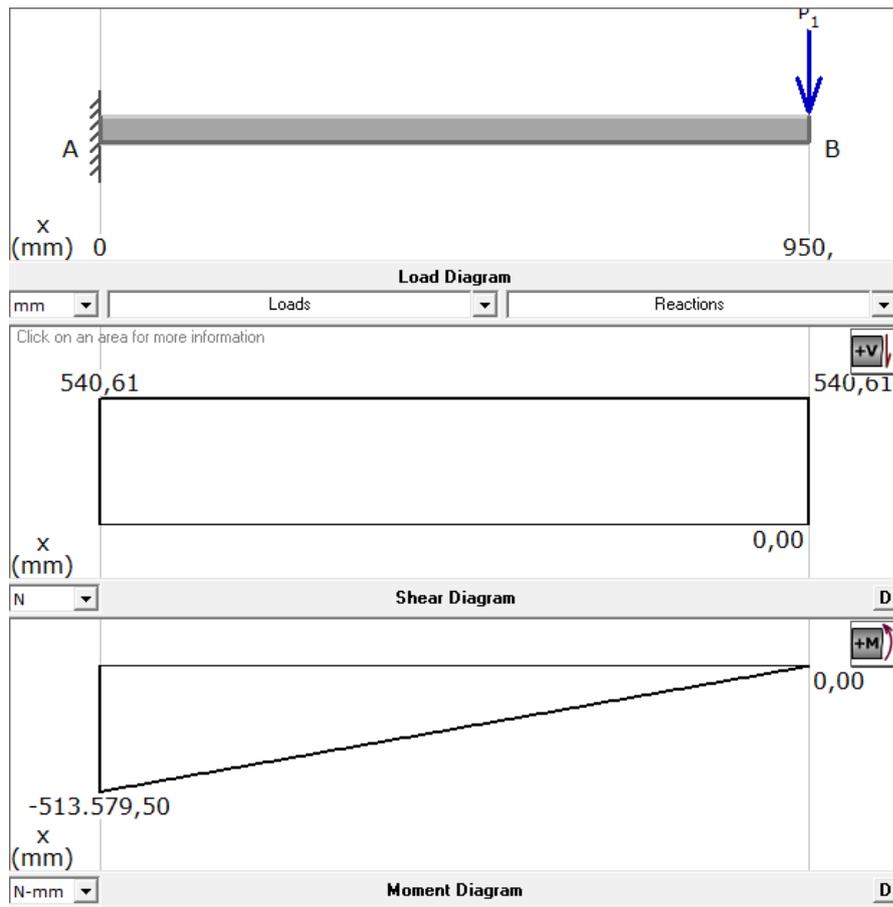


Figura 2.26 Diagrama de fuerza y momento cortante para el caso tres

Para el cálculo de los esfuerzos principales es necesario calcular el momento de inercia de la sección transversal del *BEP*, ver figura 2.27. El momento de inercia se obtiene a continuación:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{9 \times 50^3 \text{mm}^4}{12}$$

$$I = 93750 \text{mm}^4 = 9.375 \times 10^{-8} \text{m}^4$$

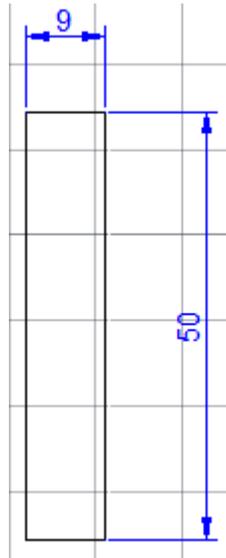


Figura 2.27 Sección transversal del BEP

Una vez obtenido el momento de inercia se calcula los esfuerzos principales según las ecuaciones 2.4, 2.5 y 2.6, en este caso la barra está sometida únicamente a un esfuerzo de flexión σ_y .

$$\sigma_y = \frac{Mc}{I} = \frac{513.60 \text{ Nm} * 0.025\text{m}}{9.375 \times 10^{-8}\text{m}^4} = 136.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = 136.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{207 \text{ Mpa}}{2.5} = 82.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$136.96 \text{ MPa} < 82.8 \text{ MPa}$$

Comparando el esfuerzo de diseño con el esfuerzo de Von Mises como resultado obtenemos que el *BEP* no cumple con el coeficiente de seguridad propuesto sin embargo cumple con un coeficiente de seguridad de 1.65 lo cual indica que el *BEP* resiste las condición de carga en un 150 %.

2.3.3 DISEÑO DE LAS BARRAS ELEVADORAS SECUNDARIAS BES

En el diseño de las BES se sigue el mismo procedimiento anterior en el cual se identifican las cargas, se calculan las reacciones, momentos de inercia, esfuerzos principales para aplicar la teoría de diseño de Von Misses. Este cálculo se realiza a continuación.

$$\hat{1} = 90^\circ - 53.15^\circ = 36.85^\circ$$

$$Fx = F \cos \hat{1} = 352.404 \text{ N}$$

$$Fy = F \sin \hat{1} = 264.111 \text{ N}$$

$$\hat{2} = 90^\circ - 46.75^\circ = 43.25^\circ$$

$$Fx = F \cos \hat{2} = 320.767 \text{ N}$$

$$Fy = F \sin \hat{2} = 301.748 \text{ N}$$

$$Fx = 0$$

$$Fy = 440.39$$

Caso 1

$$\sum Fy = 0$$

$$By = Fy = 264.111 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$Bx = Fx = 352.404 \text{ N}$$

$$105.64 \text{ Nm} = Mb = 105644.4 \text{ Nmm}$$

Caso 2

$$\sum Fy = 0$$

$$By = Fy = 301.74 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$B_x = F_x = 320.767 \text{ N}$$

$$M_b = F_y L = 301.74 \text{ N} \times 400 \text{ mm} = 120696 \text{ Nmm}$$

$$M_b = 120.696 \text{ Nm}$$

Caso 3

$$M_b = F_y L = 440.39 \text{ N} \times 400 \text{ mm} = 176.156 \text{ Nm}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{6 \times 50^3 \text{ mm}^4}{12}$$

$$I = 62500 \text{ mm}^4 = 6.25 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma_y = \frac{Mc}{I} = \frac{176.56 \text{ Nm} \times 0.025 \text{ m}}{6.25 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 70.62 \text{ MPa}$$

Una vez obtenidos los esfuerzos máximos se aplica la teoría de diseño de Von Misses mediante la ecuación 2.7.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = 70.62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{207 \text{ Mpa}}{2.5} = 82.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$70.62 \text{ Mpa} < 82.8 \text{ Mpa}$$

Al comparar el esfuerzo de Von Misses con el esfuerzo de diseño el resultado indica que el diseño propuesto cumple el coeficiente de seguridad.

2.3.4 DISEÑO DEL EJE

El eje está sometido mayormente a torsión además de una carga axial el torque transmitido al eje proviene del momento máximo generado en el BEP y viene dado por:

$$T_a = T_b = 513.595 \text{ Nm}$$

$$\tau = \frac{513.60 \text{ Nm} * 16}{\pi 0.3^3 \text{ m}^3} = 304.355 \text{ KPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = 527.138 \text{ KPa}$$

Para el eje el esfuerzo de Von Misses producto de la torsión es muy bajo puesto que está en el orden de los *KPa* por lo que no es necesaria su verificación.

2.4 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

2.4.1 ELEMENTOS DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

En la figura 2.28 se representa los elementos y la configuración del circuito hidráulico

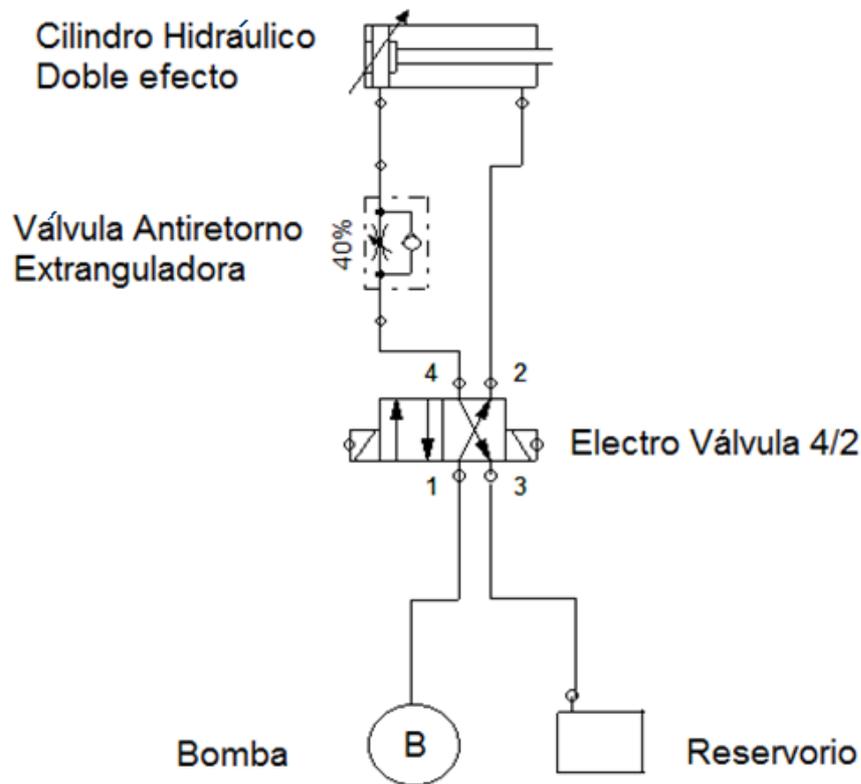


Figura 2.28 Elementos del Circuito Hidráulico

2.4.2 SELECCIÓN DEL PISTÓN

Según el análisis del mecanismo, la Fuerza Requerida por el pistón hidráulico es de 20074 Newton o 2046 Kgf, la carrera debe ser de 15 cm para cumplir con la trayectoria del mecanismo en un tiempo 7.8 s. La relación entre presión y fuerza viene dada por la ecuación

$$P = \frac{F}{A}$$

E.c 2.9

En el mercado Ecuatoriano las bombas más comunes operan a 3000 psi, de la ecuación 2.9 obtenemos el área requerida

$$A = \frac{F}{P} = \frac{2046 \text{ kgf}}{3000 \text{ psi}} = \frac{4510.65 \text{ lbf in}^2}{3000 \text{ lbf}} = 1.5 \text{ in}^2$$

El diámetro del cilindro hidráulico se obtiene con la ecuación 2.10.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

E.c 2.10

$$\sqrt{\frac{4 * 1.5 \text{ in}^2}{3.1416}} = 1.38 \text{ in} = 35 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo del pistón para estas condiciones de presión y fuerza debe ser 35 mm, por motivo de seguridad se aumenta la capacidad del pistón en un 20%.

$$D = 35\text{mm} * 1.2 = 42\text{mm}$$

Luego de investigar en el mercado local hay muchas facilidades para fabricar cilindros de diferentes diámetros según sea el requerimiento, sin embargo, es mucho más económico fabricar cilindros de medidas estándares, razón por la cual se va a implementar un pistón de diámetro $D= 50\text{mm}$. La fuerza del pistón cuando se extiende es mayor que cuando se contrae, la $F1$ representa la fuerza con la que el pistón se extiende mientras que $F2$ representa la fuerza con la que el pistón se contrae, estos cálculos se muestran a continuación:

$$F_1 = \frac{3000 \text{ lbf} * 1963.49 \text{ mm}^2}{\text{in}^2} = \frac{3000 \text{ lbf} * 3.0434 \text{ in}^2}{\text{in}^2}$$

$$F_1 = 9130.2 \text{ lbf} = 4141.38 \text{ Kgf}$$

$$A_2 = \frac{\pi(\text{Diámetro del pistón} - \text{Diámetro del vástago})^2}{4}$$

$$= \frac{\pi(50 \text{ mm} - 16 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A_2 = 910.35 \text{ mm}^2 = 1.41 \text{ in}^2$$

$$F_2 = \frac{3000 \text{ lbf} * 1.1 \text{ in}^2}{\text{in}^2} = 4234 \text{ lbf}$$

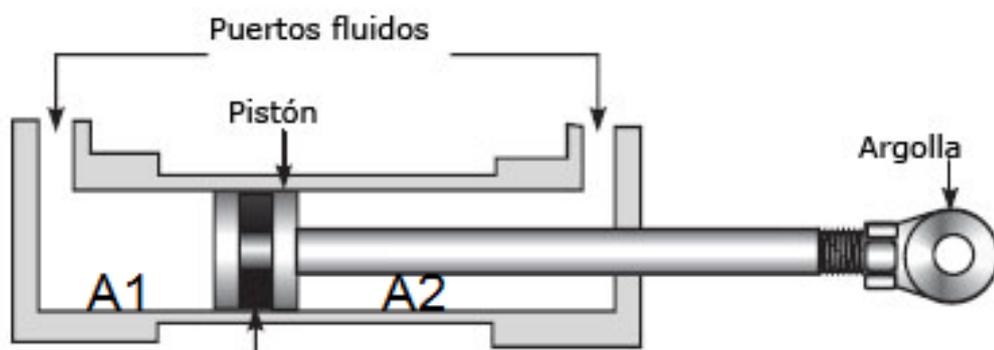


Figura 2.29 Pistón Hidráulico

Fuente: (Provedores Industriales, 2010)

El volumen del cilindro es:

$$V_c = A_1 * L$$

E.c 2.11

$$V_c = \frac{\pi * (50mm)^2}{4} * 150 mm$$

$$V_c = 294524.31 mm^3 = 0.29 Litros$$

Dónde:

L: longitud del vástago o carrera del pistón

El pistón más adecuado para la aplicación considerando potencia, presión, precio, tiempo de entrega tiene los siguientes datos técnicos (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2 Datos Técnicos del Pistón y Condiciones Iniciales.

| DATOS | | | RESULTADO | | |
|----------|---------|------------------|-----------|---|---------|
| DIÁMETRO | CARRERA | TIEMPO DE SALIDA | CAUDAL | VOLUMEN DESPLAZADO EN CARRERA DE AVANCE | |
| (mm) | (mm) | (seg) | (lt/min) | (lt) | (pulg3) |
| 50 | 150 | 10 | 1,77 | 0,29 | 17,97 |

Fuente: (AINSA, 2014)

La bomba debe ser capaz de operar a 3000 psi (207 bares) debido a la disponibilidad del mercado, además debe otorgar un caudal que llene el pistón de 0.29 litros en 7.8 s, este tiempo es justificado en el análisis del mecanismo más adelante en este documento, ver figura 2.40. El caudal de la bomba es:

$$Q = \frac{V}{t}$$

E.c 2.12

$$Q = \frac{0.29 \text{ l}}{7.8 \text{ s}} = 0.0371 \text{ l/s} = 2.23 \text{ l/min}$$

Tomando en cuenta que la velocidad con la que sube y baja la plataforma es inversamente proporcional a la carga, es decir a mayor carga menor velocidad, el caudal necesario para una carga de 200 Kg es 2.23 l/s sin embargo la carga en su punto de operación no excede el 80% de la misma, es por esto que lo más ideal es reducir el caudal en la misma proporción. El caudal de operación ($Q_{operación}$) representa el caudal necesario para elevar una carga de 180 kg en 7.8 s.

$$Q_{operación} = 2.23 \text{ l/min} * 0.8 = 1.784 \text{ l/min}$$

Hay varios tipos de bombas, sin embargo para a aplicación la más conveniente es la bomba de engranajes ya que esta se puede adaptar al cigüeñal del vehículo en donde se va a operar, en otro caso será necesario un circuito de acondicionamiento a la fuente del vehículo que se compone por dos baterías de 12 A de 150 A/h. La figura 2.30 muestra la instalación de un compresor de aire para A/C directo al cigüeñal por medio de una polea, este concepto es aplicable a la bomba de engranajes.



Figura 2.30 Ejemplo de la instalación al cigüeñal del vehículo

La bomba que cumple de manera más satisfactoria con el requerimiento de la plataforma tiene especificaciones técnicas mostradas en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Características Técnicas de la bomba

| CAUDAL | | | DESPL. | PRESIÓN | EFICIENCIA | MOTOR |
|--------|------|------|--------|---------|------------|-------|
| lt/min | GPM | rpm | cc/rev | psi | % | hp |
| 1,77 | 0,47 | 1750 | 1,01 | 3000 | 80% | 1,00 |

Fuente: (AINSA, 2014)

Estas tablas son generadas por la empresa proveedora de acuerdo a un estudio de nuestra necesidad específica, sin embargo, los cálculos necesarios son corroborados en esta investigación. La potencia del motor viene dada por la expresión:

$$HP = \frac{GPM * PSI}{1714}$$

E.c 2.13

$$HP = \frac{0.47 GPM * 3000psi}{1714} = 0.82 HP$$

Los datos técnicos del motor son P=0.82 HP y rpm= 1750. No existe un motor de 0.2 HP, por lo que hay que considerar dos opciones: montar un motor de 1 HP u otro de 0.5 HP. Para abaratar costos en la construcción del proyecto se utilizó un motor monofásico jaula de ardilla de 1 HP y 3500 rpm el cual era propiedad de los autores de este documento.

2.4.3 SELECCIÓN DEL FLUIDO Y TUBERÍA

Al momento de analizar la tubería requerida para la aplicación, se puede elegir entre manguera flexible o rígida, la manguera flexible hidráulica presenta ventajas como absorber el ruido y amortigua sobrepresiones. El diámetro de la manguera es importante ya que debe evitar pérdidas de presión, evitar sobrecalentamiento y evitar turbulencia, a nivel mundial existen varias organizaciones que realizan estudios y normas como la SAE, DIN, ABS, etc., que sugieren materiales para la construcción de la manguera según su composición. Ver tabla 2.4

Tabla 2.4 Aplicaciones de las mangueras según su material

| Nombre Químico | Neopreno (policloropreno) | Nitrilo (acrilonitrilo y butadieno) | Nylon | Hyphalon* (polietileno clorosulfonado) | EPDM (etilén propilén dieno monómero) | CPE (polietileno clorado) | Teflon* |
|---------------------------------------|----------------------------|--|-------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| | Tipo A | Tipo C | Tipo Z | Tipo M | Tipo P | Tipo J | Tipo T |
| Resistencia a la flama | Muy buena | Pobre | Buena | Buena | Pobre | Buena | Buena |
| Aceites derivados del petróleo | Bueno | Excelente | Bueno a Excelente | Bueno | Pobre | Muy Bueno | Excelente |
| Combustible Diesel | Bueno a Excelente | Pobre | Regular a Bueno | Pobre | Muy Bueno | Excelente | Excelente |
| Resistencia a la permeación de gases | Bueno | Bueno | Bueno a Excelente | Bueno a Excelente | Regular a Bueno | Bueno | Bueno a Excelente |
| Intemperie | Bueno a Excelente | Pobre | Excelente | Muy Bueno | Excelente | Bueno | Excelente |
| Ozono | Bueno a Excelente | Pobre para el tubo; Bueno para la cubierta | Excelente | Muy Bueno | Sobresaliente | Bueno | Excelente |
| Calor | Bueno | Bueno | Bueno | Muy Bueno | Excelente | Excelente | Excelente |
| Baja Temperatura | Regular a Bueno | Pobre a Regular | Excelente | Pobre | Bueno a Excelente | Bueno | Excelente |
| Emulsiones de agua y aceite | Excelente | Excelente | Bueno a Excelente | Bueno | Pobre | Excelente | Excelente |
| Emulsiones de agua y glicol | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente |
| Diésteres | Pobre | Pobre | Excelente | Regular | Excelente | Muy Bueno | Excelente |
| Ésteres de Fosfato | Regular (para la cubierta) | Pobre | Excelente | Regular | Muy Bueno | Muy Bueno | Excelente |
| Emulsiones con base de éster-fosfatos | Regular (para la cubierta) | Pobre | Excelente | Regular | Muy Bueno | Muy Bueno | Excelente |

Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos , 2008)

Para este caso es muy importante utilizar el sentido común ya que los elementos poseen conectores con un diámetro establecido, por lo que no convendría implementar una reducción o una ampliación, sin embargo a continuación se comprobará si con los diámetros seleccionados de las mangueras garantizan la transferencia del fluido laminar o turbulenta mediante el número de Reynold. (Ver ecuación 2.14)

$$NR = \frac{vD}{\nu}$$

E.c 2.14

Dónde:

v : Velocidad del fluido

ν : Viscosidad Cinemática

D: Diámetro de la tubería

NR: Número de Reynold.

El fluido que se va a utilizar para la aplicación es el aceite hidráulico SAE 1040, una característica de los fluidos es que a mayor temperatura el fluido es menos viscoso lo que ayuda a evitar la turbulencia, para nuestro análisis tomaremos en cuenta una temperatura de 20 grados centígrados. El diámetro de la manguera es de 3/8. Calculamos la velocidad del fluido en la tubería mediante la ecuación 2.15.

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad \text{E.c 2.15}$$

$$A_2 = \pi r^2 = \pi((3 * 2.54 \text{ cm})/8)^2 = 2.58 \text{ cm}^2$$

La Figura 2.31 se usa para determinar la viscosidad dinámica del fluido la cual mediante método gráfico es:

$$n = \frac{0.079 \text{ N s}}{m^2}$$

$$\nu = \frac{n}{\rho} = \frac{\frac{0.079 \text{ N s}}{m^2}}{\frac{0.887 \text{ gr}}{cm^3}} = \frac{\frac{0.079 \text{ Kg m}}{s^2}}{887 \frac{\text{kg}}{m^3}} = 8.9 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

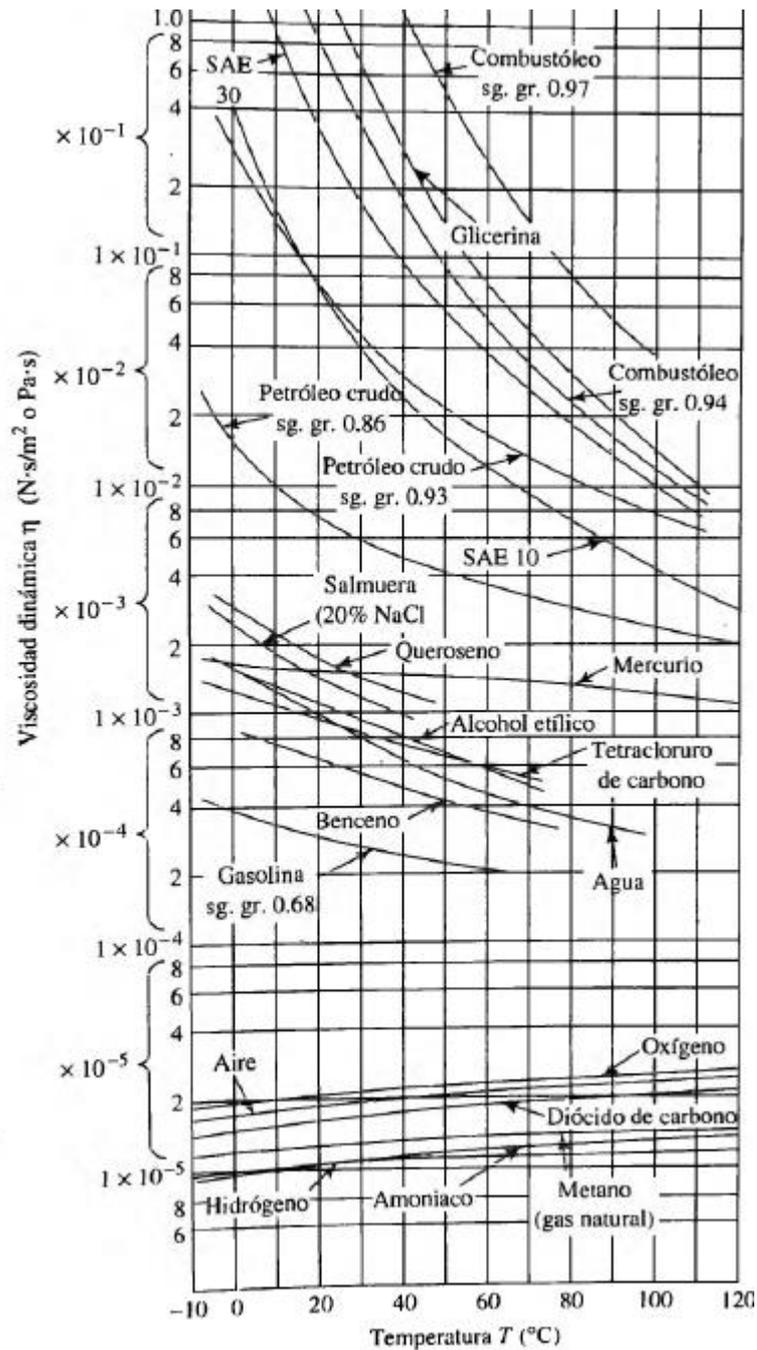


Figura 2.31 Viscosidad Dinámica vs Temperatura de algunos fluidos

Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos , 2008)

De la figura 2.31 se obtiene la viscosidad dinámica del SAE 1040, conociendo su densidad se puede calcular la viscosidad cinemática.

El cilindro hidráulico debe recorrer 15 cm en 7.8 segundos y su diámetro es de 5 cm por lo que la velocidad del fluido en ese punto es:

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{1.784 \text{ l/min}}{19.63 \text{ cm}^2} = \frac{29.733 \text{ cm}^3/\text{s}}{19.63 \text{ cm}^2} = 1.51 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.0151 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = \frac{v_1 A_1}{A_2} = \frac{\frac{0.0151 \text{ m}}{\text{s}} * 19.63 \text{ cm}^2}{2.58 \text{ cm}^2} = 0.103 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$NR = \frac{\frac{0.103 \text{ m}}{\text{s}} * 0.0095 \text{ m}}{\frac{8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{\text{s}}} = 10.99$$

El número de Reynold es muy bajo, lo que quiere decir que está descartada la turbulencia del circuito hidráulico, esto se debe a que la velocidad del fluido requerida es muy baja por lo que también se puede concluir que se puede usar incluso un fluido mucho más viscoso que aun así está muy lejos de causar turbulencia. Por lo que el diámetro de tubería y el fluido cumplen con el requerimiento.

No es necesario realizar el análisis para la manguera de ½ in ya que a mayor área menor velocidad del fluido. Como la viscosidad no varía, el número de Reynold seguirá siendo bajo y no llegará en el rango de incertidumbre comprendido entre 2000-4000, mucho menos generará turbulencia.

2.4.4 SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS

Para la implementación de la bomba de engranajes, como ya se mencionó, es necesario transmitir la potencia entre el motor y la bomba para lo cual la mejor solución es una polea y banda las cuales también deben ser analizadas. El punto de operación de la bomba es de 1750 rpm y para el motor es de 3500 rpm, por lo cual la relación entre poleas debe ser de dos a uno

para igualar las rpm. La figura 2.32 muestra los elementos a tener en cuenta al momento de transmitir potencia por medio de una banda y una polea de donde L es la longitud de la banda.

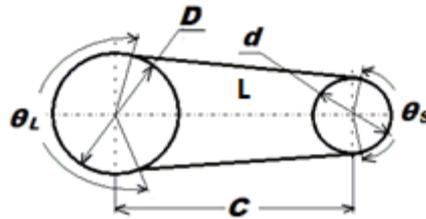


Figura 2.32 Elementos de una transmisión típica de potencia por bandas

Fuente: (Fullmecánica, 2014)

La banda más económica en el mercado, es la banda tipo V con sección transversal A, sus medidas estándar varían un poco dependiendo del fabricante pero en términos generales, se muestra en la figura 2.33 las medidas estándares.

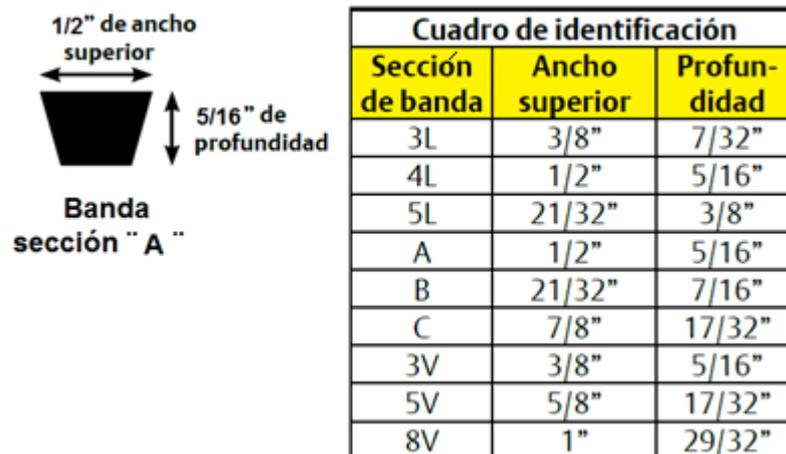


Figura 2.33 Sección transversal de las bandas tipo V

Lo importante es asegurarse que la velocidad de banda sea alrededor de 1220 m/min debido a que si es mayor hay efectos dinámicos en la banda como

fuerzas centrífugas y vibraciones, por otra parte si es menor pueden ocurrir deslizamientos laterales. Para garantizar todo esto, hay que calcular parámetros como distancia entre centros y longitud de la banda, mediante la ecuación 2.16:

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C}$$

E.c 2.16

Según varios autores, el mejor procedimiento es proponer una distancia entre centros y verificar si es adecuada, para lo cual la propuesta de diseño es una $C=25$ cm, de donde la longitud de la banda se calcula con la ecuación 2.16 y se comprueba la distancia con la ecuación 2.18.

$$L = 2 * 0.25m + 1.57(0.1m + 0.05) + \frac{(0.1 + 0.05)^2 m^2}{4 * 0.25 m}$$

$$L = 0.758 m$$

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$$

E.c 2.17

$$B = 4 * 0.758m - 6.28(0.1 + 0.05)m = 2.09m$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 + D_1)^2}}{16}$$

E.c 2.18

$$C = \frac{2.09 + \sqrt{2.09^2 - 32(0.1 + 0.05)^2}}{16}$$

$$C = 0.25 m$$

2.5 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Por seguridad se va a implementar un actuador neumático el cual va a accionar un seguro como se muestra en la figura 2.45, este pistón es de simple efecto con retorno por muelle y cumple el circuito neumático de la figura 2.34.

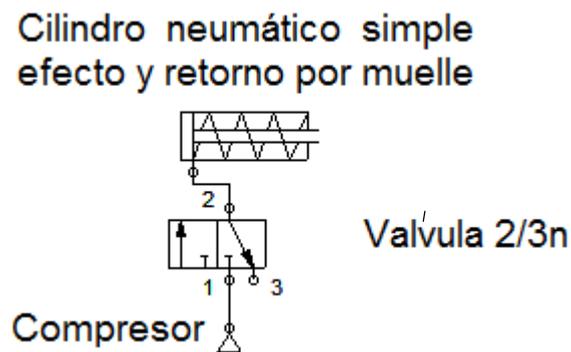


Figura 2.34 Circuito Neumático

La Fuerza necesaria de nuestro pistón se obtuvo mediante un estudio de elementos finitos. En la imagen 2.35 se muestra la especificación técnica completa del cilindro.

| Bore size | mm | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
|-------------------|---------------|--|------|------------------|-----|-------|--------|----|
| Action | MA, MAC | Double acting type | | | | | | |
| | MSA, MTA | Single acting type | | | | | | — |
| Fluid | | Air (to be filtered by 40 μ filter element) | | | | | | |
| Mounting type | | Basic | LB | FA | SDB | Basic | | |
| Pressure range | | MA, MAC: 1.0-9.0bar (0.1-0.9MPa)(14-128Psi); MSA, MTA: 2.0-9.0bar (0.2-0.9MPa) (28-128Psi) | | | | | | |
| Proof pressure | | 15.0bar (1.5MPa)(213Psi) | | | | | | |
| Temperature range | °C | -5-70 | | | | | | |
| Speed range | mm/s | MA, MAC: 50-800; | | MSA, MTA: 30-800 | | | 30-500 | |
| Cushion type | Standard type | Bumper | | | | | | |
| | Cushion type | Variable cushion | | | | | | |
| Port size | | M5 x 0.8 | 1/8" | | | | 1/4" | |

*Refer to Page VI-46-VI-47 for details information of sensor switch.

*Note: PT, NPT, BSPP Thread are available.

Figura 2.35 Especificación técnica del pistón

Fuente: (AINSA, 2014)

La fuerza del cilindro se calcula de la misma manera que para el cilindro hidráulico, depende de la presión y el área, según la especificación técnica del fabricante, la presión máxima es de 8 bares y la mínima es de 1 bar. Todos los buses cuentan con un compresor de Aire el cual tiene un reservorio especial para extras, la presión a la que el bus opera es de 10 bares, por lo que es necesaria una válvula reguladora de presión, el cálculo se realiza mediante la ecuación 2.9.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \pi r^2 = \pi * 9mm^2 = 254.46 mm^2 = 0.3944in^2$$

$$F = 0.3944in^2 * 207 psi = 81.64 lbf$$

Se dispone de un compresor de rodillo de aplicación industrial por lo que se implementará una válvula reguladora de caudal a la entrada del cilindro.

2.6 ANÁLISIS DEL MECANISMO

El mecanismo describe una trayectoria circular y un desplazamiento lineal, la simulación determina resultados que van acorde con el cálculo antes expuesto, en la figura 2.36 se observa el desplazamiento lineal cuando la plataforma sale de su punto inicial.

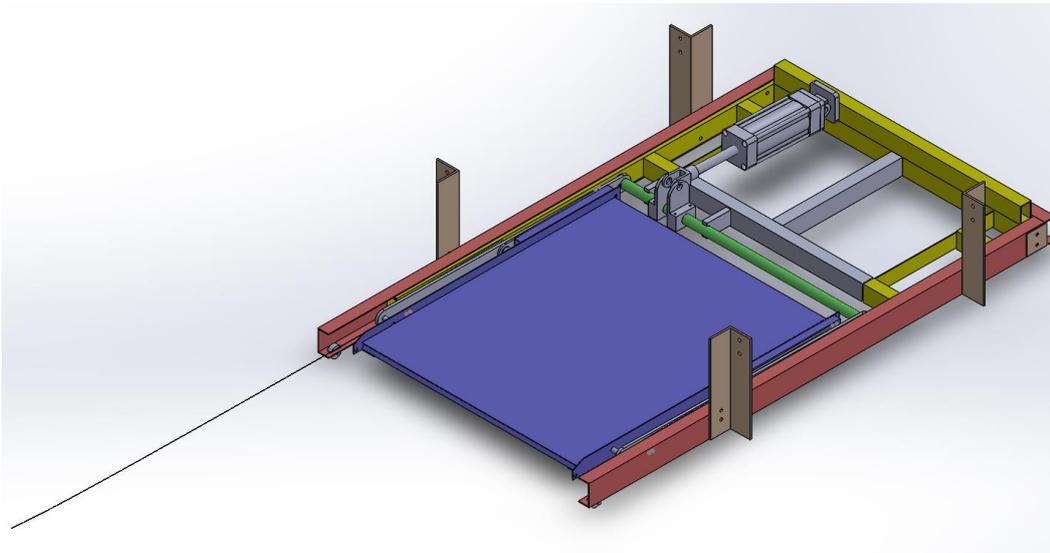


Figura 2.36 Trayectoria Lineal de la plataforma

El motor tendrá que ejercer una fuerza de 22 N para desplazar la plataforma como se muestra en la curva de la figura 2.37.

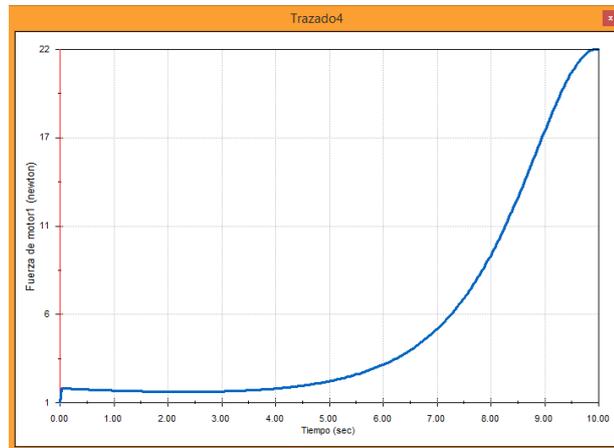


Figura 2.37 Fuerza que ejerce el motor al mover el sistema elevador con la plataforma

La figura 2.38 muestra la gráfica de velocidad de la plataforma por producto del motor. Se observa que alcanza una velocidad de 0.02 m/s de conformidad a la norma (INEN, 2010).

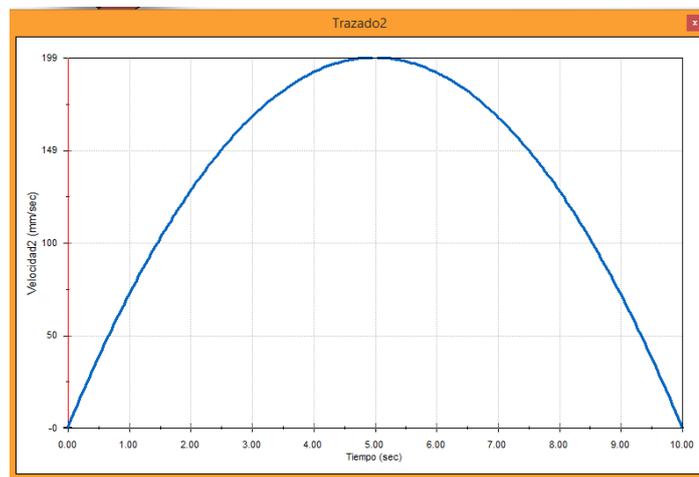


Figura 2.38 Gráfica velocidad de la plataforma al desplegarse

La trayectoria de la plataforma se describe en la figura 2.39, además muestra las trayectorias de los brazos elevadores principales y secundarios.

El pistón aplica una fuerza tangencial sobre eje a través de la biela, además se puede ver que las trayectorias de los elementos no interfieren ni chocan con algún elemento de la plataforma.

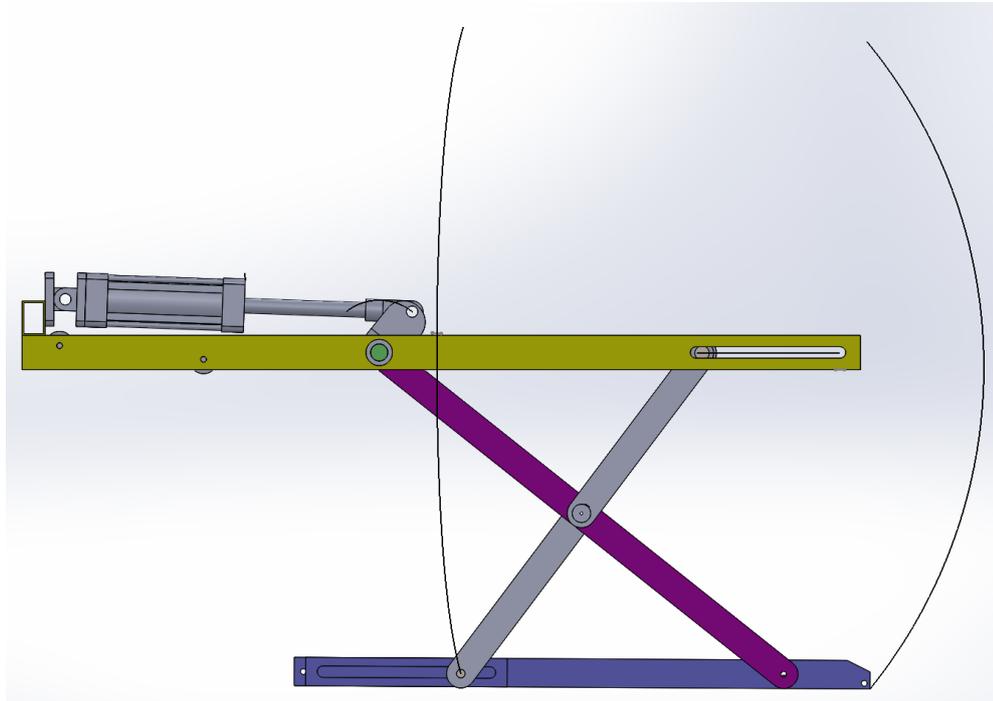


Figura 2.39 Trayectorias circulares de la plataforma, brazos guía y eslabón del pistón

La figura 2.40 indica la velocidad de la plataforma cuando sube desde el suelo al piso del bus la cual es de 22mm/s equivalente a 0.022m/s de conformidad a la norma (INEN, 2010) sobre las plataformas para personas en silla de ruedas.

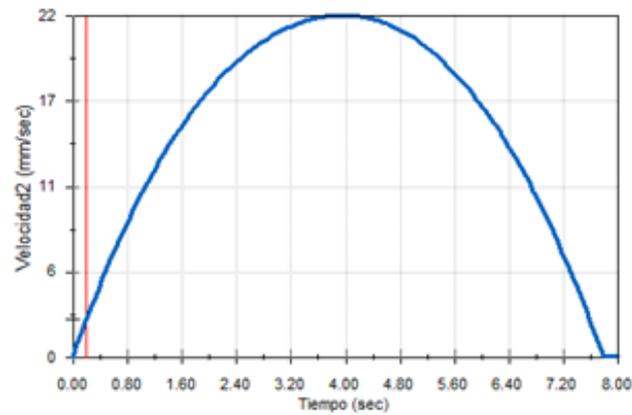


Figura 2.40 Velocidad de la plataforma

La figura 2.41 muestra la magnitud de la fuerza requerida por parte del cilindro hidráulico que es de 20197 N.

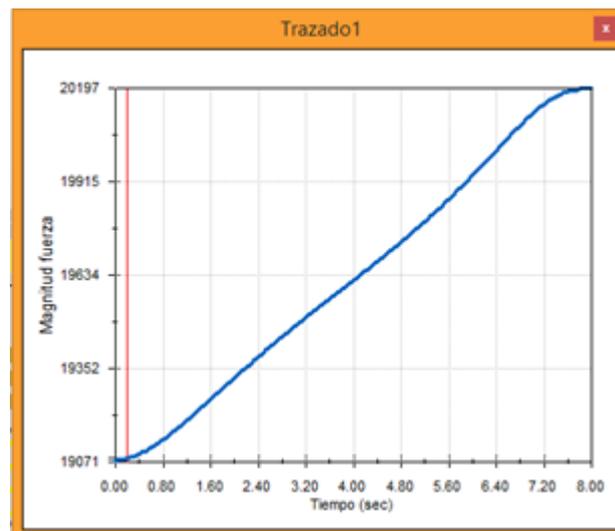


Figura 2.41 Curva de fuerza requerida por el pistón

2.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Se requiere controlar y monitorear la plataforma desde la cabina del conductor por medio de un HMI, en la cual se pueda visualizar la ubicación del usuario, alarmas de seguridad, paro de emergencia, gestión de permisos, además el sistema debe contar con la presentación del video de lo que sucede en forma directa.

2.7.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA

El sistema es autónomo, todo el proceso es monitoreado y controlado mediante el programa desarrollado mediante el uso de procesamiento digital de imágenes, el hardware y software trabajan en conjunto para llevar el proceso a cabo. El conductor da la orden de inicio para que se ejecute la función para subir o bajar al usuario del bus.

Por medio de un HMI, el conductor tiene la facilidad de elegir la opción necesaria de la plataforma en beneficio del usuario.

El conductor puede monitorear el proceso debido a que el HMI cuenta con un video en tiempo real del proceso. A continuación se explica el funcionamiento para los dos estados.

Subir.

Cuando el conductor visualiza que un usuario en silla de ruedas solicita entrar al interior del bus, el conductor selecciona la opción SUBIR (ver figura 2.42) que está en forma de botón digital.



Figura 2.42 Botón Subir del HMI

En el momento en que el conductor selecciona el botón subir se envía una señal al circuito electrónico de control el cual ejecuta el PIC, este lo procesa y ejecuta el procedimiento programado para la función “sube”, todas las señales que el circuito de control envía son recibidas por el circuito de potencia. El primer paso es expandir la plataforma totalmente, una vez que la plataforma se encuentra totalmente desplegada se activa un final de carrera que envía

una señal al circuito de control para indicar que continúe con el siguiente proceso, este estado se representa en la figura 2.43. Posteriormente la plataforma desciende hasta su posición más baja como ilustra la figura 2.44, en esta posición se activa el cilindro neumático que libera la rampa de seguridad para que la persona pueda subir, en este momento el sistema de control está esperando que la persona ingrese a la plataforma. El sistema de visión artificial identifica que la persona haya ingresado, mediante un algoritmo que busca una mano derecha con la palma hacia arriba, si la mano es detectada por la cámara Labview envía una señal al PIC indicando que la persona está lista para subir. Con este procedimiento aseguramos que la persona se encuentra en la plataforma y además que su mano se encuentra en una posición libre de peligro.

Al asegurar que la persona está en la posición de subida, el sistema de control cierra la pequeña rampa de seguridad y procede a subir la plataforma y al mismo tiempo se despliega una extensión mediante una bisagra con resortes como se muestra en la figura 2.45. Al llegar a su posición más alta, se activa un final de carrera indicando al circuito de control que detenga la plataforma.

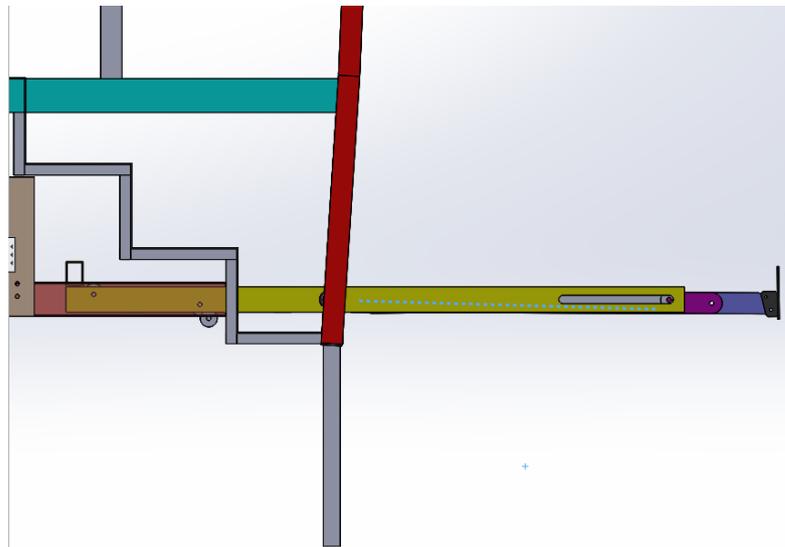


Figura 2.43 Posición totalmente desplegada

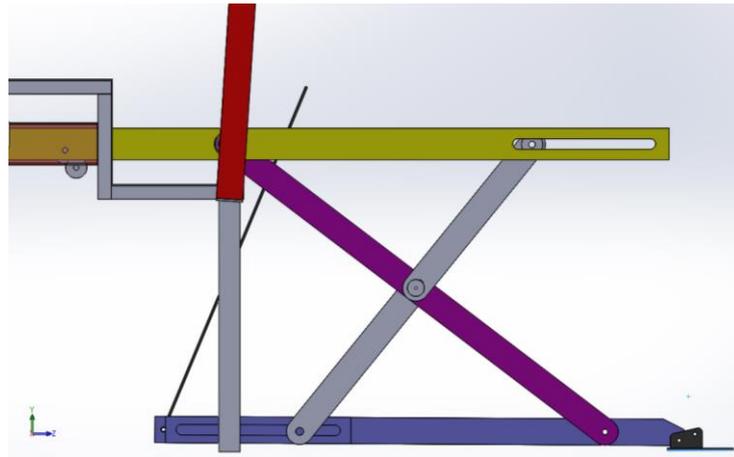


Figura 2.44 Posición nivel de la calzada

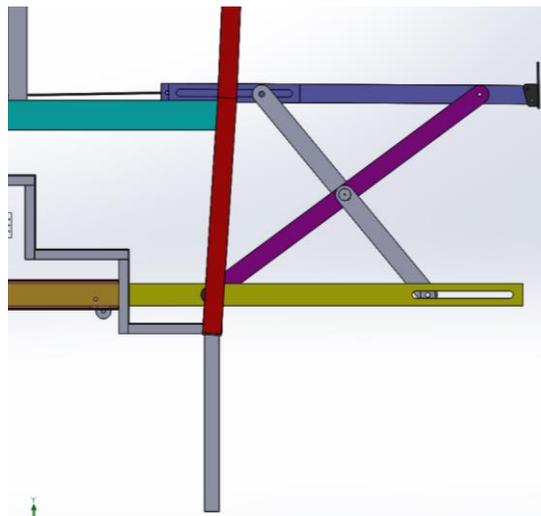


Figura 2.45 Posición más alta.

En este punto del procedimiento, el sistema de control espera que la persona se baje de la plataforma e ingrese al interior del bus, para esto nuevamente es el sistema de visión artificial es la encargado de identificar la ausencia de la persona en la plataforma mediante un algoritmo que busca coincidencias con una letra "M" dibujada en la plataforma. Si la cámara detecta la letra "M", significa que la persona ya no se encuentra en la plataforma y ordena al circuito de control que active la solenoide para descender la

plataforma hasta su posición media para posteriormente guardarla. Una vez que la plataforma está guardada el circuito de control informa al programa de control que el proceso ha concluido y el programa de control informa al usuario por medio del HMI.

Bajar

El usuario solicita salir del automotor, entonces el conductor selecciona la opción BAJAR (ver figura 2.46) que está en forma de botón digital.



Figura 2.46 Botón bajar del HMI

Al igual que en la subida el circuito de control despliega la plataforma, cuando la plataforma llega al sensor final de carrera, este le indica que está en la posición máxima (totalmente desplegada), el circuito de control reconoce esta señal y da paso al siguiente proceso donde activa la bomba y la solenoide de la electroválvula para descender la plataforma y posteriormente ascenderla a nivel del piso del bus. (Ver figura 2.44). Este procedimiento se realiza de manera que el arreglo mecánico de la plataforma de extensión, únicamente se despliegue mientras la plataforma baja.

En este punto, el sistema de visión artificial detecta que la persona ha ingresado a la plataforma y ordena que la plataforma descienda hasta que se active el sensor de nivel de la calzada en donde se activa la rampa de seguridad y permite que la persona baje de la plataforma (ver figura 2.45), nuevamente la cámara detecta la ausencia de la persona y sube la plataforma para posteriormente guardarla. Finalmente el motor repliega de la plataforma e indica al programa de control que el proceso está concluido.

2.7.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA (SENSORES Y ACTUADORES)

Tomando en cuenta que el sistema cumple dos trayectorias, una lineal y otra circular, para que la plataforma pueda salir y entrar en la contrahuella de la primera grada, es necesario implementar un motor y una cadena que transmita movimiento lineal a la plataforma para cumplir la trayectoria lineal antes simulada, al motor se controla mediante un puente H.

En la plataforma está incorporada una pequeña rampa de seguridad que evita que el usuario resbale fuera de la plataforma, en caso de que suceda, la rampa es accionada por un actuador neumático de efecto simple y retorno por muelle.

La tabla 2.5 muestra el detalle de los actuadores y sensores para este proyecto, además por facilidad se ha codificado las entradas y salidas con etiquetas.

Tabla 2.5 Sensores y Actuadores con sus respectivas etiquetas

| ACTUADORES | | | | | |
|------------|---------------------|----------|---|----------|----------------|
| No. | Detalle | Cantidad | Imagen | Etiqueta | Puerto del PIC |
| 1 | Motor DC | 1 |  | M+ | RB0 |
| | | | | M- | RB1 |
| 2 | Cilindro Hidráulico | 1 |  | Rd | RB2 |
| | | | | RE | RB3 |
| 3 | Cilindro Neumático | 1 |  | Rf | RB4 |
| 4 | Bomba | 1 |  | Rg | RB5 |

| SENSORES | | | | | |
|----------|------------------|----------|---|----------|----------------|
| No. | Detalle | Cantidad | Imagen | Etiqueta | Puerto del PIC |
| 1 | Final de carrera | 2 |  | Sm | RA0 |
| 2 | | | | | RA1 |
| 3 | | 3 |  | Sd | RA2 |
| 4 | | | | | RA3 |
| 5 | | | | | RA4 |
| 6 | Botón Reset | 1 |  | Sf | RA5 |

2.8 COMUNICACIÓN

La comunicación entre el circuito de control y el programa de control se la realiza a través de Windows como se muestra en la figura 2.47, para intercomunicar estos dispositivos se usan también la herramienta USB descriptor o HID y DLL como se muestra en el diagrama.

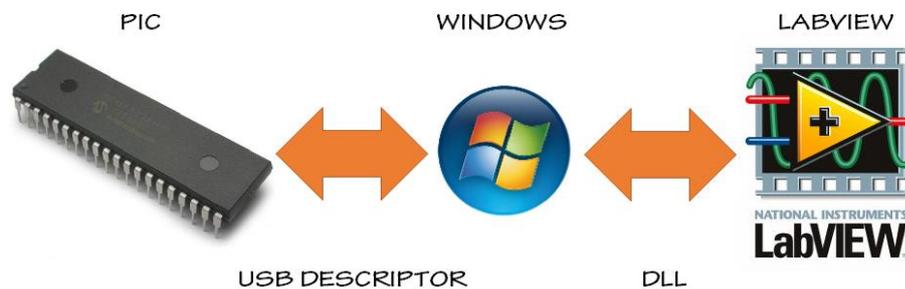


Figura 2.47 Esquema general de comunicación entre dispositivos y sus herramientas

El USB DESCRIPTOR no es más que un acuerdo al que llegó Microsoft con el comité USB para simplificar la instalación de dispositivos y contiene información vital del dispositivo como los números de identificación del equipo, el ancho de la trama al enviar y al recibir. Estos parámetros están configurados dentro del micro controlador y se pueden comprobar en Windows

Todo dispositivo USB está regulado por los creadores de este protocolo y cuentan con dos números de identificación PID y VID los cuales representan a las siglas en inglés Product Identification y Vendor Identification. Estos números son usados en la comunicación para identificar que el dispositivo está conectado, su importancia radica en que el programa no intentará comunicarse si el dispositivo no está conectado, lo cual evita errores y bucles infinitos. La configuración del HID o USB DESCRIPTOR se puede observar en la figura 2.48.

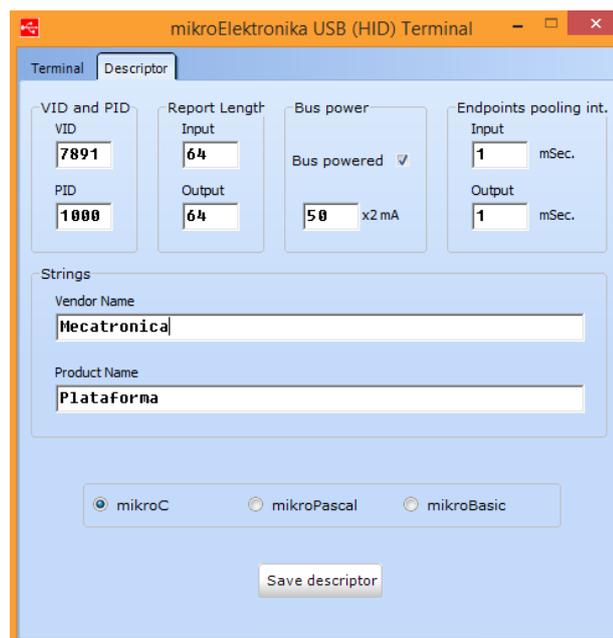


Figura 2.48 Configuración HID

Los códigos PID y VID son 1000 y 7891, estos códigos fueron asignados en forma aleatoria por los autores de esta investigación, se puede comprobar su correcto funcionamiento por que al momento de conectar el dispositivo, Windows lo reconoce tal como si fuera otro dispositivo USB. En la imagen 2.49

se puede apreciar el dispositivo reconocido por la PC así como también sus propiedades.

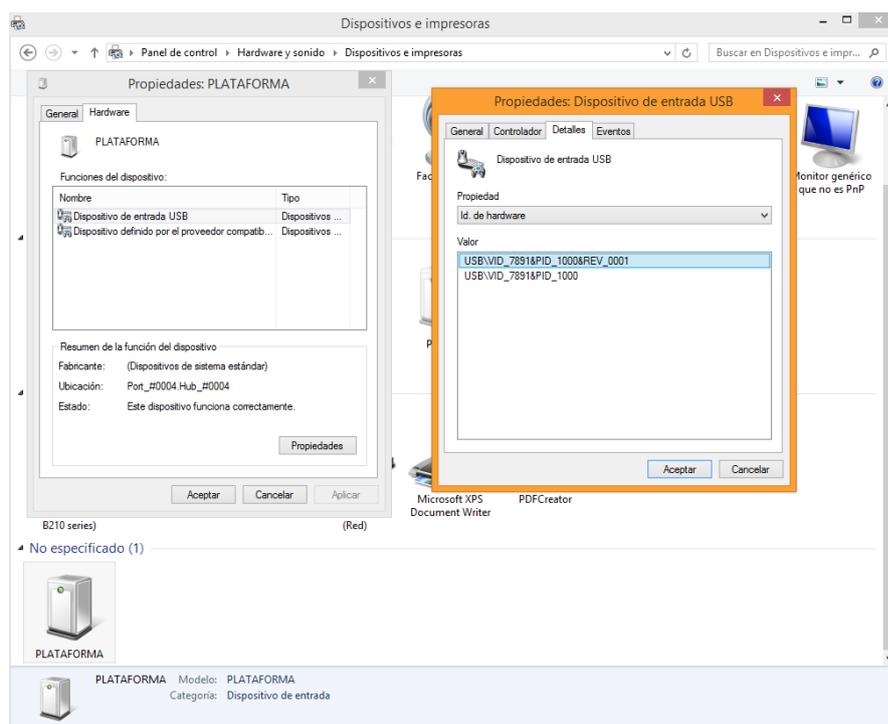
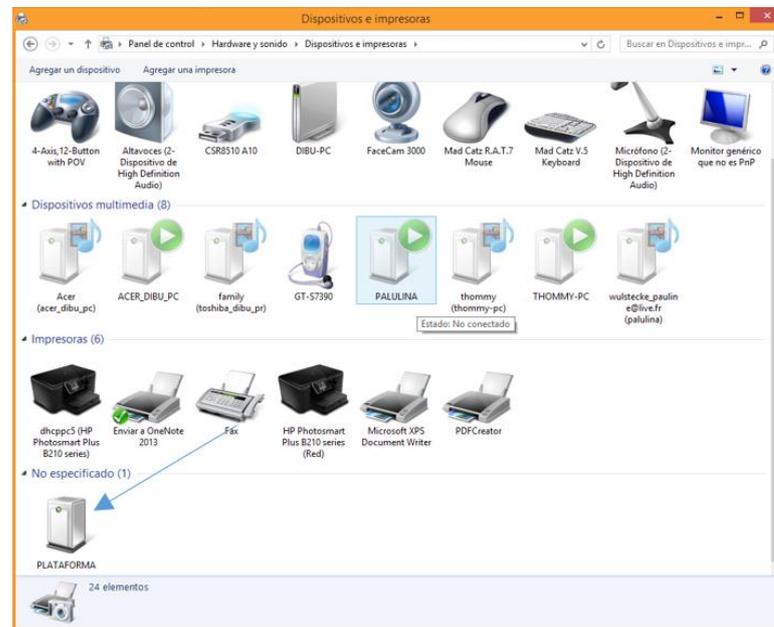


Figura 2.49 Configuración del micro controlador obtenida por la PC

A partir de ahora se puede asegurar que el dispositivo funciona en forma plug and play y las configuraciones están de manera apropiada. Estos datos son necesarios para que el programa de control pueda identificar que nuestro dispositivo se encuentra conectado. Los registros de memoria se encuentran en la dirección `System\currentcontrolset\services\hidusb\enum`. El programa de control cuenta con instrumentos virtuales para acceder a estos registros como se muestra en la figura 2.50.

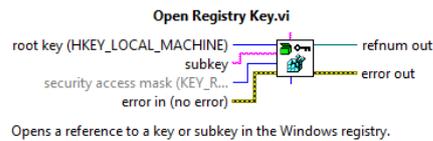


Figura 2.50 Herramienta para abrir registros de Windows

Fuente: (Instruments, 2015)

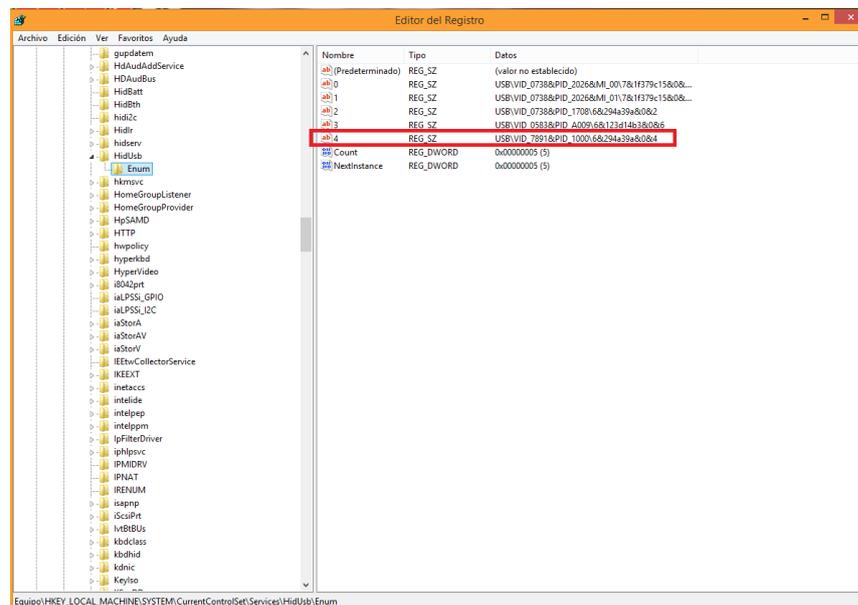


Figura 2.51 Dirección de Windows donde se guardan registros de los dispositivos USB

En la figura 2.51 se puede identificar todos los dispositivos que actualmente se encuentran en la PC.

Finalmente el DLL de su siglas en inglés Dynamic Link Library, es una librería que permite a Labview interactuar con Windows, esta librería fue desarrollada por la empresa Microchip para facilitar la comunicación entre dispositivos USB a micro controladores la cual posee varias funciones, las cuales no especifican su contenido, sin embargo si detalla las entradas y salidas que otorgan estas funciones y que pueden ser cargadas en el programa de control gracias a la herramienta Call Library Function Node de la imagen 2.52.

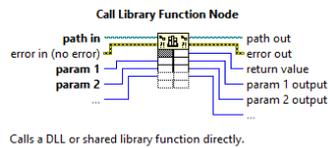


Figura 2.52 Call Library Function Node

Para poder realizar la comunicación, es necesario conocer el código que la PC le asigna al microcontrolador, a este código se lo denomina “Handle” y cada vez que se conecta y desconecta el dispositivo es importante usar las funciones del DLL que se representan en la figura 2.53.

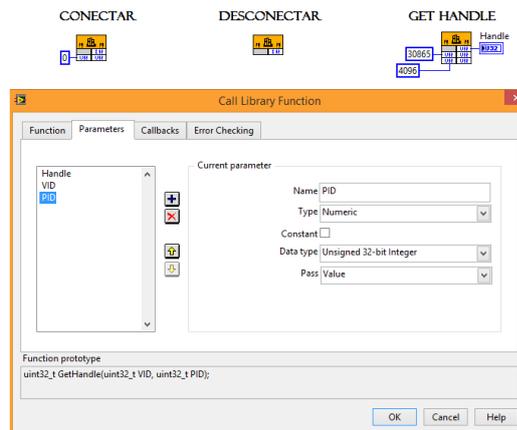


Figura 2.53 Funciones Conectar Desconectar y GetHandle del DLL

En la función conectar se asigna un código *“handle”* a todos los dispositivos, posteriormente en la función *“gethandle”* se encarga de comparar entre todos los *“handles”*, el asignado a nuestro dispositivo, para esto hay que ingresar las variables correspondientes al PID y VID de nuestro dispositivo en decimal, la figura 2.54 muestra la transformación de los códigos PID y VID a hexadecimal. Al momento que compara los PID y VID de los dispositivos, graba en la variable *“handle”* el código de nuestro dispositivo.

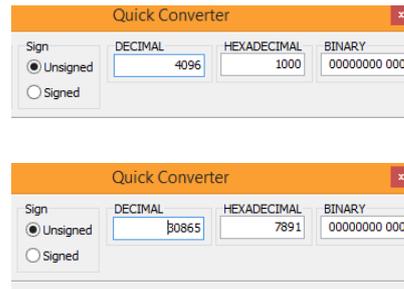


Figura 2.54 Conversión de Hexadecimal a decimal de los números PID y VID

La Función desconectar elimina todos los registros de los *“handles”* generados.

Finalmente se crearon dos SubVI's para las funciones Read y Write, las cuales permitirán enviar datos al circuito de control. La función Read está configurada como se muestra en la figura 2.55:

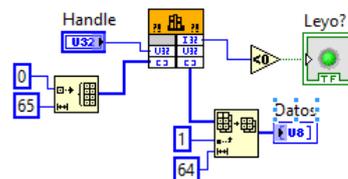


Figura 2.55 Función Read del DLL

En la herramienta Call Library Function Node todo lo que está a la izquierda, son entradas y lo que está a la derecha son salidas. El creador de

la librería decidió que los datos sean transmitidos byte a byte por medio de un array. En la parte izquierda se inicializa un array de 65 posiciones con el número 0, recordemos que el PIC está configurado para recibir y enviar 64 bytes, por motivos indeterminados, el primer byte siempre es basura por lo que se toma la información desde el dato 1 al 64 y lo guardamos en la variable Datos. Otro punto importante es cargar el código de nuestro dispositivo en la variable “*Handle*”.

La Funcion Write envía un dato desde el programa de control al circuito de control, su configuración se muestra en la figura 2.56.

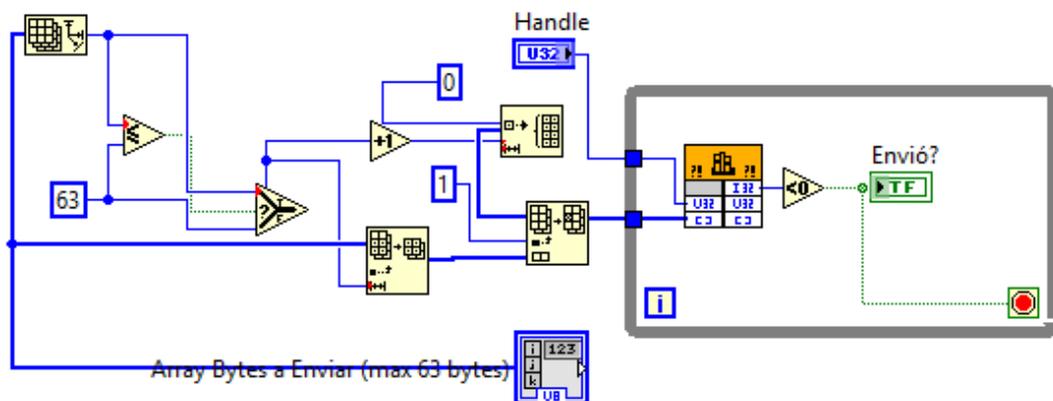


Figura 2.56 Configuración de la Función Write

Al igual que en la lectura, en la escritura solo se necesitan dos variables de entrada el “*handle*” y el dato, con esta información el programa de control envía el dato al circuito de control y también confirma si la información fue entregada exitosamente. Antes de enviar el dato, tenemos que asegurarnos que éste dato tenga 64 bytes ya que el micro controlador en el circuito de control espera el dato con esas características, lo que se realiza es leer el dato, ver su longitud, comparar con 63 si es menor se llena de ceros lo que falte, nuevamente obviamos el primer byte y enviamos los datos desde el byte uno al 64.

2.9 CIRCUITO ELECTRÓNICO

El circuito de control está constituido por un micro controlador que se encargará de dirigir los procesos y rutinas que están cargados en su programa. El microcontrolador es el PIC 18F4550, la selección se justifica por sus grandes prestaciones además de la afinidad y experiencia de los autores al trabajar con este micro controlador. Los PIC'S de Microchip son los más utilizados por las grandes empresas y por esta razón son los más comerciales.

Estos PIC's poseen una variedad de familias que permite una adaptabilidad para cada aplicación. Poseen unidades embebidas como temporizadores, USART (Universal Synchronous Reception Transmission), I2C, SPI, unidades de comparación, PWM, Convertidor A/D, USB, Ethernet, entre otros. Una de las mayores ventajas son sus precios competitivos, además de su excelente soporte como hoja de datos, libros, notas de aplicación, información en el internet entre otros.

La familia 18, son un conjunto de microprocesadores de 8 bits y brindan prestaciones medias/altas. Sus características son:

- Desde 18 a 80 pines.
- Hasta 64K bytes de programación y hasta 2M bytes en ROMless.
- Arquitectura RISC avanzada.
- Múltiples fuentes de interrupción.
- 40MHz hasta 10MIPS de frecuencia máxima de reloj.
- 77 instrucciones.
- Periféricos de comunicación avanzados CAN y USB.

| Features | PIC18F2455 | PIC18F2550 | PIC18F4455 | PIC18F4550 |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| Operating Frequency | DC – 48 MHz |
| Program Memory (Bytes) | 24576 | 32768 | 24576 | 32768 |
| Program Memory (Instructions) | 12288 | 16384 | 12288 | 16384 |
| Data Memory (Bytes) | 2048 | 2048 | 2048 | 2048 |
| Data EEPROM Memory (Bytes) | 256 | 256 | 256 | 256 |
| Interrupt Sources | 19 | 19 | 20 | 20 |
| I/O Ports | Ports A, B, C, (E) | Ports A, B, C, (E) | Ports A, B, C, D, E | Ports A, B, C, D, E |
| Timers | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Capture/Compare/PWM Modules | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Enhanced Capture/Compare/PWM Modules | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Serial Communications | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART |
| Universal Serial Bus (USB) Module | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Streaming Parallel Port (SPP) | No | No | Yes | Yes |
| 10-Bit Analog-to-Digital Module | 10 Input Channels | 10 Input Channels | 13 Input Channels | 13 Input Channels |
| Comparators | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Resets (and Delays) | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT |
| Programmable Low-Voltage Detect | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Programmable Brown-out Reset | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Instruction Set | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled |
| Packages | 28-pin PDIP 28-pin SOIC | 28-pin PDIP 28-pin SOIC | 40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP | 40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP |

Figura 2.57 Características de la Familia 18

Fuente: (Microchip Technology Inc., 2003)

40-Pin PDIP

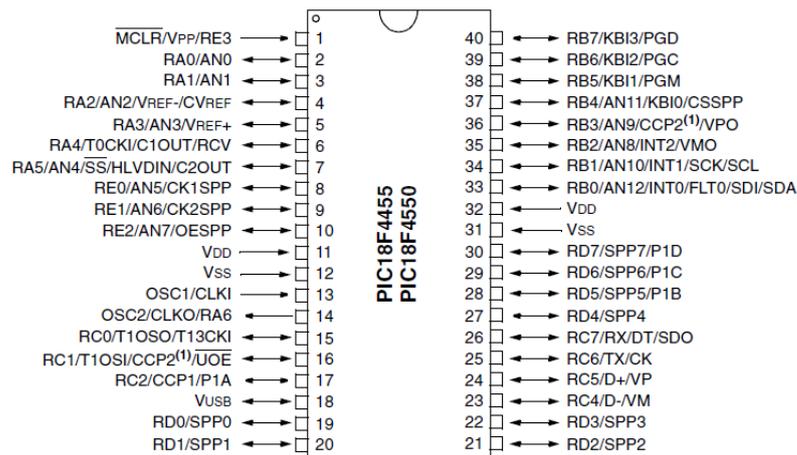


Figura 2.58 Plantillaje

Fuente: (Microchip Technology Inc., 2003)

En las figuras 2.59, 2.60, 2.61 y 2.62 se observa la configuración del PIC para esta aplicación.

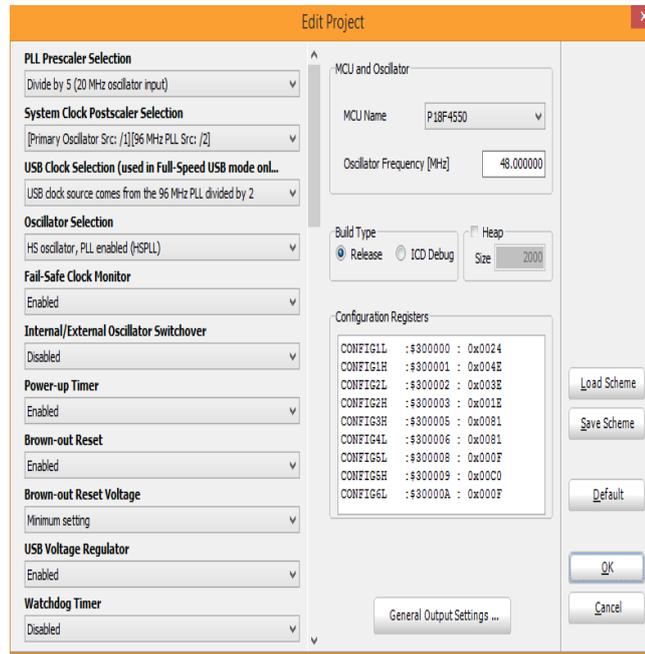


Figura 2.59 Configuración del PIC

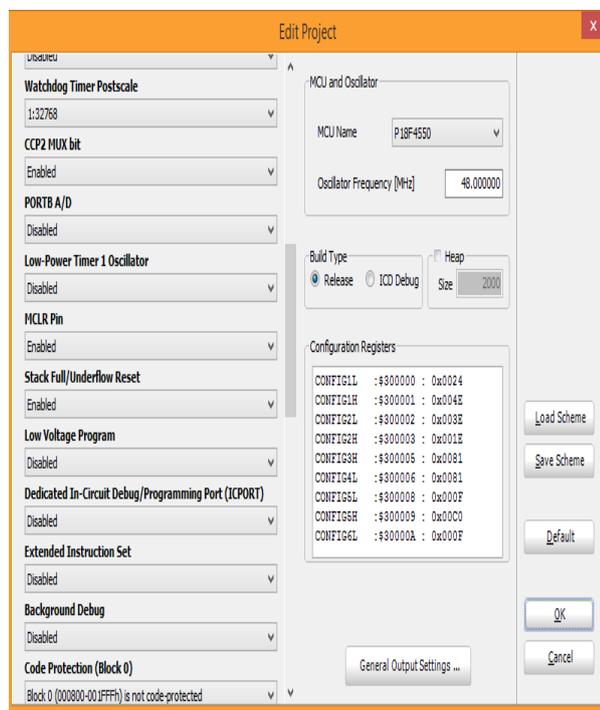


Figura 2.60 Configuración del PIC

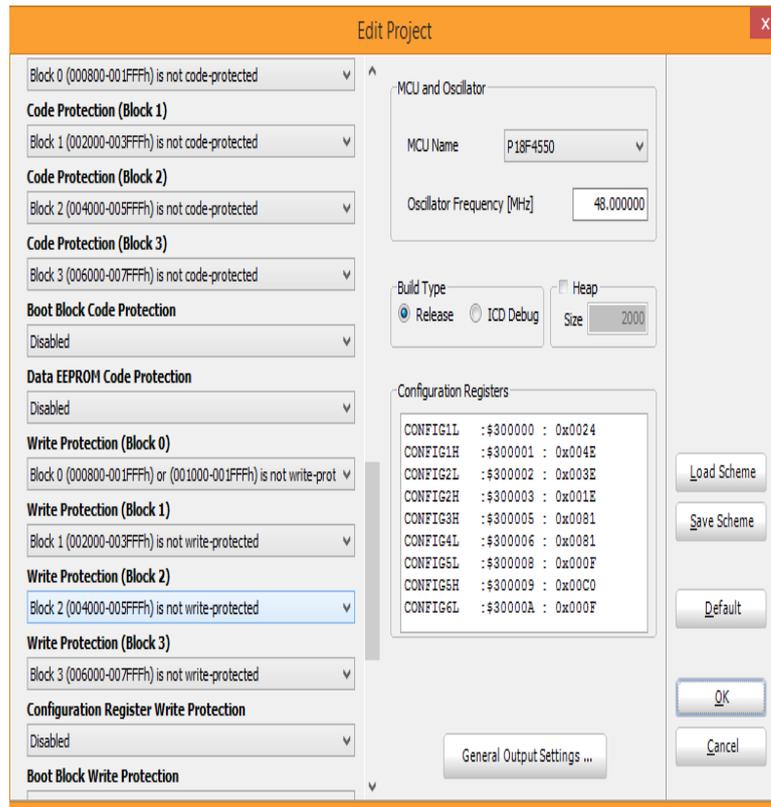


Figura 2.61 Configuración del PIC

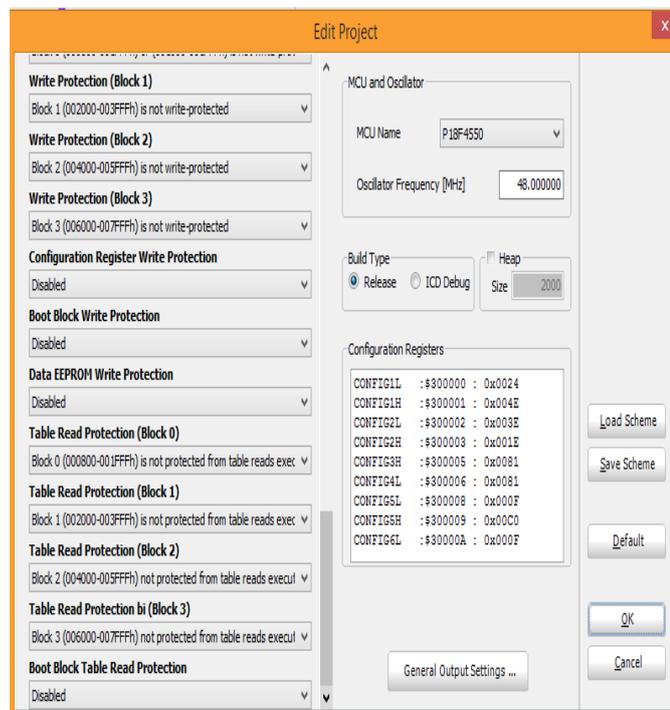


Figura 2.62 Configuración del PIC

Es muy importante determinar la frecuencia de funcionamiento del PIC, por dato del fabricante la frecuencia de trabajo es 48MHz. Para obtener esta frecuencia partiremos de un cristal de 20MHz, frecuencia que será dividida según se muestra en la línea roja del diagrama de reloj en la figura 2.64.

En la hoja de datos del PIC 18F4550 (ver figura 2.63), se puede observar una serie de configuraciones para el oscilador, ente ellas se encuentra el explicado.

TABLE 2-3: OSCILLATOR CONFIGURATION OPTIONS FOR USB OPERATION (CONTINUED)

| Input Oscillator Frequency | PLL Division (PLLDIV2:PLLDIV0) | Clock Mode (FOSC3:FOSC0) | MCU Clock Division (CPUDIV1:CPUDIV0) | Microcontroller Clock Frequency |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 20 MHz | +5 (100) | HS, EC, ECIO | None (00) | 20 MHz |
| | | | -2 (01) | 10 MHz |
| | | | -3 (10) | 6.67 MHz |
| | | HSPLL, ECPLL, ECPIO | -4 (11) | 5 MHz |
| | | | -2 (00) | 48 MHz |
| | | | -5 (01) | 32 MHz |
| | | | -4 (10) | 24 MHz |
| -6 (11) | 16 MHz | | | |
| 16 MHz | +4 (011) | HS, EC, ECIO | None (00) | 16 MHz |

Figura 2.63 Frecuencias de operación del PIC

Fuente: (Microchip Technology Inc., 2003)

PIC18F2455/2550/4455/4550

FIGURE 2-1: PIC18F2455/2550/4455/4550 CLOCK DIAGRAM

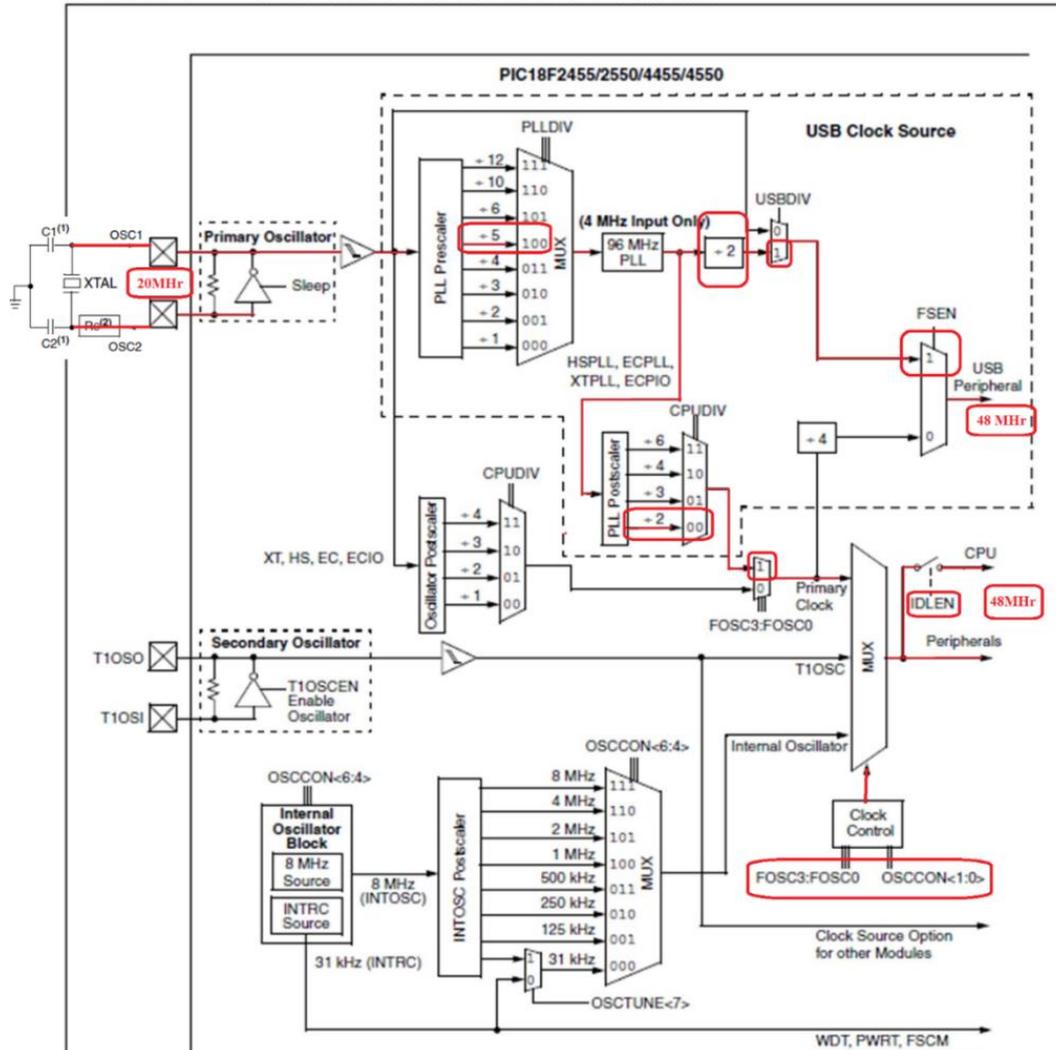


Figura 2.64 Configuración del Pic Según Datasheet

Fuente: (Microchip Technology Inc., 2003)

2.10 PROGRAMACIÓN

Una vez definidas las funciones del PIC y del programa de control, los elementos de entrada, salida y la comunicación, se puede continuar con la programación del PIC. Como se especifica en la comunicación, todos los datos recibidos por el programa de control se almacenan en una variable

‘estado’ la cual puede tener valores de 0 a 255 suficientes para generar nuevas variables a través de esta.

En el encabezado del programa se declaran librerías, puertos y variables, en el segundo bloque se realiza la comunicación y finalmente el cuerpo del programa se encuentra en el final. Para mayor facilidad se ha comentado todas las líneas del programa para que se pueda interpretar de mejor manera, a manera de recuento las rutinas del PIC son dos SUBIR y BAJAR que se utilizan para llamar a cualquiera de las dos, la PC debe emitir una señal indicando que rutina se pretende realiza. En la figura 2.65 se puede apreciar el programa.

```

/* Asignación de espacios de memoria, ver datasheet
   Los buffers pueden ir de 0x500 hasta 0x7FF 0x40=64bytes
   0x540-0x500=0x40 .. La RAM esta usada hasta 0x580 */
unsigned char readbuff[64] absolute 0x500;
unsigned char writebuff[64] absolute 0x540;
//////////Declaración de Variables//////////
unsigned short estado, env, prtcom, posi,cam,sube,sigue,baja,pres,pep;
//////////Funciones de Interrupción//////////
void interrupt(void)
{
    USB_Interrupt_Proc(); //Servicio USB se realiza dentro de la interrupción
}
//////////Funciones de Lectura y escritura de datos USB-HID//////////
/*
Lee si ha recibido datos, 63 bytes max, posiciones del array 0 a 62.
Para el envío de datos:
    siempre se envían 64 bytes, posiciones del array 0 a 63
*/
unsigned short Enviar() // Envía mientras prtcom==2
{
    writebuff[0] = env; //envió el byte env
    return HID_Write(&writebuff,64);
}
void Lectura(void)
{
    if(HID_Read()) // pasa si leyo algun dato
    {
        estado=readbuff[0];
    }
}

```

```

//Funcion Principal////////////////////////////////////
void main(void)
{
    //Configuración USB
    ADCON1 |= 0x0F;           // Configure all ports with analog function as digital
    CMCON |= 7;              // Disable comparators
    HID_Enable(&readbuff,&writebuff);
    // Enable HID communication
    //Puertos E/S
    TRISA = 0b00001111;     // Configuración como Entrada
    TRISB = 0b00000000;     // Configuración como Salida
    PORTB = 0b00000000;

    //encero variables
    prtcom=2;
    env=0;
    estado=0;
    posi=0;
    cam=0;
    sube=0;
    baja=0;
    sigue=0;
    pres=0;
    pep=0;
    PORTB=0b00111111;
    // bucle infinito
    while(1)
    {
        switch(prtcom) //Protocolo de comunicación: cada vez que se logra Enviar un dato, permite leer un dato
        desde labview
        {
            case 1: Lectura(); prtcom=2; break;
            case 2: if(Enviar()!=0){prtcom=1;} break;
        }
        if (estado==30) {cam=1; estado=0;}
        if (estado==10) {sube=1; estado=0;}
        if (estado==40) {sigue=1; estado=0;}
        if (estado==20) {baja=1; estado=0;}
        if (estado==50) {pres=1; estado=0;}
        if(sube==1) //Labview ordena que la plataforma Suba, pic recibe 10
        {
            /*Posición 1: "Se activa el motor M+ hasta que Sm se active" */
            if(posi==0)          {PORTB=0b00011110;env=1;delay_ms (1000);posi=1;}
            /*Posición 2: Cuando el sensor Sm se activa, se accionan Re
            para descender la plataforma.          */
        }
    }
}

```

```

    if((PORTA.RA0==0)&&(posi==1)){PORTB=0b00011111;delay_ms (2000);PORTB=0b00011011;
posi=2;}
    /*Posición 3: Cuando el sensores sd se activen, se desactiva Re
    y se activa Rf que activa la rampa */
    if((PORTA.RA1==0)&&(posi==2)){PORTB=0b00001111; posi=3;}
    // Posición 4: El sistema espera la señal de la camara para poder continuar activando cerrando la ramoa
y subiendo la plataforma.
    if((pres==1)&&(posi==3)||(sigue==1)){ if (pep==0){PORTB=0b00011111;delay_ms
(5000);pep=1;}PORTB=0b00010111; posi=4; sigue=0; pres=0; env=1;}
    /*Posición 5: Al activar Se significa que la plataforma llego a su punto más alto por lo que encerramos
todas las salidas hasta que la cámara determine que la persona ya se bajo.*/
    if((PORTA.RA3==0)&&(posi==4)){PORTB=0b00011111; posi=5;}
    /*Posición 6: Una vez que la persona ingreso al bus la camara envia una señal al pic para que decienda*/
    if((pres==1)&&(posi==5)){delay_ms (5000);PORTB=0b00011011; posi=6; pres=0;}
    // Posición 7: Al llegar a la posicion de la mitad y guarda la plataforma
    if((PORTA.RA2==0)&&(posi==6)){PORTB=0b00011111;delay_ms (2000);PORTB=0b00011101;
delay_ms (1000);posi=7;}
    /*Posición 8: Cuando se activa el sensor Sm se apaga todo*/
    if((PORTA.RA0==0)&&(posi==7)){PORTB=0b00111111; posi=0; env=0;
sube=0;pres=0;cam=0;sigue=0;pep=0;}
    // Línea auxiliar para detener a la plataforma en cuanquier momento
    if((cam==1)&&(posi==4)){PORTB=0b00011111; env=5; cam=0;}
}
if(baja==1) //Labview ordena que la plataforma Suba, pic recibe 20
{
    /*Posision 1: "Se activa el motor M+ hasta que Sm se active" */
    if(posi==0)          {PORTB=0b00011110;env=2;delay_ms (1000);posi=1;}
    /*Posición 2: Cuando el sensor Sm se activa, se accionan Rd
    para ascender la plataforma.          */
    if((PORTA.RA0==0)&&(posi==1)){PORTB=0b00011111;delay_ms (2000);PORTB=0b00011011;
posi=2;}
    if((PORTA.RA1==0)&&(posi==2)){PORTB=0b00010111; posi=3;}
    /*Posición 3: El sensor detecta q la plataforma esta en su punto mas alto y la detiene */
    if((PORTA.RA3==0)&&(posi==3)){PORTB=0b00011111; posi=4;}
    /*Posición 4: La cámara detecta que la persona ya se subió para descender la plataforma*/
    if((pres==1)&&(posi==4)||(sigue==1)){ if (pep==0){delay_ms
(5000);pep=1;}PORTB=0b00011011;posi=5;pres=0;env=2;sigue=0;}
    /*Posición 5: La plataforma a llegado a su punto mas bajo por lo q activa la rampa */
    if((PORTA.RA1==0)&&(posi==5)){PORTB=0b00001111; posi=6;}
    //Posición 6: Espera orden de la camara para subir la plataforma
    if((pres==1)&&(posi==6)){delay_ms (5000);PORTB=0b00010111; posi=7; pres=0;}
    // Posición 7: cuando la plataforma llega a la mitad se detiene y activa el motor que la guarda
    if((PORTA.RA2==0)&&(posi==7)){PORTB=0b00011111;delay_ms (2000);PORTB=0b00011101;
delay_ms (1000);posi=8;}
    /*Posición 8: Cuando se activa el sensor Sm se apaga todo*/

```

```

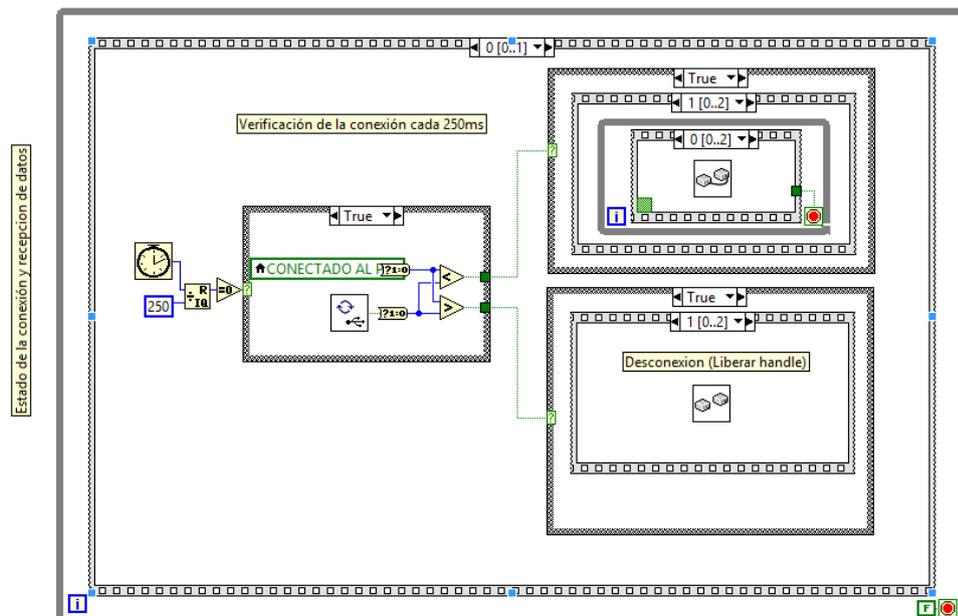
if((PORTA.RA0==0)&&(posi==8)){PORTB=0b00111111; posi=0; env=0; baja=0;
pres=0;cam=0;sigue=0;pep=0;}
// Línea auxiliar para detener a la plataforma en cualquier momento
if((cam==1)&&(posi==5)){PORTB=0b00011111;cam=0;env=6;}
}
}
}

```

Figura 2.65 Programa C del PIC.

En la figura 2.65, se puede identificar las rutinas de subir y bajar, un detalle adicional es la variable *enviar*, la cual es usada por Labview para saber en qué paso de la secuencia se encuentra el proceso y según eso tomar decisiones. El programa de control puede detener el proceso en cualquier instante por medio de un paro de emergencia virtual.

En Labview se pueden identificar 2 estructuras, la primera corresponde al estado de la conexión y comunicación como se muestra en la figura 2.66, en esta parte del programa se reciben continuamente datos del PIC y es en donde la variable *enviar* es usada para activar los indicadores sobre el estado del proceso.



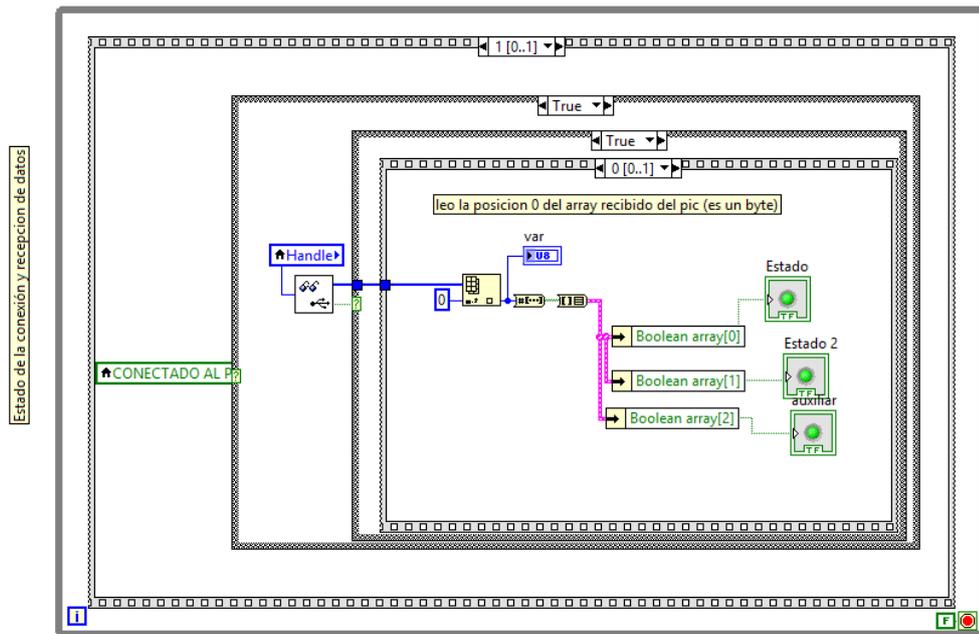


Figura 2.66 Estructura del programa.

La segunda estructura de los instrumentos virtuales, presenta el procesamiento digital de imágenes, la cual a su vez se conforma de tres partes: Adquisición, Filtrado y Procesamiento.

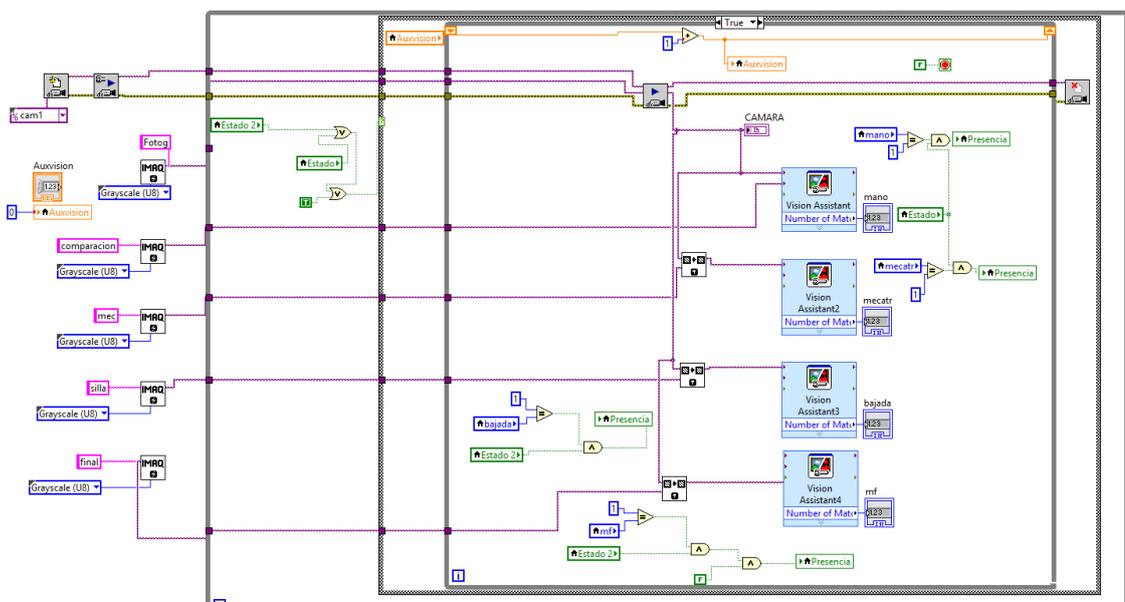


Figura 2.67 Adquisición, Filtrado y Procesamiento de imágenes

Para la adquisición de la imagen utilizamos la herramienta de la librería IMAQ VISION, CREATE IMAQ, la cual crea un espacio de memoria para la imagen que se pretende procesar, en la parte izquierda de la figura 2.67 se abre y configura la cámara a ser utilizada en la aplicación, la misma que puede ser cargada manualmente en caso de encontrarse en otra PC o con otra cámara. La variable Auxiliar es un contador que ayuda a visualizar el tiempo que toma realizar un ciclo. Cabe recalcar que la parte de procesamiento digital de señales consume muchos recursos físicos de la máquina de tal manera que se ha tratado de simplificar el programa.

El Procesamiento Digital de Imagen es realizado mediante El programa Vision Assistant. Como se muestra en la figura 2.67, existen varias operaciones las cuales pueden ser usadas para filtrar y mejorar las imágenes, sin embargo en este trabajo más bien se procede a trabajar con áreas de interés.

Finalmente la tercera parte del VI corresponde a los datos que envía el circuito de control según los eventos como se muestra en la figura 2.68. Existen arreglos para que únicamente se envíen los datos cuando se cumplan condiciones preestablecidas.

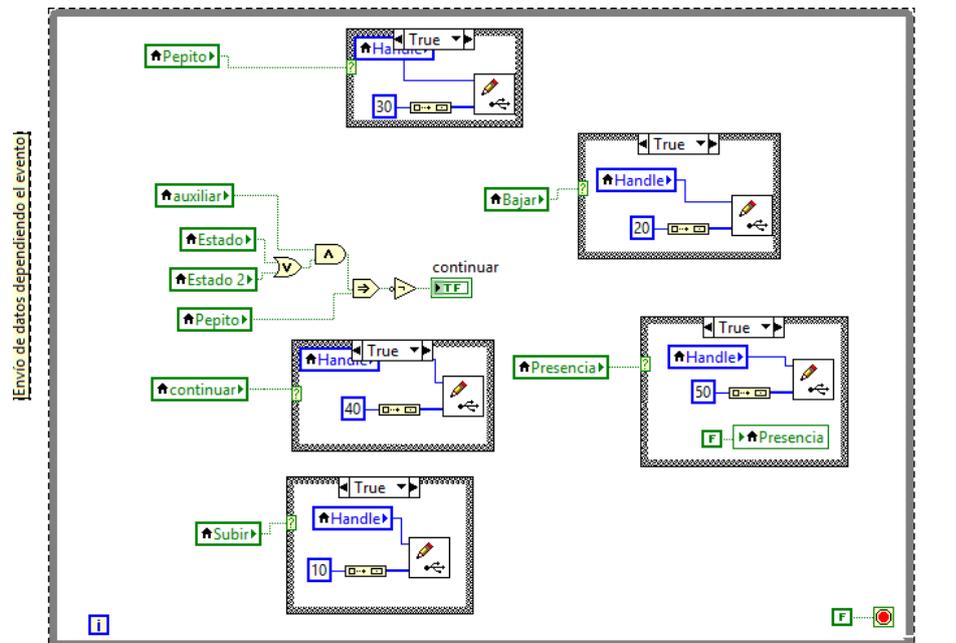


Figura 2.68 Envío de datos según el evento.

El nombre del DLL usado en esta aplicación es “*mpushabi*”, para simplificar el programa las funciones del *mpushabi* se encuentran en SubVi's.

2.11 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El módulo tiene dos modos de uso, un modo automático en el cual la plataforma es autónoma y un modo manual en el cual un operario la manipula para cumplir el ciclo, para esto es necesario implementar el control eléctrico del módulo plataforma.

2.12 CIRCUITO DE POTENCIA

En esta parte de la investigación, serán tomadas en cuenta las características de la alimentación del autobús.

Todo autobús dispone de dos baterías de 12 V cada una de ellas, las cuales están conectadas en serie para poder obtener 24 V. Cada batería es de 150 A/h, por este motivo es necesario acondicionar los elementos de este módulo a 24 VDC.

El motor trabaja con 12V DC, las solenoides de las electroválvulas son a 24V DC y el PIC 18F4550, que es el elemento principal del circuito de control, trabaja a 5VDC al igual que los sensores que trabajan en modo de corte y saturación, es decir funcionan como interruptores.

El circuito de potencia es la parte de control que más consumo de corriente necesita. Esta parte es la que se encarga de excitar los relés para activar un dispositivo a su salida, en este proyecto se controlarán dos electroválvulas, una hidráulica 4/3 y la otra neumática 2/3, así como también a un motor de corriente continua.

2.12.1 PUENTE H

Se dispone de un motor de corriente continua de 6.5A, soporta desde 4.8V - 12V, este motor funciona a 1800 RPM. Este motor es usado para impulsar una moto para niños, ventajosamente cuenta con una caja de reducción.



Figura 2.69 Motor DC, extraído de una moto para niños.

Para la aplicación, una de las condiciones es que el motor pueda cambiar el sentido de giro y de esta manera la plataforma pueda desplegarse y plegarse en la contrahuella de la segunda grada del módulo. Una solución a este problema es fabricar un puente H, la figura 2.70 muestra esta configuración.

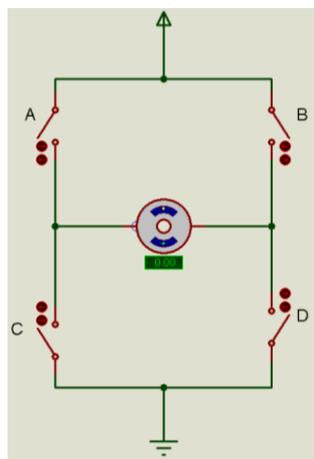


Figura 2.70 Configuración de un puente H

En el puente H, los interruptores A y D así como también los interruptores B y C deben funcionar al mismo tiempo para que se pueda invertir la polaridad. En la figura 2.71 se observa los movimientos posibles que puede producirse en esta configuración del puente H.

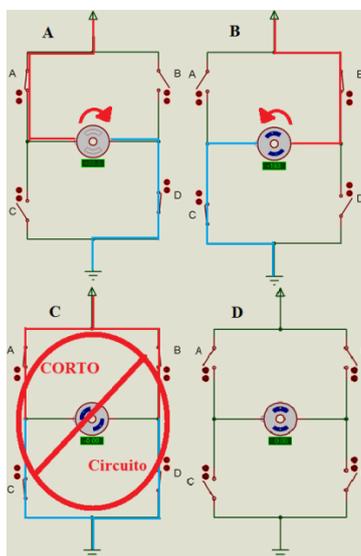


Figura 2.71 Configuraciones posibles

Tabla 2.6 Movimientos posibles requeridos

| No | Movimientos requeridos | Diferencia de Potencial | V terminal A | V terminal B |
|----|-------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 1 | Movimiento Forma Horaria | +12V | 12V | 0V |
| 2 | Movimiento Forma Anti horaria | -12V | 0V | 12V |
| 3 | Sin Movimiento | 0V | 0V | 0V |

La tabla 2.6 presenta tres movimientos posibles, todos los voltajes están medidos con respecto a tierra. Para que exista un cambio de polaridad debe existir un cambio en el sentido de la corriente.

El puente H es un circuito de potencia que utiliza transistores de potencia, estos transistores trabajan en modo de saturación y corte. La señal que comanda el circuito de puente H es una señal binaria de 2 bits.

Las ecuaciones 2.20 y 2.21 indican los interruptores que deberían accionarse según las señales de entrada.

$$S1: A(+), C(-) \Rightarrow S1 = A - C \quad \text{E.c 2.19}$$

$$S2: B(+), D(-) \Rightarrow S2 = B - D \quad \text{E.c 2.20}$$

El circuito electrónico propuesto para el puente H se muestra en la figura 2.72.

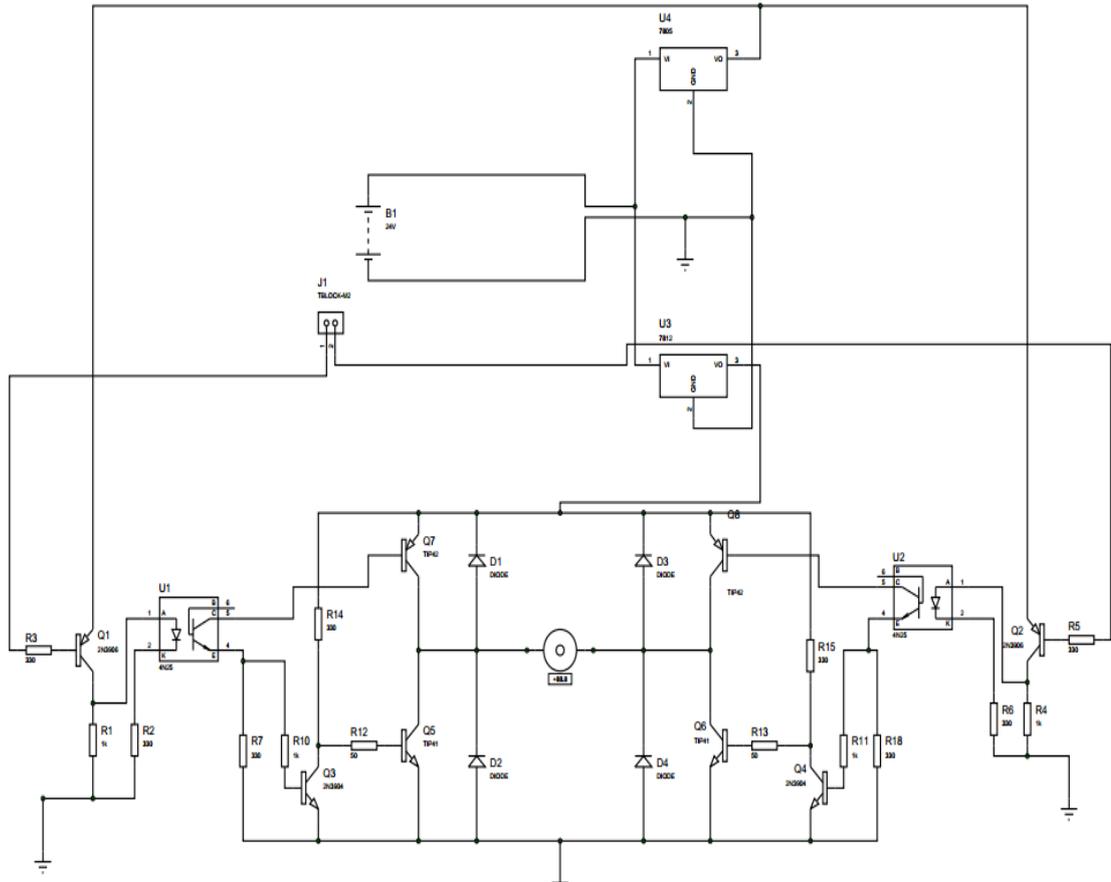


Figura 2.72 Puente H con transistores.

La corriente del motor es de 4 A, por lo que es necesario implementar un relé como se muestra en la figura 2.73. Este circuito funciona con el mismo principio que el de la figura 2.72 sin embargo los relés pueden manejar mayores potencias.

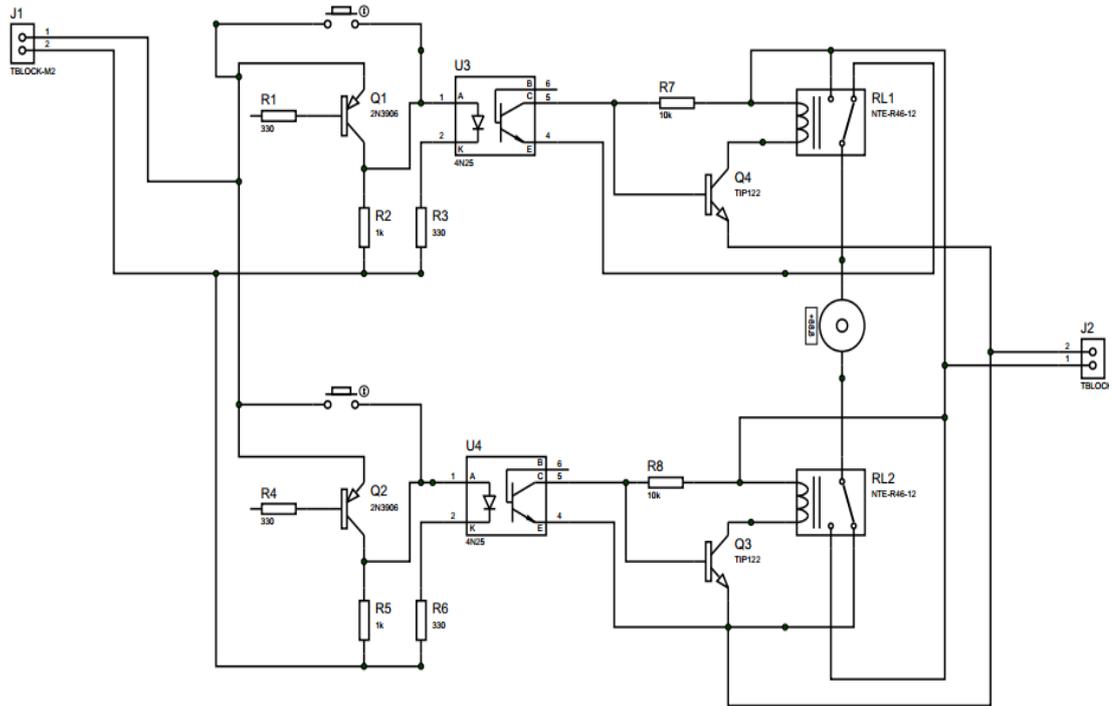


Figura 2.73 Puente H con Relés

2.12.2 ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas poseen relés que permiten controlar al mecanismo mediante una bobina a energizar. La figura 2.75 muestra su funcionamiento.

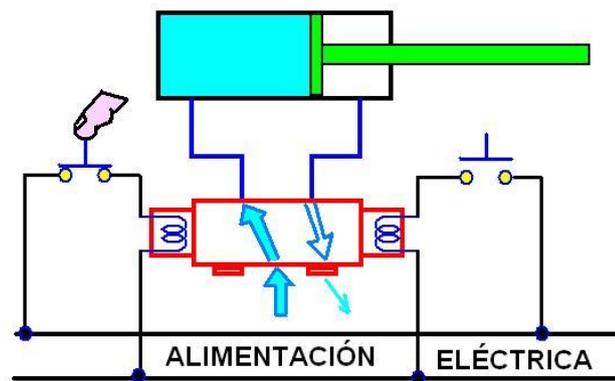


Figura 2.74 Esquema de funcionamiento de una electroválvula

La solenoide se energiza a 24V DC, para que puedan funcionar las electroválvulas. Tomando en consideración la configuración propuesta anteriormente del puente H, se deduce que se trata de una solenoide, lo que activará las electroválvulas, por esta razón se usarán opto acopladores para desacoplar las salida del PIC y el transistor TIP41 que trabaja en corte y saturación para controlar el estado de la solenoide como se muestra en la figura 2.76. Se incluyen un 7805 y un transistor 2N3906. En la figura 2.75 se representa la solenoide de la electroválvula con un relé y una lámpara, también se incluyó un motor (en un círculo rojo).

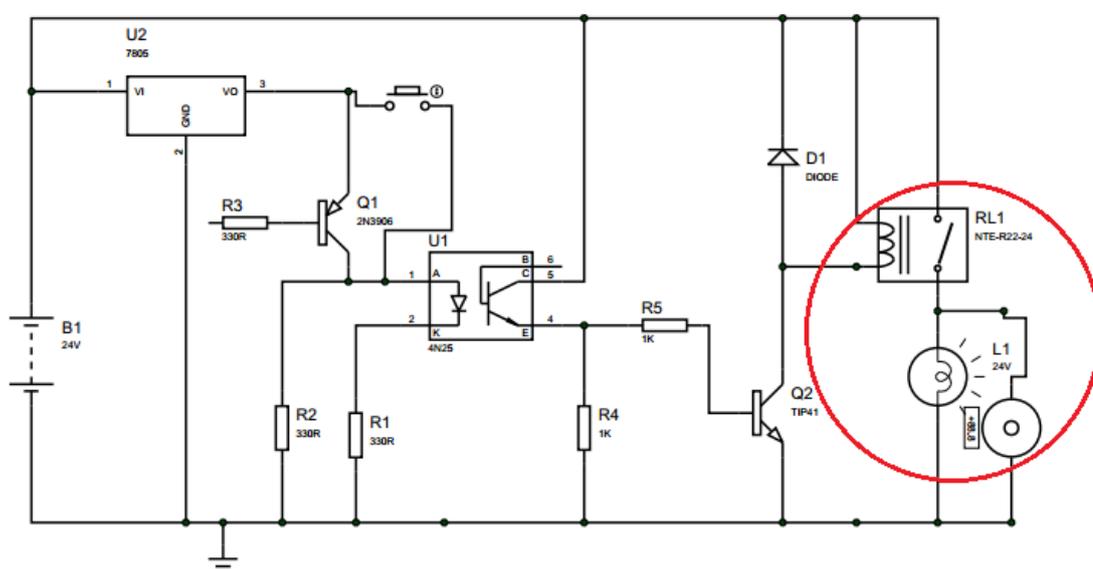


Figura 2.75 Circuito de Potencia para las electroválvulas

Las resistencias del transistor del opto acoplador y de base del TIP41 tienen que ser iguales para que no haya diferencia de voltaje, colocamos una de 1K para que funcione correctamente.

CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN

3.1 MÓDULO DE PRUEBAS

Construido el módulo el cual cumple con los objetivos al ser autónomo, compacto, portátil, la estructura permite que la plataforma pueda guardarse en la contrahuella de la grada.

La figura 3.1 muestra una vista frontal del módulo construido y su diseño.



Figura 3.1 Vista frontal del módulo de pruebas a escala 1:1

Las dimensiones y formas corresponden exactamente a la sección transversal de la última puerta del bus, la maqueta a tamaño real es soportada sobre 6 puntos de apoyo, 2 de ellos fueron añadidos para evitar vibraciones, el módulo cuenta con un tratamiento anticorrosivo que evita deterioro, en la figura 3.2 se puede observar una vista lateral donde se aprecia también el carro que es el encargado de sujetar al sistema elevador, también se

visualizan las gradas y el piso del bus, el piso del bus es de madera marina de 15 mm de espesor.

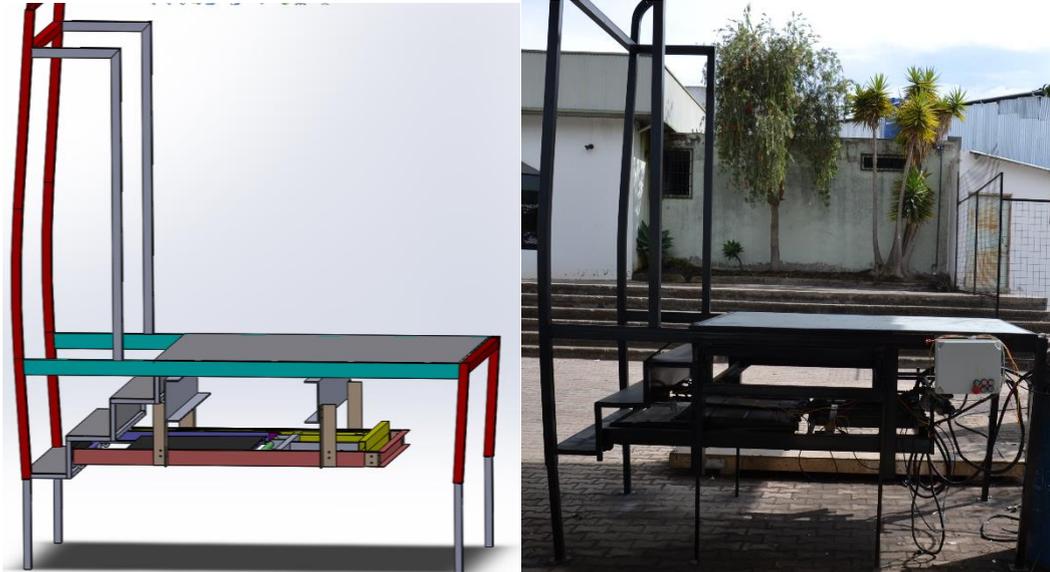


Figura 3.2 Vista lateral del módulo de pruebas a escala.

Todas las piezas que componen el módulo están unidas mediante la técnica de soldadura con electrodo refractario bajo atmósfera gaseosa (MIG), el tratamiento anticorrosivo recubre todas las partes del módulo evitando así la oxidación de algún elemento expuesto. En la figura 3.3 se observa una toma ampliada de una parte del módulo donde se aprecia la pintura anticorrosiva de color negro anteriormente mencionada y los cordones de soldadura.

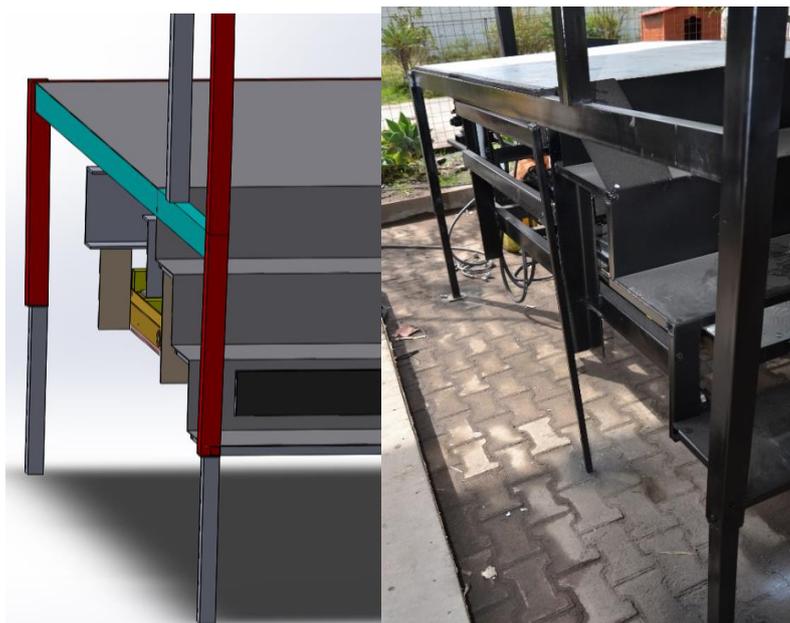


Figura 3.3 Vista ampliada de una sesión del módulo

En la figura 3.4 apreciamos una vista isométrica del módulo diseñado en software y en forma real.

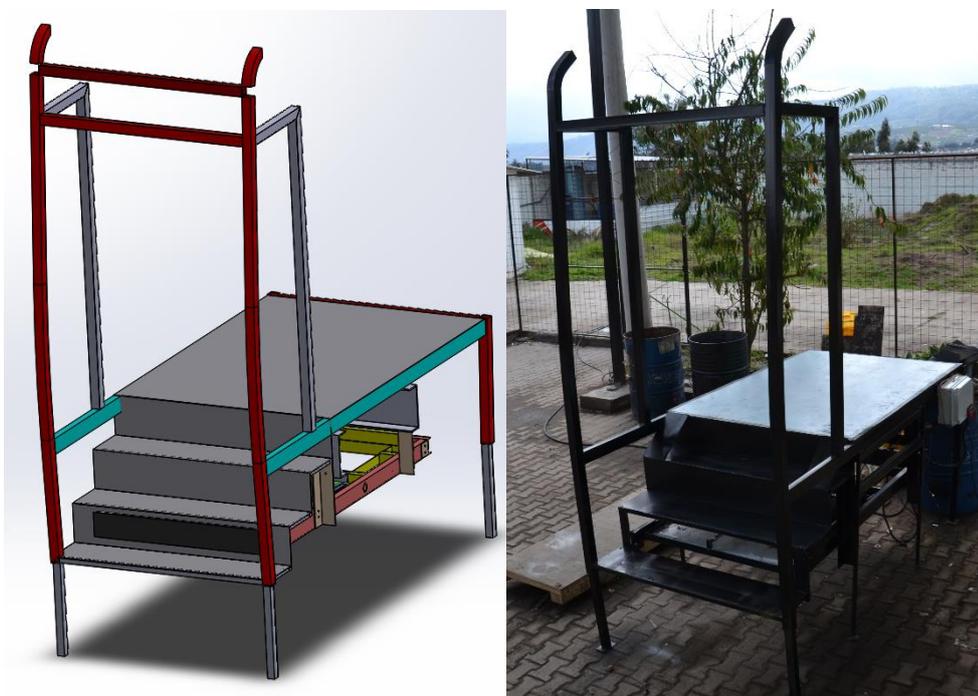


Figura 3.4 Vista isométrica del módulo de pruebas

En la figura 3.5 se muestra la plataforma completamente desplegada, se tiene tres vistas, la isométrica donde se muestra la la superficie de la plataforma además, se muestra el pistón simple efecto neumático que accionará la rampa, en la vista frontal se aprecian la contrahuella de la primera grada como también la estructura intacta de los escalones consecutivos, la extensión de la plataforma completamente desplegada se la divisa en la vista lateral. Los brazos del carro cuentan con pintura negra con franjas amarillas las cuales indican precaución para la prevención de accidentes.

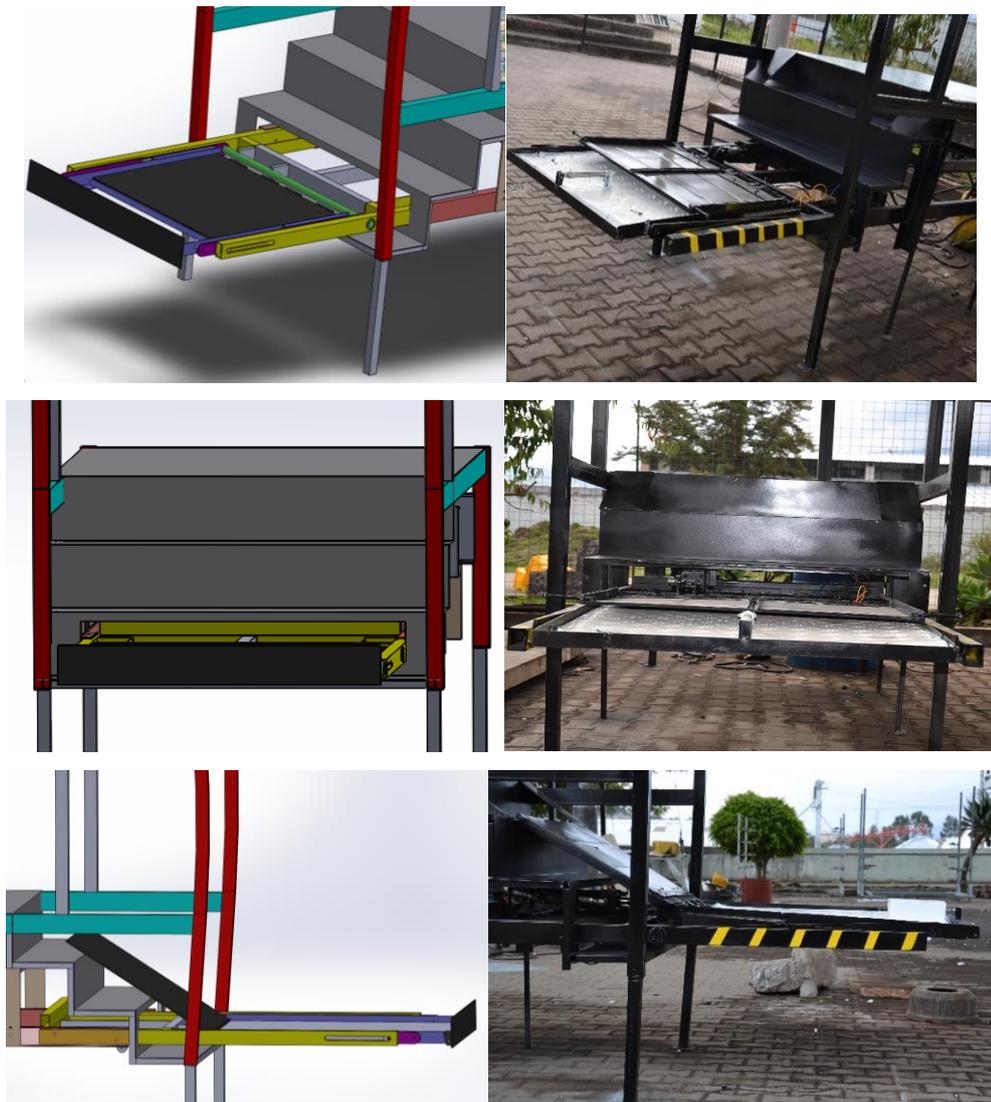


Figura 3.5 Plataforma desplegada del módulo de pruebas, vistas isométrica, frontal y lateral

3.2 MECANISMO DE ELEVACIÓN

La distancia de los brazos elevadores principales determina las alturas máximas y mínimas a las que va a llegar la plataforma, en la figuras 3.6 y 3.7 se comprueba su geometría en su punto más bajo, es la misma medida para el punto más alto. También se puede apreciar que el módulo se ubica equidistante al suelo y al piso del bus, la longitud total entre el suelo y el piso es de 1108 mm.



Figura 3.6 Brazos elevadores principales, nivel piso bus (BEP)



Figura 3.7 Brazos elevadores principales, nivel suelo (BEP)

3.3 SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico cuenta con tres estados: pasivo, descende y asciende. La figura 3.8 muestra el flujo del aceite cuando la electroválvula se encuentra en estado pasivo.

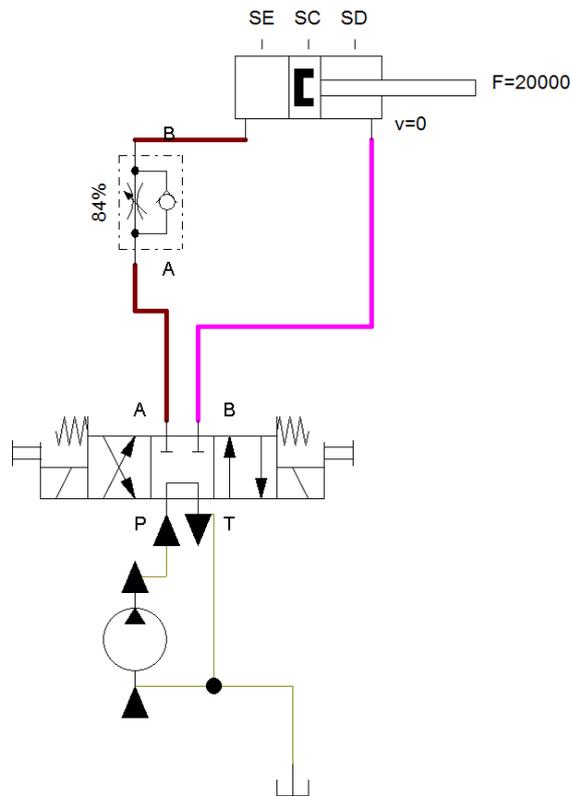


Figura 3.8 Sistema Hidráulico en estado pasivo

En la figura 3.9 se indica el comportamiento del fluido a través de los elementos del circuito hidráulico para cuando la plataforma descende, la línea café indica que el pistón está siendo desplazado. Al momento de descender al pasajero, la plataforma experimenta un incremento de velocidad debido a la fuerza de gravedad por lo que es necesario regular la velocidad en un 20% mediante una válvula reguladora de caudal. El aceite a la derecha del émbolo se desfogó por la manguera en forma directa al tanque reservorio.

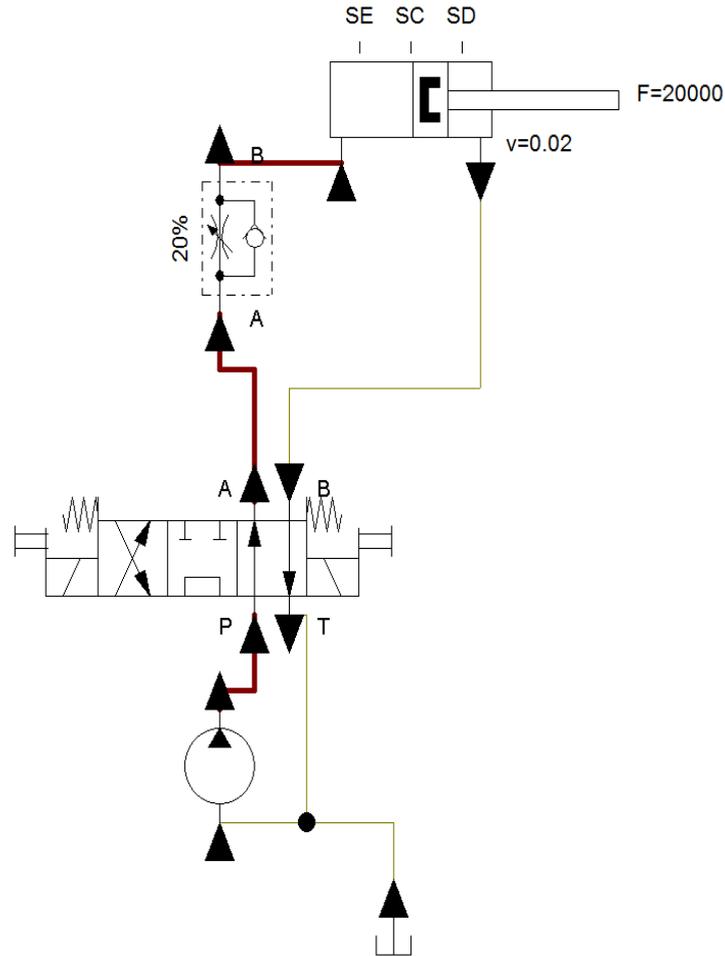


Figura 3.9 Movimiento del pistón y válvula cuando la plataforma desciende

En la figura 3.10 se muestra el fluido a través de los elementos del circuito hidráulico para cuando la plataforma asciende, en este caso no necesita la válvula reguladora puesto que la gravedad se opone al movimiento de la plataforma. El fluido ingresa al cilindro según muestra la línea morado mientras que la línea de color café muestra el fluido en dirección al reservorio.

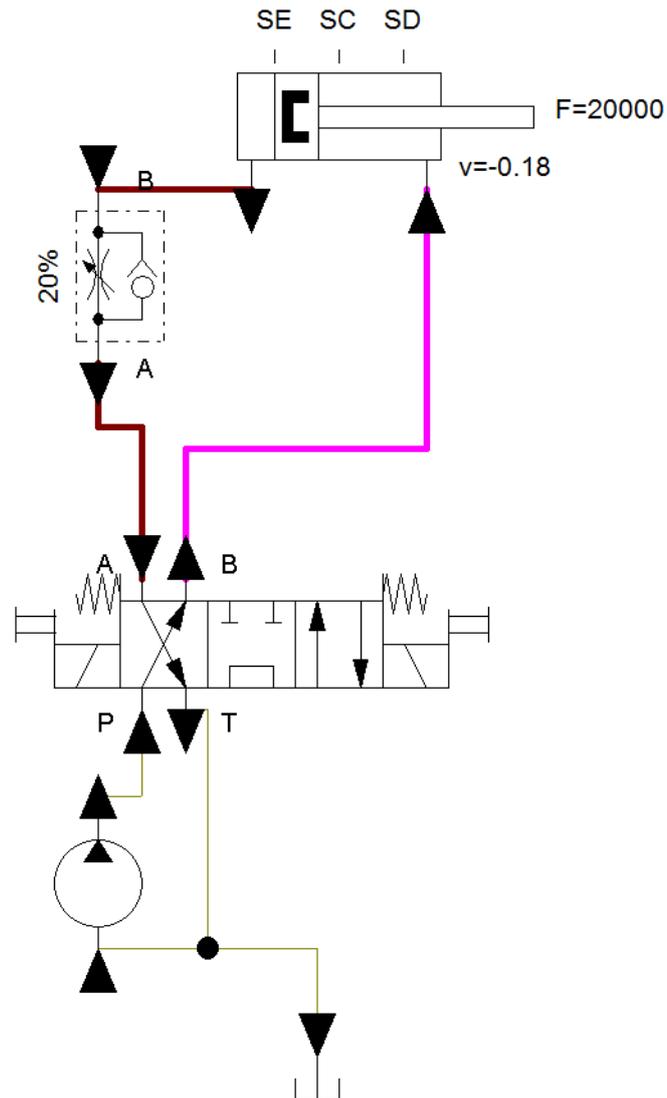


Figura 3.10 Movimiento del pistón y válvula cuando la plataforma asciende

La bomba requiere una potencia de 1HP y una velocidad angular de 1750 rpm. Como se indicó anteriormente, en un bus la potencia y las revoluciones que proporciona el motor son muy superiores por lo que para instalar la bomba es necesario seleccionar adecuadamente la polea según el procedimiento establecido en el capítulo 2. La figura 3.11 muestra el conjunto motor bomba.



Figura 3.11 Conjunto Motor-Bomba

El flujo es laminar como se muestra en la figura 3.12, lo cual comprueba el cálculo desarrollado.



Figura 3.12 flujo laminar del aceite

La figura 3.13 muestra la electroválvula y la válvula estranguladora, implementadas en la plataforma automática.



Figura 3.13 Electroválvula 4/3 y Válvula estranguladora.

3.4 SISTEMA NEUMÁTICO

La figura 3.14 muestra sistema neumático en estado pasivo, la línea de color azul representa el flujo de aire, nótese que mientras la válvula está inactiva el flujo se encuentra interrumpido.

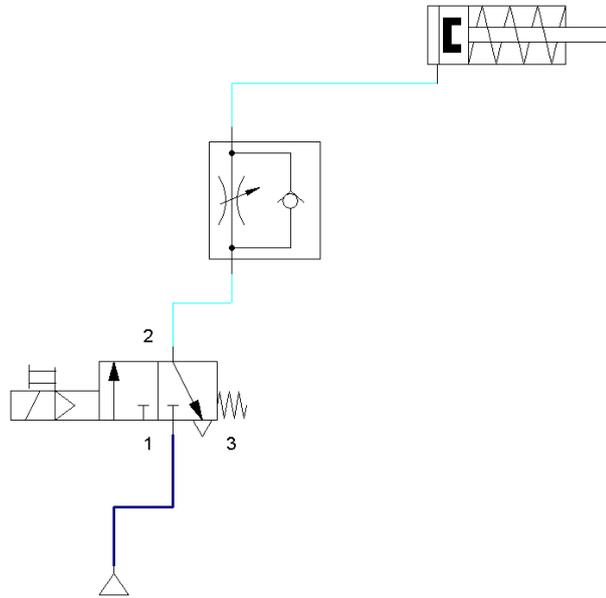


Figura 3.14 Sistema neumático en estado pasivo

La figura 3.15 representa el estado activo del actuador neumático en donde la válvula se acciona permitiendo así que la rampa se desplace permitiendo así el paso para que el usuario pueda subir dentro de la plataforma, así también es otro punto a considerar es la velocidad de desplazamiento de la rampa la misma que es controlada mediante una válvula estranguladora.

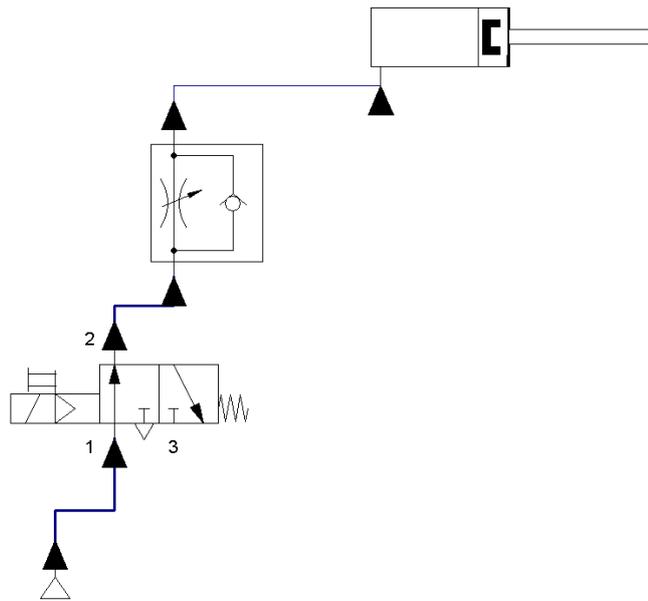


Figura 3.15 Sistema neumático en estado activo

La válvula estranguladora de aire y la electroválvula para el sistema neumático se presentan en la figura 3.16.



Figura 3.16 Electroválvula 3/2 y válvula estranguladora en una vía

3.5 SENSORES Y ACTUADORES

En la tabla 2.5 se especifican los sensores y actuadores del sistema, a continuación se muestran los elementos físicamente instalados en el módulo.

- PISTÓN HIDRÁULICO

Su base está sujeta por medio de pernos al carro, mientras que el eslabón funciona en conjunto a una biela y esta a su vez al eje principal como se muestra en la figura 3.17

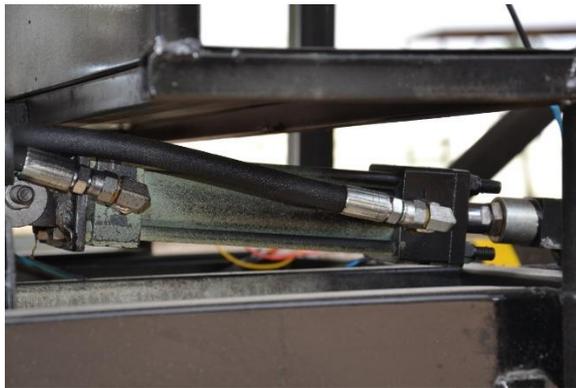


Figura 3.17 Pistón hidráulico

- PISTÓN NEUMÁTICO

Se localiza en la base de la plataforma como se ve en la figura 3.18, para evitar un posible daño futuro cuenta con una caja de protección.



Figura 3.18 Pistón Neumático

- MOTOR DC

Está ubicado en la parte posterior de del módulo sujeto en dos puntos fijos. Transmite el movimiento al carro por medio de cadena y catalinas ver figura 3.19

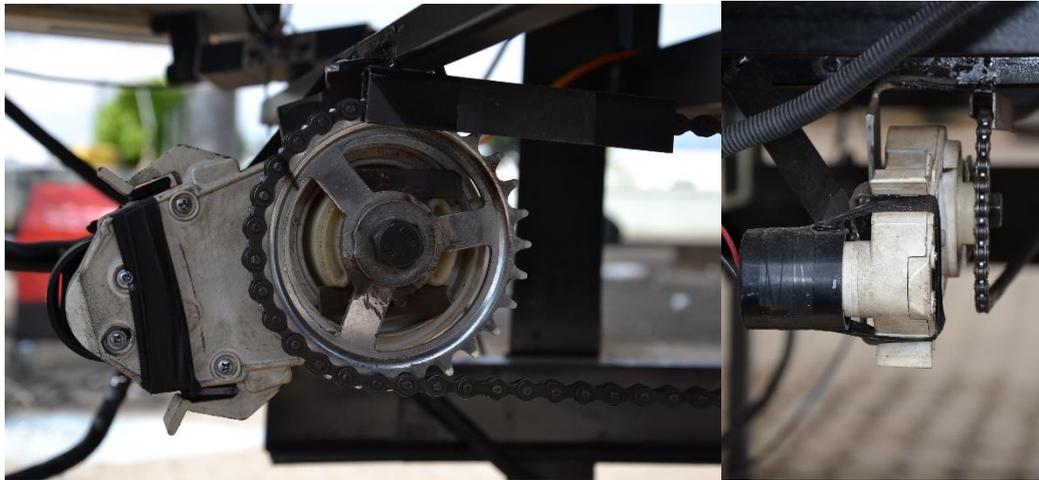


Figura 3.19 Motor DC

- SENSORES

El sistema cuenta con cinco sensores, tres para el cilindro hidráulico y dos para el motor DC. Los sensores del cilindro hidráulico están ubicados en el eje principal los cuales son accionados mediante un sistema de levas según la altura de la plataforma, ver figura 3.20

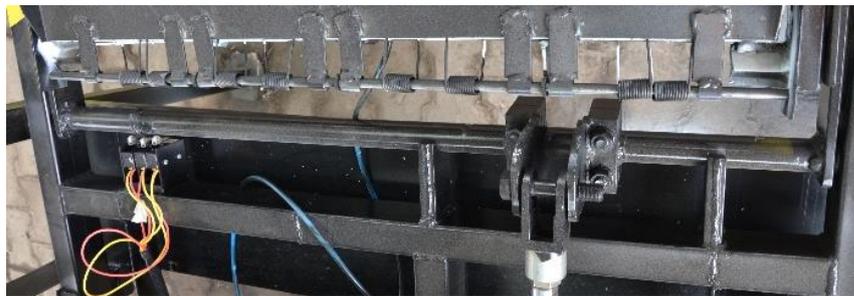


Figura 3.20 Sensores de posición del cilindro hidráulico

Los sensores del motor indican la posición de la plataforma totalmente contraída y totalmente desplegada, estos sensores corresponden a una sola señal de entrada de manera que se encuentran conectadas en paralelo y son identificadas por el programa como se indicó en el capítulo 2 (M+ y M-), ver imagen 3.21.

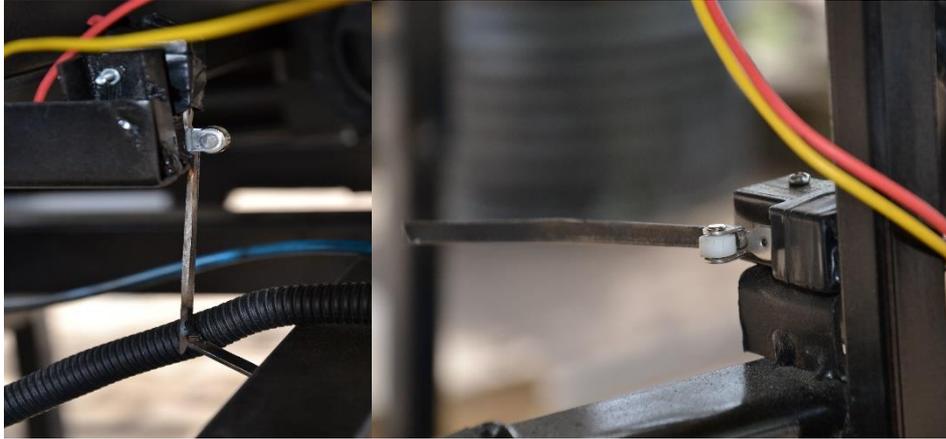


Figura 3.21 Sensores del motor

3.6 SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE POTENCIA

3.6.1 CIRCUITO DE CONTROL

Se requiere de 5 entradas y 6 salidas (ver tabla 3.1) para el circuito de control, un conector para USB tipo B hembra, un cristal de 20MHz, LED's indicadores, tomas para las salidas y borneras para las entradas, resistencias y capacitores para evitar el anti rebote. En la figura 3.22 se muestra el diagrama electrónico de control.

Tabla 3.1 Entradas y Salidas del circuito de control

| No | Entradas | Pic | Salidas | Pic |
|----|---------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 1 | Plataforma altura máxima | RA3 | Subir plataforma | RB3 |
| 2 | Plataforma altura mínima | RA1 | Bajar plataforma | RB2 |
| 3 | Plataforma altura inicial | Ra2 | Abrir rampa | RB4 |
| 4 | Carro distancia máxima | RA0 | Alarma | RB5 |
| 5 | Carro distancia mínima | RA0 | Motor giro horario | RB0 |
| 6 | | | Motor giro anti horario | RB1 |

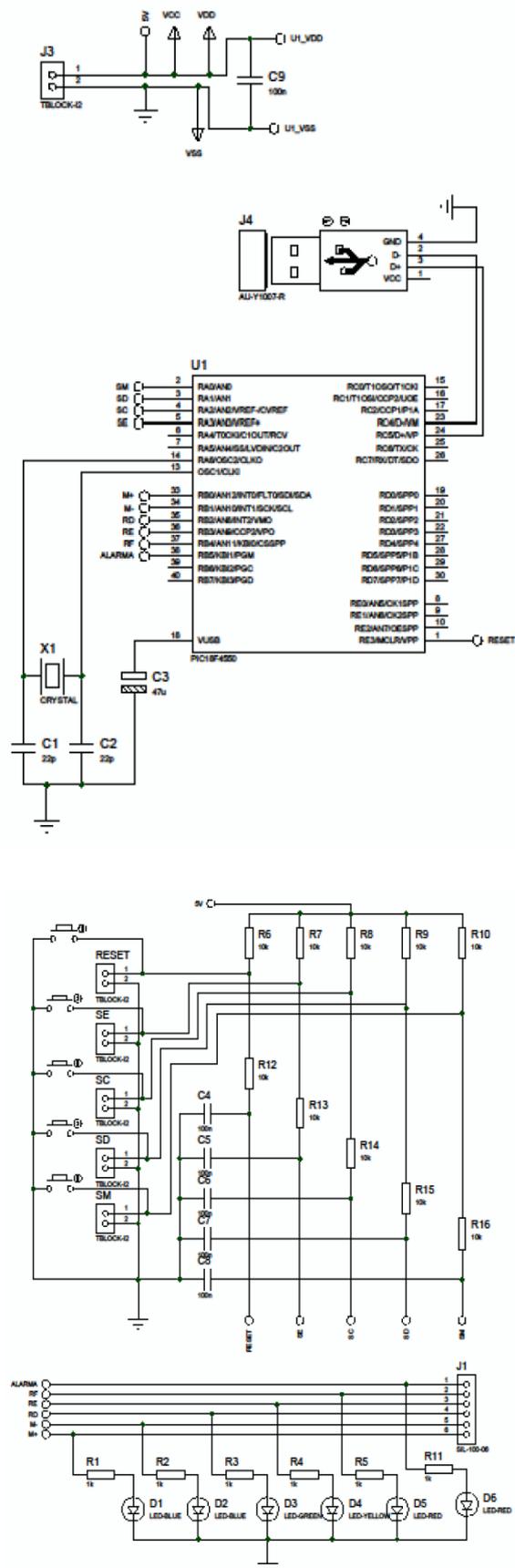


Figura 3.22 Diagrama del circuito de control

Es importante verificar que las pistas del circuito impreso estén separadas y que el diámetro del conductor sea el apropiado según se muestra en la figura 2.23.

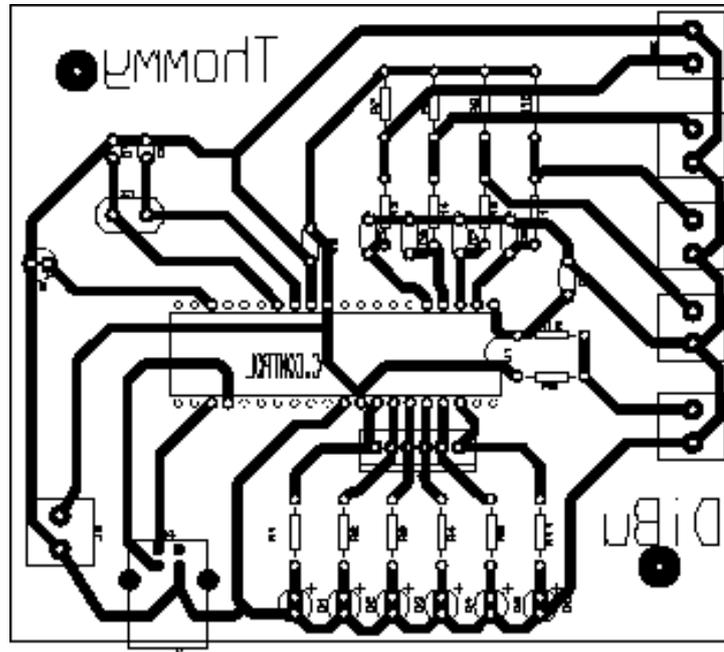


Figura 3.23 PCB del sistema de control

La figura 3.24 muestra el circuito de control terminado y listo para implementarse.



Figura 3.24 PCB del Circuito de control

3.6.2 CIRCUITO DE POTENCIA

Los elementos a controlar son el pistón hidráulico, el pistón neumático, la alarma y el motor. En la tabla 3.2 se identifican los voltajes necesarios para el accionamiento de cada elemento. Además de controlar automáticamente se dispone de un control manual por medio de botones.

Tabla 3.2 Voltajes de operación de los elementos

| No | Actuador | Voltaje |
|----|-------------------|---------|
| 1 | Pistón Hidráulico | 24V |
| 2 | Pistón Neumático | 24V |
| 3 | Motor | 12V |
| 4 | Alarma | 24V |

La figura 3.25 muestra el esquema del circuito de potencia, mientras que la figura 3.26 presenta el diseño de la tarjeta electrónica.

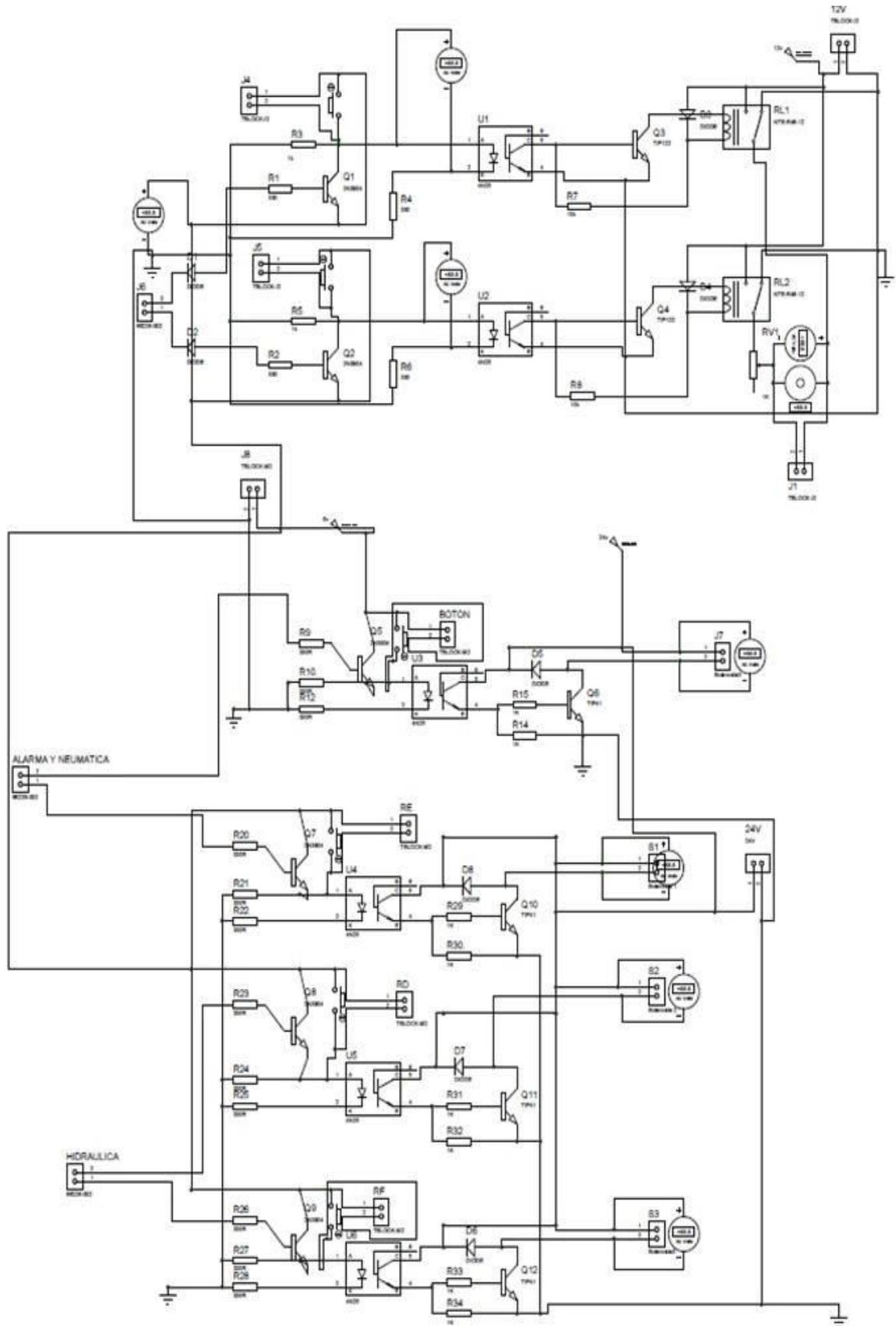


Figura 3.25 Diagrama del circuito de potencia

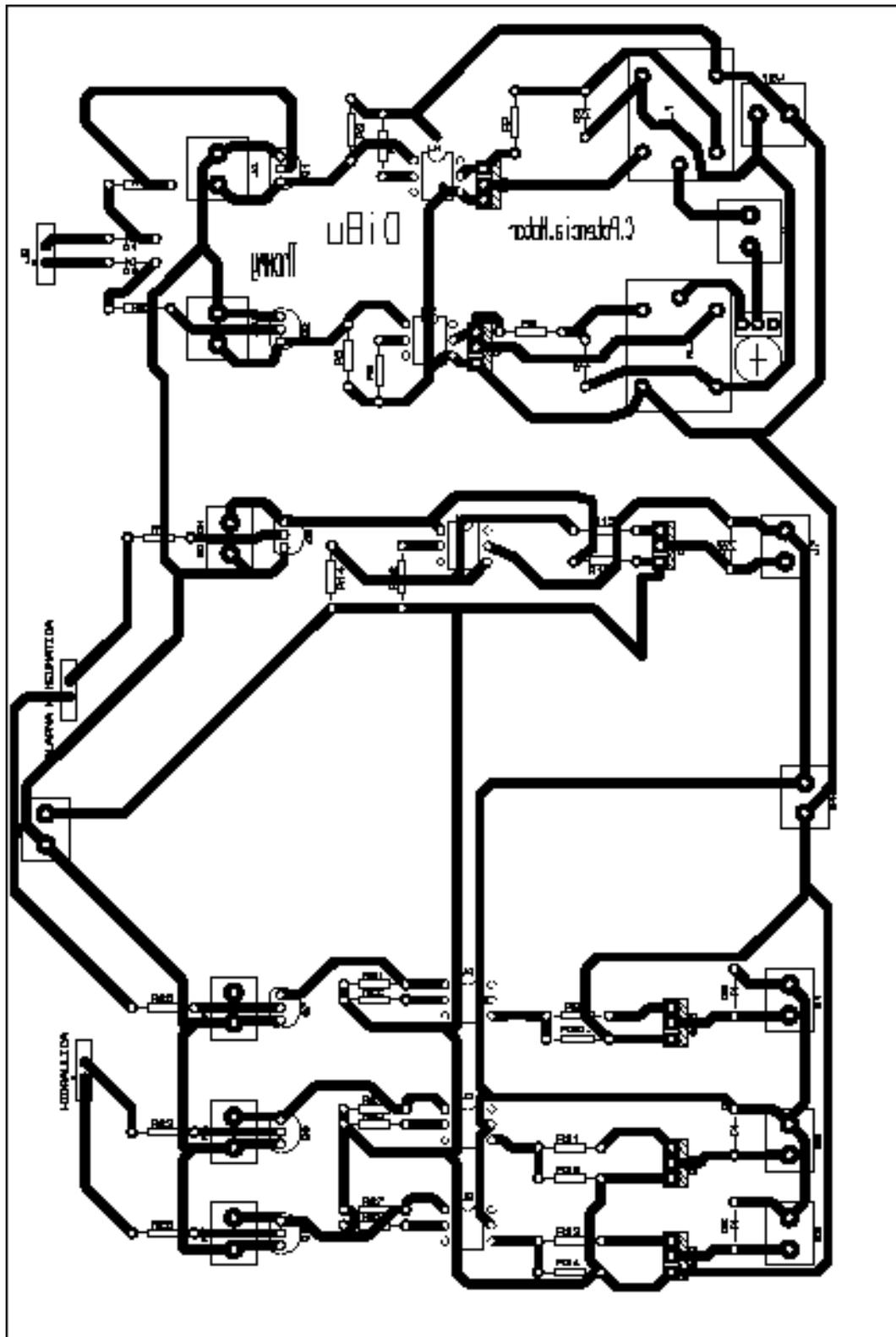


Figura 3.26 PCB del circuito de potencia

En la figura 3.27 se muestra la placa del circuito de potencia y los relés para el puente H que controla al motor DC.

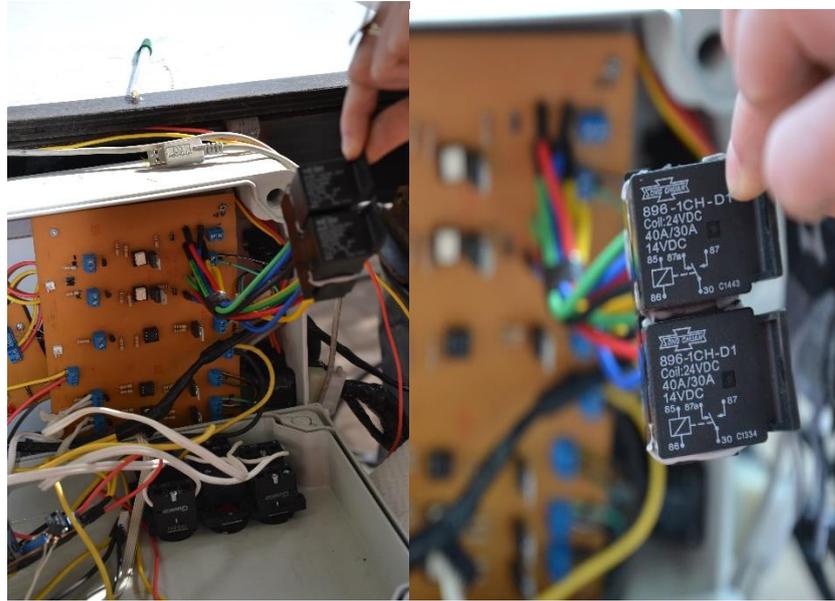


Figura 3.27 PCB del circuito de Potencia

3.6.3 ALIMENTACIÓN

Como anteriormente se indicó que se trata de un bus, la fuente es de 24V, también se expuso anteriormente en la tabla 3.2, los voltajes de operación para cada elemento, es por ello que necesitaremos de algunos reductores de voltaje de DC-DC como el LM360 ver la figura 3.28 y 3.30.

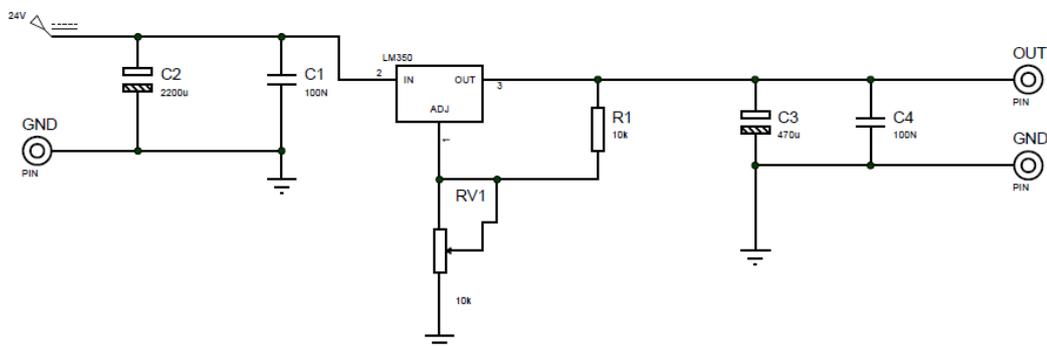


Figura 3.28 Fuente Variable DC-DC 3A

La alimentación proviene de dos baterías de 12 Voltios conectadas en serie al igual que los autobuses como se muestra en la figura 3.29.



Figura 3.29 Baterías en serie

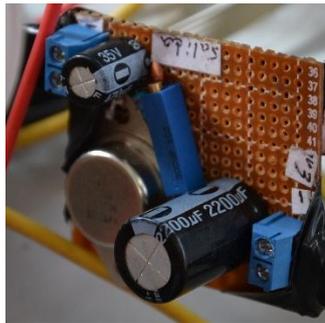


Figura 3.30 Fuente variable DC-DC

3.6.4 CONTROL ELÉCTRICO

El objetivo es controlar el módulo manualmente por medio de botones físicos donde un botón paro de emergencia es el que controlará y desconectará todo el sistema en caso de algún problema. En la figura 3.31 se indica mediante un diagrama Lader el funcionamiento del sistema eléctrico en modo manual y del paro de emergencia

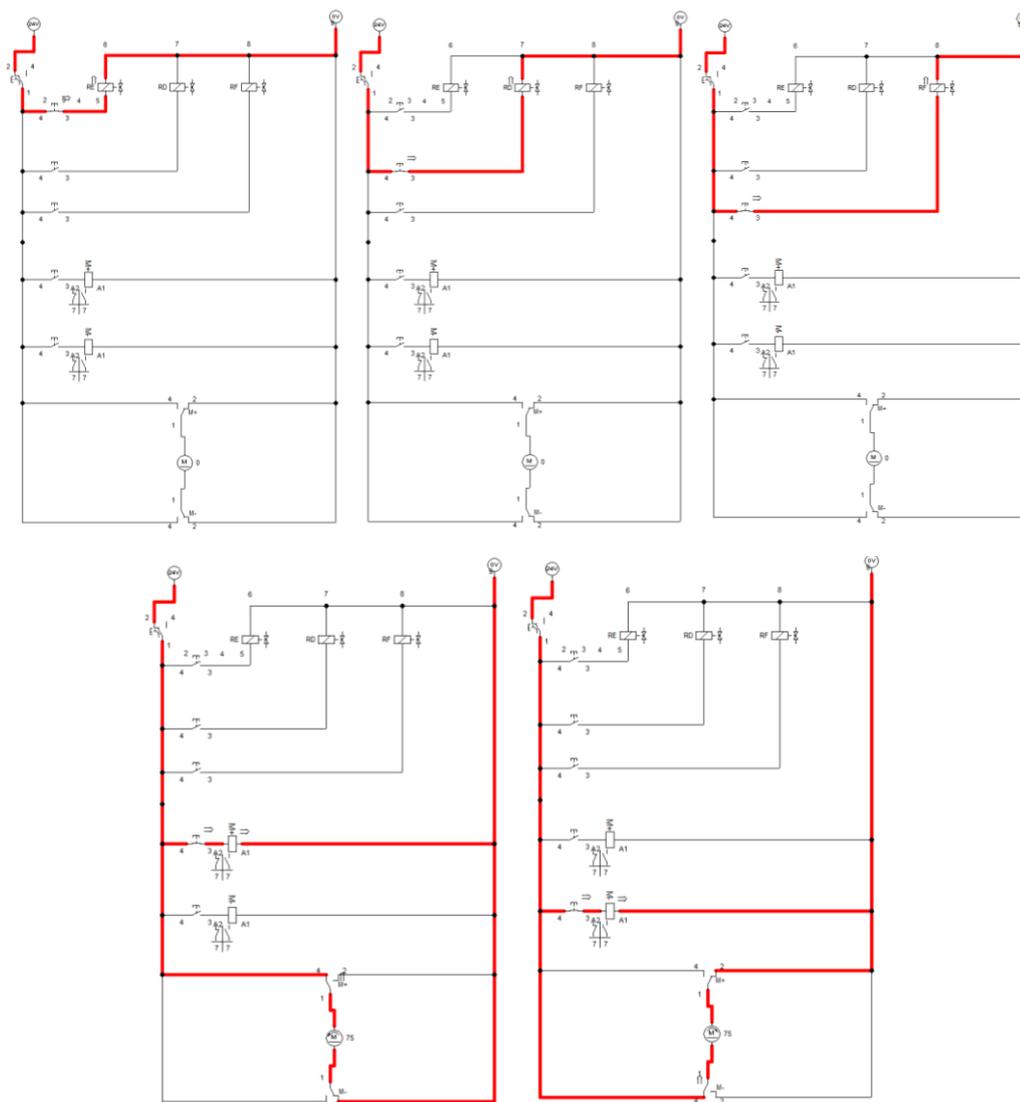


Figura 3.32 Representación Lader del control Eléctrico

En la imagen 3.33 se indica la caja de control y la botonera que permite controlar a la plataforma manualmente.



Figura 3.33 Caja de control y botonera

3.7 COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.

Una vez descrito el funcionamiento de la plataforma, cuando un usuario desea subir y bajar del bus es necesario comprobar el correcto funcionamiento planteado en el capítulo dos.

3.7.1 INGRESO AL BUS (SUBIR)

En el momento justo cuando el conductor observa que un usuario en silla de ruedas se encuentra en la parada de buses (ver figura 3.34), es el conductor del vehículo quien autoriza que la persona suba a la unidad de transporte por medio del botón subir del HMI, ver figura 3.35.



Figura 3.34 Usuario en silla de ruedas

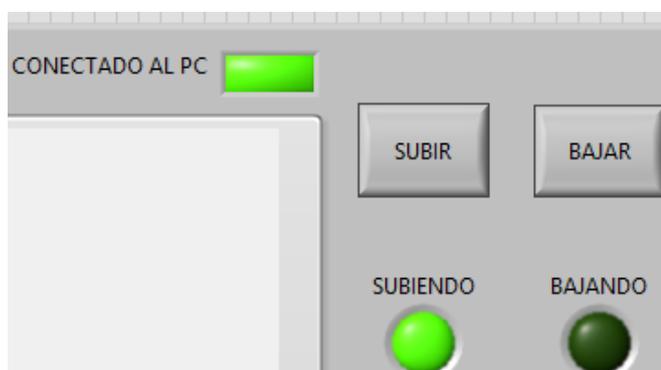


Figura 3.35 Botón subir del HMI

Una vez presionado el botón subir se encenderá la alarma que indica “peligro máquina en movimiento” y la plataforma comenzará a salir de la contrahuella de la segunda grada, ver imágenes 3.36 y 3.37.



Figura 3.36 Plataforma saliendo de la contrahuella de la segunda grada



Figura 3.37 Plataforma Totalmente Extendida

Una vez que la plataforma llega a su distancia máxima, empieza a descender para que el usuario pueda ingresar ver imagen 3.38.



Figura 3.38 Plataforma Descendiendo

Cuando la plataforma haya llegado a su punto más bajo, liberará la rampa y esperará a que el usuario ingrese dentro de la superficie de la plataforma, y dará paso a que el sistema de visión detecte la presencia del usuario, ver figuras 3.39, 3.40 y 3.41.



Figura 3.39 Plataforma liberando la Rampa



Figura 3.40 Usuario en silla de ruedas ingresando a la plataforma



Figura 3.41 Usuario en posición para ascender

La mejor manera de colocarse dentro de la plataforma será con los brazos en los reposando en los apoyabrazos y los apoya pies retraídos, es muy importante colocar el freno a la silla de ruedas, ver imagen 3.42



Figura 3.42 Posición del usuario para poder ascender

La cámara detectará que el usuario ya está en la zona de seguridad y dará paso a que la plataforma ascienda hacia el piso del bus. (Ver figura 3.43) mientras la plataforma vaya subiendo, la extensión de la plataforma se acomodará para que el usuario pueda entrar al interior del bus, ver figuras 3.44 y 3.45.



Figura 3.43 Imagen obtenida de la cámara para el procesamiento de imagen



Figura 3.44 Plataforma elevando al usuario a la altura del piso del bus



Figura 3.45 Altura máxima de la plataforma

Cuando la plataforma llegue a su punto más alto se parará y esperará que el sistema de visión artificial detecte que el usuario dejó la plataforma como se muestra en la figura 3.46



Figura 3.46 Usuario ingresando al interior del bus

El sistema de visión artificial es la responsable de indicar que el usuario ya no se encuentra en la plataforma para guardarla (ver imágenes 3.47 y 3.48).



Figura 3.47 Plataforma descendiendo.



Figura 3.48 Plataforma guardándose en el interior del bus

3.7.2 SALIDA DEL BUS (BAJAR)

Cuando el usuario solicite salir del bus, es el conductor de la unidad quien dará la orden por medio del HMI para que la plataforma entre en funcionamiento, el conductor presionará el botón bajar del HMI. (Ver imagen 3.49)



Figura 3.49 Botón bajar del HMI

Al igual que en la subida, la plataforma se despliega totalmente y procede a descender, puesto que el arreglo mecánico para la rampa de extensión se acciona únicamente mientras la plataforma baja, posteriormente la plataforma sube hasta su posición máxima como se muestra en las figuras 3.50 y 3.51



Figura 3.50 Plataforma saliendo del interior del bus (bajada)



Figura 3.51 Plataforma descendiendo para abrir la extensión



Figura 3.52 Plataforma en su posición más alta y lista para el embarque del pasajero



Figura 3.53 Usuario listo para el descenso



Figura 3.54 Plataforma descendiendo

Una vez la plataforma llega a su altura mínima, acciona la rampa para que el usuario pueda bajarse de la plataforma.



Figura 3.55 Usuario saliendo de la plataforma

3.7.3 CARGA VS TIEMPO

Como se analizó en el capítulo dos, la velocidad de la plataforma no es lineal, depende de dos variables: la primera es el ángulo del Brazo Elevador Primario (*BEP*) y la segunda es la cantidad de carga. El ángulo del *BEP* a su vez determina la posición total de la plataforma. Para esto hemos realizado un procedimiento de pruebas en el cual cuantificamos el tiempo que demora en subir la plataforma a diferentes cargas. Las diferentes cargas se muestran en la tabla 3.3. La silla de ruedas es equivalente a 36.8 Kg como se muestra en la figura 3.57.

Tabla 3.3 Tiempo de Subida vs Carga

| No. | Carga en kg. | Tiempo en s. |
|-----|--------------|--------------|
| 1 | 20.2 | 5.80 |
| 2 | 36.8 | 6.30 |
| 3 | 40.3 | 6.50 |
| 4 | 81.8 | 6.90 |
| 5 | 101.3 | 7.30 |
| 6 | 120.8 | 7.45 |
| 7 | 160.5 | 7.65 |
| 8 | 199.9 | 7.80 |

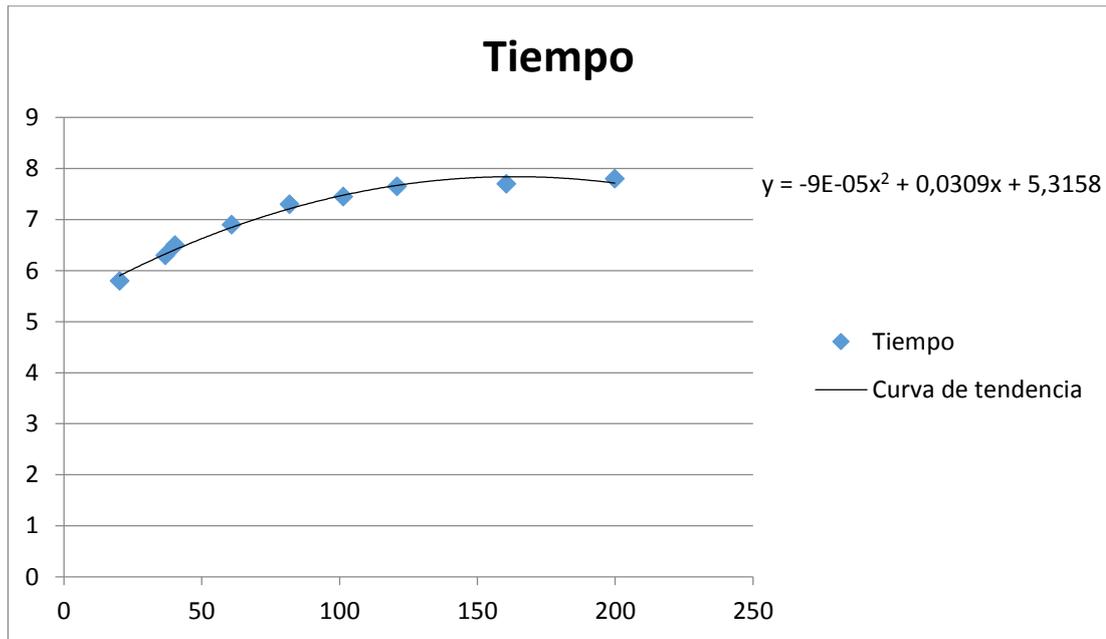


Figura 3.56 Cálculo de curva de tendencia carga vs Tiempo

Las pruebas realizadas dan como resultado la curva de tendencia mostrada en la figura 3.56, de la cual se puede concluir que el tiempo máximo que tardará en subir la plataforma es de 7.8 segundos corroborando los datos del simulador.

A continuación se muestran varias imágenes sobre la prueba realizada.



Figura 3.57 Carga de la silla de ruedas





Figura 3.58 Imágenes de las diferentes cargas utilizadas para la prueba



Figura 3.59 Plataforma cargada



Figura 3.60 Plataforma Cargada en su posición más alta



Figura 3.61 Cronómetro Utilizado en la prueba

3.8 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

El procesamiento digital de imágenes se compone de tres partes: adquisición, filtrado, procesamiento.

3.8.1 ADQUISICIÓN

En el proceso de adquisición de imágenes se utiliza la librería IMAQ de Labview. Como primer paso se genera un espacio de memoria temporal en el cual se especifica el nombre de la imagen y el tipo de imagen como se muestra en la figura 3.62.

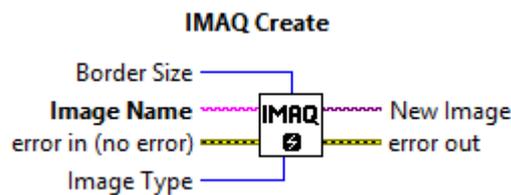


Figura 3.62 IMAQ Create.

Fuente: (Nationals_Instruments, 2015)

Para mejor comprensión, el proceso de adquisición completo se muestra en la figura 3.63, una vez generado un espacio de memoria para la imagen, también se debe abrir la cámara en el puerto que se encuentre conectada, posteriormente se configura el dispositivo para realizar la adquisición y finalmente se cierra el puerto de la cámara.

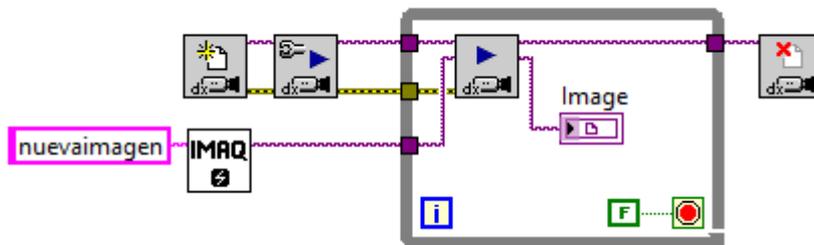


Figura 3.63 Adquisición continua de una imagen en Labview.

En la figura 3.64 se detalla cada uno de los iconos utilizados para la adquisición.

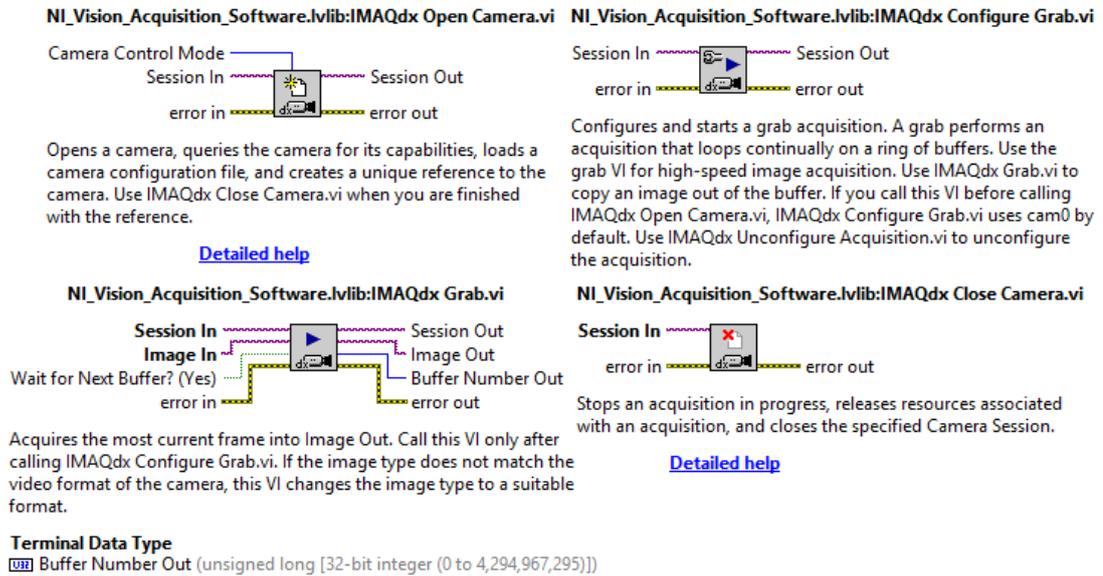


Figura 3.64 Detalle de los VI’s usados en la adquisición

Fuente: (Nationals_Instruments, 2015)

3.8.2 FILTRADO

El objetivo del filtrado es eliminar ruidos además de preparar la imagen para su procesamiento, el filtrado se lo realiza con la herramienta de Labview “Vision Assistant” como se detalla en la figura 3.65

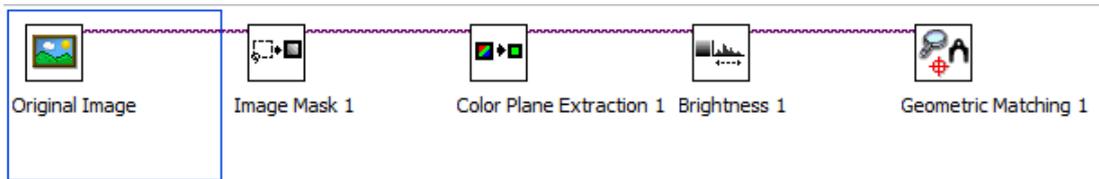
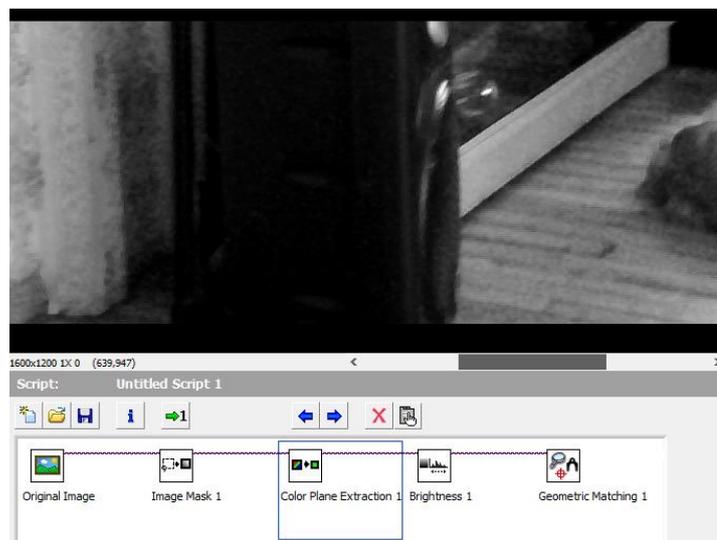
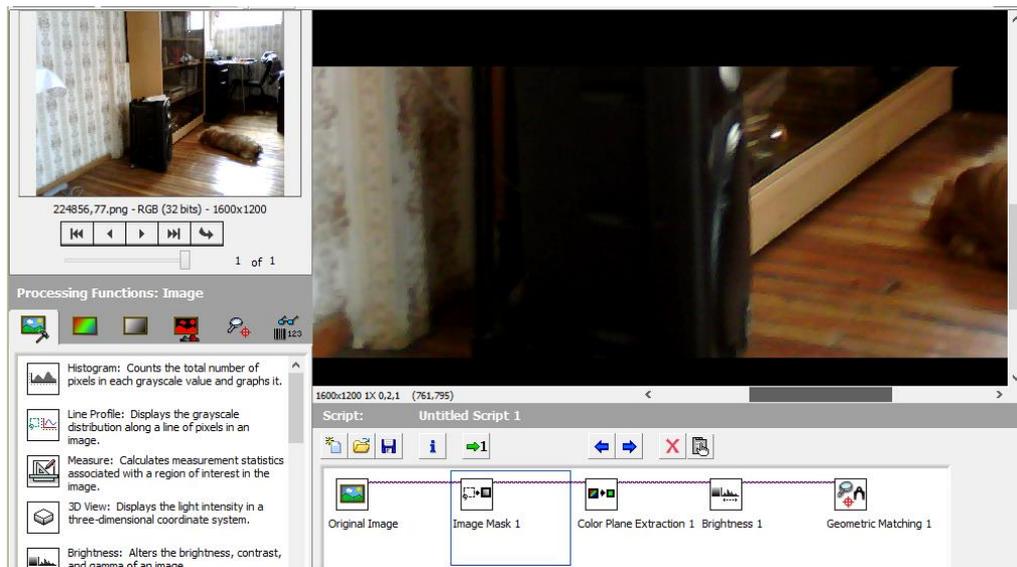


Figura 3.65 Esquema general de filtrado de la imagen en el asistente.

El Filtrado inicia con la configuración de un ROI (por sus siglas en inglés “Region of Interest”), esto permite delimitar la imagen, lo cual ahorra recursos de memoria en el procesamiento, posteriormente convertimos la imagen RGB a escala de grises con la herramienta “Color Plane Extraction” la cual devuelve un valor de 0 a 255 para cada uno de los pixeles correspondiente a nuestra nueva imagen $m \times n$. Finalmente se cambia los parámetros de brillo y contraste de la imagen. Este proceso se presenta en la figura 3.66 para una imagen cualquiera.



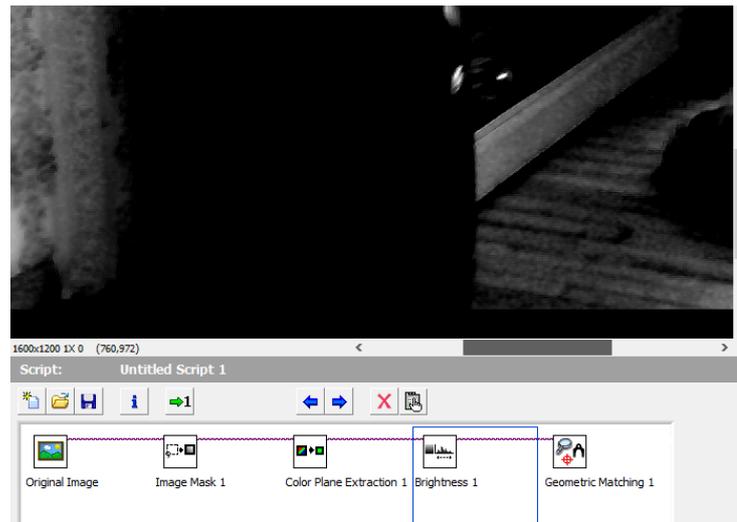


Figura 3.66 Filtrado de la imagen

3.8.3 PROCESAMIENTO

En el procesamiento lo que se busca es identificar patrones los cuales permitan al control tomar decisiones, como se explicó anteriormente antes de subir o bajar la plataforma, el microprocesador espera una señal proveniente de la cámara.

En el proceso donde el usuario ingresa al bus denominada “subida” la cámara debe asegurar que la persona se encuentre dentro de la plataforma además de que el individuo se encuentre libre de algún peligro, para esto el usuario debe mostrar su mano derecha colocándola al frente de su cuerpo con la palma arriba, para mayor facilidad hemos optado por la herramienta de detección de bordes del programa, como se muestra en la figura 3.67.

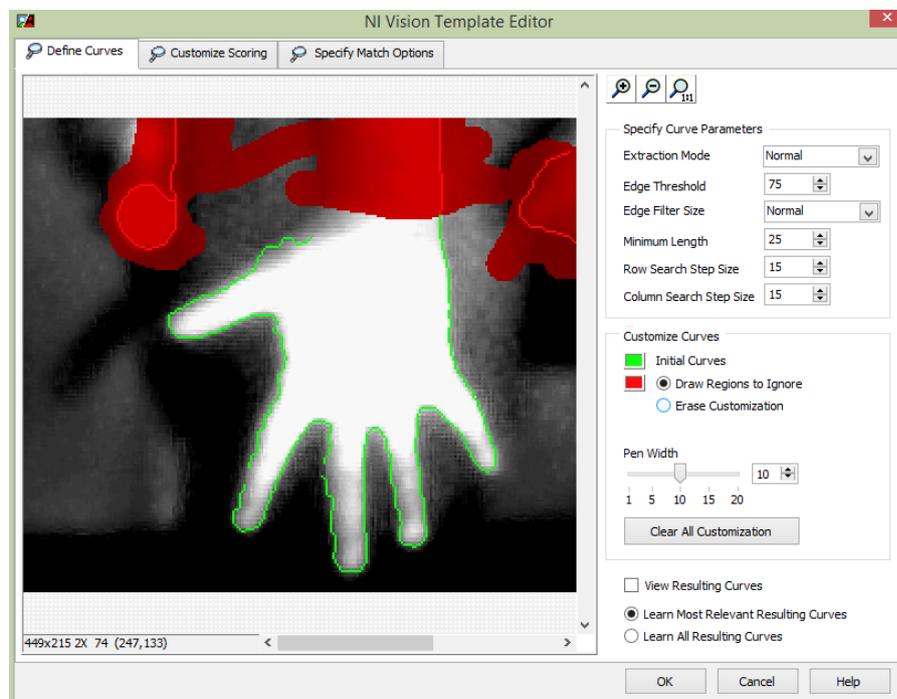


Figura 3.67 Operación detección de bordes y configuración de parámetros.

Como resultado del procesamiento, se obtiene la imagen mostrada en la figura 3.67. Esta imagen es almacenada en un espacio de memoria en el cual mediante programa la cámara busca similitudes con este patrón para determinar la existencia o no de una mano, lo cual da luz verde al micro controlador para continuar con el proceso.

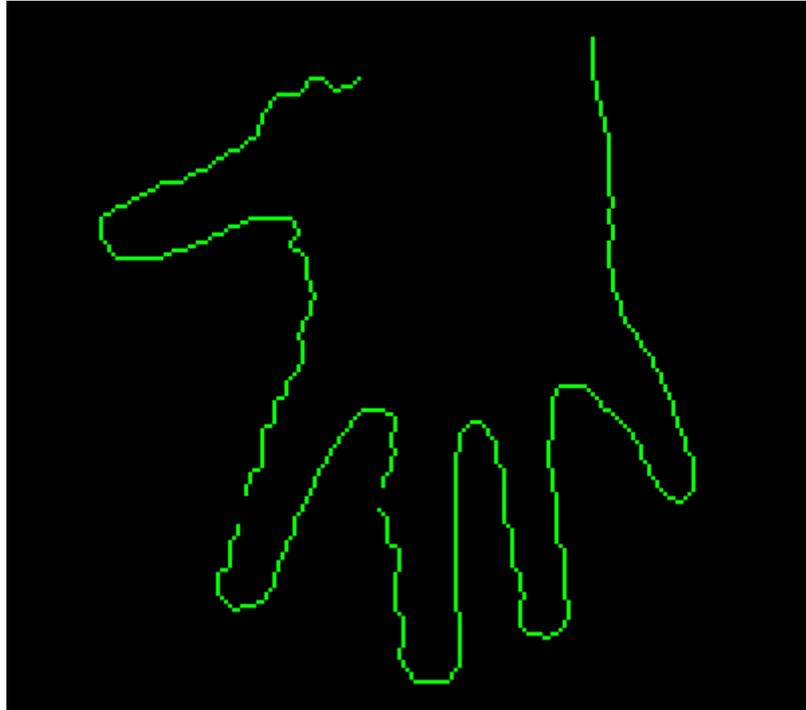


Figura 3.68 Imagen patrón utilizada para detectar manos

Una vez que la persona se encuentra en el interior del bus, el controlador necesita una señal que le indique que la persona ha ingresado al bus y de paso a que la plataforma se guarde. Con el mismo principio de la mano, se implementó en la plataforma una figura que en este caso corresponde una letra M la cual en el momento que la persona ingresa al bus la cámara busca esta letra para proceder a bajar la plataforma. Ver figura 3.69

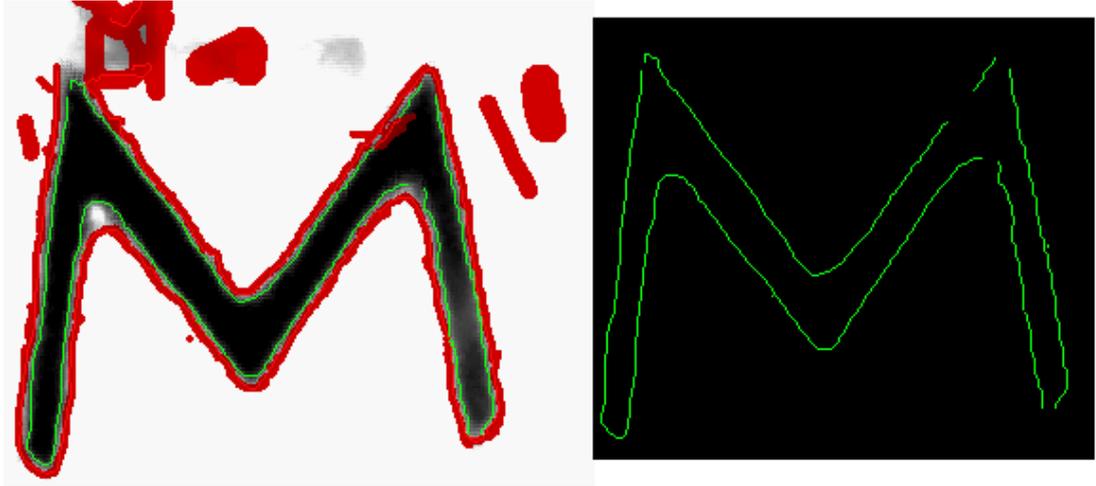


Figura 3.69 Imagen patrón para detectar la letra M

En el momento que un usuario necesite bajar de la unidad de transporte, la cámara usa la letra M para identificar que la persona se encuentra o no en la plataforma, de manera que si el programa no encuentra la letra M significa que la persona se encuentra en la plataforma. Con este principio el sistema de visión artificial otorga permisos al programa para poder continuar

3.9 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis para la investigación es:

¿El diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, facilitará el acceso a personas que utilicen silla de ruedas?

Como se explica en el capítulo uno, en la actualidad, a pesar de que hay un espacio en los buses urbanos destinado para personas con discapacidad, acceder a este resulta casi imposible para los usuarios con la construcción de este módulo en modo manual y automático tiene una eficacia del 100%.

Las pruebas realizadas certifican que en 10 intentos a diferentes condiciones de luz ambiente y de carga, la persona ingreso al bus satisfactoriamente en todos los intentos.

CAPITULO 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Toda la recolección de información acerca de los sistemas elevadores, así como también de los sistemas hidráulicos y neumáticos y procesamiento de imágenes dio fruto para que se construya la primera plataforma elevadora automática controlada por visión artificial del mundo.

Se diseñó y construyó el mecanismo de la plataforma elevadora en conformidad a las condiciones de: dimensiones versatilidad y seguridad preestablecida para permitir a la persona con discapacidad en silla de ruedas utilizar el Bus como medio de transporte.

La filosofía del diseño Mecatrónico e ingeniería concurrente permitieron establecer correctamente las condiciones iniciales así como también los coeficientes de seguridad más óptimos para la aplicación.

Los elementos estructurales fueron seleccionados de manera idónea en base a la aplicación de las teorías de detección y prevención de fallas aplicando criterios de diseño que van enfocados a la seguridad y durabilidad del módulo.

Se diseñó y construyó un robusto sistema eléctrico y electrónico que proporciona al sistema de control un dominio total y en tiempo real de la aplicación, además de la gestión de alarmas y paros de emergencia.

Se implementó una comunicación eficiente entre los elementos del sistema de control por medio de herramientas como el HDI y DLL las cuales aseguran confiabilidad y veracidad de los datos recibidos

El HMI y la visión artificial permite a la plataforma operar de manera autónoma además que brinda al conductor la posibilidad de monitorear y manipular el proceso en tiempo real.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda aislar los cables de transmisión de datos o de señales de las líneas de alimentación ya que puede causar inconvenientes.

Al momento de la construcción de la parte mecánica de cualquier proyecto tomar en cuenta las normas de seguridad de máquinas y herramientas para accidentes laborales.

Para el apropiado funcionamiento del mecanismo y partes en movimiento es necesario engrasarlos.

Se recomienda siempre sobredimensionar un poco los elementos mecánicos en la fase de diseño por motivo que los datos no pueden ser confiables dependiendo el proyecto.

Se recomienda ampliar la investigación sobre el procesamiento digital de señales de manera que en un futuro la plataforma pueda ser controlada por lenguaje de señas por ejemplo si la persona quiere subir la plataforma levante el pulgar de su mano, si quiere bajar baje el pulgar o algo similar.

Implementar proyectos simulados de la vida real, donde el estudiante pueda proponer soluciones a las necesidades reales del diario vivir tanto industrial, convencional como en laboratorio

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

AINSA. (10 de 12 de 2014). Proforma. Quito, Pichincha, Ecuador .

Alves, M., Ferreira, B., & Leta, F. (19 de 01 de 2011). Evaluacion de Parámetros de rugosidad usando análisis de imagenes de diferentes microscopios ópticos y Electrónicos. *Información Tecnología* , pág. 08.

Andres. (05 de 06 de 2014). *WIKIPEDIA*. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_H_\(electr%C3%B3nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_H_(electr%C3%B3nica))

Anónimo. (2010). *DC Geared Motors*. Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://uk.rs-online.com/web/p/dc-geared-motors/3808633/>

Arenas, L., Castilla, A., & Rojas, D. (2010). *Interfaz Hombre Máquina* . Recuperado el 15 de 12 de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>

Autolift. (2010). *Gama de plataformas elevadoras externas* . Recuperado el 08 de 11 de 2014, de http://www.autoliftsrl.com/es/sollevatori_esterni_sp860.php

Canto, C. (2010). Aplicaciones de los Microcontroladores. *Arquitectura de los Microcontroladores* , 14.

Cardona, L. (16 de 01 de 2014). *ORGANIZAR UN EVENTO ACCESIBLE. PARTE I "DISEÑO PARA TODOS"*. Recuperado el 05 de 02 de 2015, de <https://vcardonajimenez.files.wordpress.com/2014/01/discapacidades.png>

Chacón. (2009). *Qué es la discapacidad*. Recuperado el 12 de 08 de 2014, de <http://www.clubuniopacifico.galeon.com/aficiones1453209.html>

Chacón, M. (2007). Procesamiento Digital de imágenes. En M. Chacón, *Procesamiento Digital de imágenes*. México: Trillas.

- Cubillo, M. d. (28 de 02 de 2012). *Tecnología de Estructuras*. Recuperado el 03 de 12 de 2014, de <http://cubillo97.blogspot.com/2012/02/tecnologiaestructuras.html>
- Ecodiseño. (2002). *Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia: Ed. Univ.
- Extroma. (2014). *Plataforma salvaescaleras de exterior para discapacitados*. Recuperado el 04 de 11 de 2014, de <http://www.archiexpo.es/prod/extrema-srl/plataformas-salvaescaleras-exterior-discapitados-76975-578404.html>
- Ezpinoza, M. d. (2010). *La ingeniería concurrente una filosofía actual con plenas perspectivas del futuro*. Recuperado el 03 de 12 de 2014, de http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptoingenieriacurrente/
- Fullmecánica. (2014). Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/b/1738-bandas-micro-v>
- García, A. F. (1998). *Estática de Fluidos*. Recuperado el 20 de 12 de 2014, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/prensa/prensa.htm>
- Genie. (28 de 07 de 2011). *Plataforma elevadora*. Obtenido de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plataforma_elevadora.jpg
- Gordillo, L. (2009). *Aplicación de visión con Labview para detección de frascos con turbiedades*. Recuperado el 03 de 12 de 2014, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8103/1/Aplicacion%20de%20Vision%20con%20LabVIEW%20para%20la%20deteccion%20de%20frascos%20con%20turbiedades.pdf>
- INEN. (2010). *Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos*. Quito.
- Instituto Gabriela Mistral. (2010). *Guía Principio de Pascal*. Recuperado el 28 de 12 de 2014, de

https://docs.google.com/document/d/1kh_LJi_miyjIJrcqXdt77Wx50eBlg7tG_HcuB9PoQLQ/edit?pli=1

Instruments, N. (2015).

ISO. (2006). *Ergonomics of human-system interaction*. Recuperado el 24 de 11 de 2014, de ISO ORG:

http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38009

Kiosea ES. (2014). *USB Bus de serie Universal*. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de <http://es.kiosea.net/contents/407-usb-bus-de-serie-universal>

Kyeser, K. (13 de 05 de 2002). Recuperado el 19 de 01 de 2015, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor#mediaviewer/File:Konrad_Kyesser,_Bellifortis,_Clm_30150,_Tafel_09,_Blatt_38v_\(Ausschnitt\).jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor#mediaviewer/File:Konrad_Kyesser,_Bellifortis,_Clm_30150,_Tafel_09,_Blatt_38v_(Ausschnitt).jpg)

Microchip Technology Inc. (2003). PIC 18F2455/2550/4455/4550.

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2015). *Política Social*.

Recuperado el 05 de 02 de 2015, de <http://www.inclusion.gob.ec/politica-social/>

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de Máquinas*. México D. F.: Pearson.

Mott, R. (2008). *Mecánica de Fluidos*. Mexico D. F.: Pearson.

MSPC. (2008). *Resistencia de los materiales*. Recuperado el 15 de 12 de 2014, de <http://www.mspc.eng.br/matr/resmat0420.shtml>

Nationals_Instruments. (2015).

Pérez, J., & Cueto, A. (2009). Comunicación USB de alta velocidad entre LABVIEW y un microcontrolador para la adquisición de datos en tiempo real. pág. 8.

Provedores Industriales. (2010). Recuperado el 05 de 01 de 2015, de http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=54

Ramirez, R. (2013). Control de procesos industriales. *Mantenimiento y Ruido*, 18.

Rodríguez, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México D. F.: Alfaomega.

Serj, Z. (10 de 2008). *Partes motor eléctrico sus Funciones*. Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://circuit-racebars.blogspot.com/2013/09/partes-motor-electrico-sus-funciones.html>

Strakosch, G. (2012). *The Elevator Museum*. Recuperado el 2015 de 01 de 2015, de <http://www.theelevatormuseum.org/about.php>

Torres, S. (13 de 12 de 2014). *Válvulas Neumáticas*. Recuperado el 04 de 01 de 2015, de <http://infmtk2013astephanystorrestorres179.blogspot.com/2014/09/valvulas-neumaticas-este-informe-tiene.html>

Tu Elevador. (2010). *Elevadores de plataforma*. Recuperado el 8 de 11 de 2014, de http://www.tuelevador.com/plataformas_elevadoras.html

Turmero, I. J. (10 de 07 de 2008). *Técnicas de mejora de procesos*. Recuperado el 2 de 12 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos97/tecnicas-mejora-procesos/tecnicas-mejora-procesos2.shtml>

Anexos

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS ESTRUCTURALES DEL MODULO PLATAFORMA.

ANEXO B: HOJA DE DATOS DEL MICRO CONTROLADOR 18F4550.

**ANEXO C: NORMAS INEN DE RAMPAS PARA PERSONAS CON
MOVILIDAD REDUCIDA.**

ANEXO D: MEDIDAS BÁSICAS DE UNA SILLA DE RUEDAS.

ANEXO E: ARTÍCULO CIENTÍFICO