



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
ELECTRÓNICO PARA FRENO DE SERVICIO DE UN VEHÍCULO  
LIVIANO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AUTOMOTRIZ**

**ELVIS LEONARDO QUINGA MORENO**

**DIRECTOR: ING. ALEX GUZMÁN**

**Quito, junio 2016**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016

Reservados todos los derechos de reproducción.

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## PROYECTO DE TITULACIÓN


DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718378738
APELLIDO Y NOMBRES:	Quinga Moreno Elvis Leonardo
DIRECCIÓN:	Juan de villa Gerónimo puente
EMAIL:	Aleonardodj199011@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	2 585 939
TELÉFONO MOVIL:	0984265525

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño y construcción de un sistema de control electrónico para freno de servicio de un vehículo liviano
AUTOR O AUTORES:	Quinga Elvis
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	10/06/2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING. Alex Guzmán
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>La industria automotriz es una de las más dinámicas debido a la continua innovación tecnológica. El freno de mano ha estado sujeto a este proceso de mejoramiento con la finalidad de lograr mayor comodidad para el conductor. Se recluta información científica, se diseñó, se instaló y se probó el prototipo de automatización del freno de servicio o más conocido como freno de estacionamiento. Todo este proceso de incorporación de este nuevo y novedoso sistema se logró, este sistema posee un motor eléctrico de gran fuerza que su función principal es de reemplazar la fuerza del conductor al momento que este acciona la palanca del freno de estacionamiento ahora el conductor únicamente tendrá que presionar un botón que se encargara de accionar todo el sistema de freno de servicio o de estacionamiento, brindando así un mayor confort y más espacio en el habitáculo del vehículo ya que se sustituyó la palanca de freno de mano por un botón de mando. El prototipo se conformó por elementos electrónicos como por ejemplo sensores de posición en los dos pedales de aceleración y embrague, estos elementos facilitaron una de las principales característica del EPB que es la desactivación en cuesta automático. Y la otra característica</p>

	<p>que se ha incorporado es la activación del prototipo al apagar el vehículo y por último se incorporó un botón adicional para desactivar del sistema de manera manual en caso de descarga de la batería. Se realizó un protocolo de pruebas el cual consta colocar el vehículo a 30° de inclinación y activar el sistema para verificar su eficacia de trabajo y confiabilidad, y la siguiente prueba fue colocar el vehículo con la máxima capacidad de ocupantes que son 5 y posteriormente se activó el sistema y se observó que el prototipo logró las especificaciones de seguridad que el proyecto prometía</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Freno, estacionamiento, automático, fuerza de frenado, freno de servicio, eficiencia de frenado, EPB.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>The automotive industry is one of the most dynamic due to continuous technological innovation. The handbrake has been subject to this process of improvement in order to achieve greater comfort for the driver. This research is a proposal in which scientific information is recruited, it was designed, installed and automation prototype service brake or better known as a parking brake was tested. This whole process of incorporation of this new and innovative system was achieved through the implementation of electronic devices which facilitated their smooth operation and working operation, this system has an electric motor of great force that its main function is to replace strength driver when this drives the lever parking brake and instead of applying force on the brake lever, said driver only have to press a button to take care of powering the whole system service brake or parking, providing well more comfort and more space in the passenger compartment of the vehicle and the handbrake lever is replaced by a control button. The prototype was formed by electronic elements such as sensors position in both acceleration and clutch pedals, these elements provided a major feature of the EPB is automatically deactivating costs. The other feature that has been incorporated is activation of the prototype to turn off the vehicle and finally an additional button was added to deactivate the system manually in case of battery discharge. Once implemented the new prototype, and to ensure reliable how is a testing protocol which includes placing the vehicle 30° tilt and turn the system to verify its working efficiency and reliability was performed, and the next test was to place the car with the same inclination but now the vehicle is the maximum</p>

	number of occupants who are 5 and later mind the system was activated and observed that the prototype achieved safety specifications that the project.
<b>KEYWORDS</b>	Brake, parking, automatic braking force, brake, braking efficiency, EPB.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: 

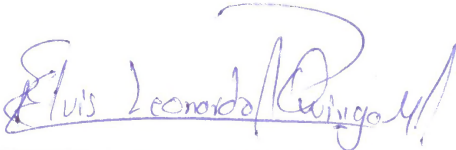
Quinga Moreno Elvis Leonardo  
1718378738

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Quinga moreno Elvis Leonardo** , CI 1718378738 autor/a del proyecto titulado: diseño y construcción de un sistema de control electrónico para freno de servicio de un vehículo liviano previo a la obtención del título de **Ingeniero Automotriz** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito,.....

f: 

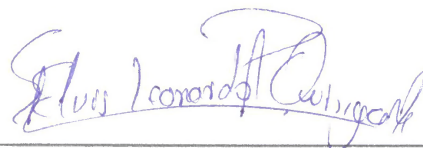
Quinga Moreno Elvis Leonardo

1718378738

## DECLARACIÓN

Yo **ELVIS LEONARDO QUINGA MORENO**, declaro que el presente trabajo de titulación aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.



Elvis Leonardo Quinga Moreno

C.I. 1718378738

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un sistema de control electrónico para freno de servicio de un vehículo liviano**”. Que, para aspirar el título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Elvis Leonardo Quinga Moreno**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Alex Guzmán

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

**C.I. 1716331291**



# DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en su totalidad a ustedes mis padres Galo Y Soledad , a mi hermana Silvia y sobrina Yamileth, ya que son y serán las personas más importantes en mi vida, que siempre me supieron brindar su apoyo incondicional día a día cada vez que lo necesitaba, por estar pendientes constantemente de que cumpliera todas mis metas, por sus valiosos y sabios concejos, y por ser el más grande ejemplo de perseverancia, trabajo y humildad en toda mi formación profesional, ya que la verdadera sabiduría no se encuentra en los libros, si no en el ejemplo diario de nuestros seres queridos.

Elvis Quinga

# AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, por cuidar de mi familia, ayudándome cada día a ser mejor persona y vencer los obstáculos que me ha puesto la vida, a ti te debo todo mi Señor.

A mis Padres, quienes fueron mi apoyo incondicional en cada momento de mi vida, llenándome de valores, consejos para ser cada día una mejor persona, por nunca dejarme solo cuando más los he necesitado, por ayudarme a alcanzar las metas que me he propuesto.

A mi hermanos Silvia Y Freddy, quienes jamás dudaron de mí y siempre dándome su apoyo incondicional.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Alex Guzmán por saber dirigirme, asesorarme y transmitir parte de sus conocimientos en todo el proceso de elaboración del presente trabajo de titulación , demostrando su profesionalismo y gentileza como persona en todo momento y cuando lo necesitaba.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
2.1. FUERZA DE FRENADO .....	4
2.2. CONSECUENCIA DE FRENADO .....	6
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE FRICCIÓN .....	8
2.4. EL " FADDING " .....	8
2.5. DISTANCIA DE FRENADO .....	9
2.6. DISPOSICIÓN LEGAL PARA LA INSTALACIÓN DE FRENOS .....	9
2.7. CIRCUITOS DE FRENO .....	10
2.7. CIRCUITO PRINCIPAL DE FRENO.....	11
2.8. CIRCUITO AUXILIAR DE FRENOS.....	11
2.9. FRENOS COMPLEMENTARIOS.....	12
2.10. SERVOFRENO.....	12
2.10.1. CONSTRUCCIÓN .....	13
2.11. DISTRIBUCIÓN DEL CIRCUITO DE FRENO.....	14
2.11.1. DISTRIBUCIÓN " LL " .....	14
2.11.2. DISTRIBUCIÓN " X " .....	15
2.11.3. DISTRIBUCIÓN " HL " .....	15
2.11.4. DISTRIBUCIÓN " HH " .....	15
2.12. TIPOS DE FRENOS.....	16

2.12.1. FRENO DE FRICCIÓN.....	17
2.12.2. FRENO DE CINTA .....	17
2.12.5. FRENO HIDRÁULICO.....	18
2.12.6. FRENO DE DISCO.....	18
2.12.7. FRENO DE TAMBOR.....	21
2.13. FRENO DE MANO O FRENO DE ESTACIONAMIENTO .....	25
2.13.1. FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE MANO.....	26
2.14.    FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELÉCTRICO.....	27
2.14.1. ACCIÓN ELECTROMECAÁNICA.....	29
2.14.2. ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA DEL FRENO AL APAGAR EL VEHÍCULO.....	30
2.14.3. ARRANQUE EN CUESTA AUTOMÁTICO.....	30
2.14.4. DESACTIVACIÓN AL INICIAR LA MARCHA.....	31
2.14.5. DESACTIVACIÓN MANUAL DEL SISTEMA EN CASO DE FALLA EN LA BATERÍA.....	31
2.14.6. FUNCIÓN AUTO HOLD .....	32
2.14.7. PRINCIPALES COMPONENTES.....	34
2.14.8. MÓDULO DE MANDO .....	35
2.14.9. PRINCIPALES INFORMACIONES OBTENIDAS DE LA RED MULTIPLEXADA DEL VEHÍCULO.....	36
2.14.10. ECUACIONES PARA SELECCIÓN DEL MOTOR .....	39
2.14.11. ESFUERZOS Y FACTORES.....	42
2.15. VEHÍCULO LIVIANO.....	45
2.15.1. DISTRIBUCIÓN DE PESOS SEGÚN SU TRACCIÓN Y POSICIÓN DEL MOTOR PARA UN VEHÍCULO LIVIANO .....	46
2.15.2. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN DELANTERA VEHÍCULO LIVIANO .....	46
2.15.3. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN TRASERA VEHÍCULO LIVIANO .....	47
2.15.4. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN ALAS 4 RUEDAS.....	48
2.15.5. VENTAJAS.....	48

<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>50</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
4.1. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE CONDICIONES DEL VEHICULO .....	54
4.1.1. MOTOR .....	54
4.1.2. SISTEMA ELÉCTRICO .....	55
4.1.3. SISTEMA DE FRENOS .....	56
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DE INSTALACIÓN.....	56
4.3.1. SISTEMA MECÁNICO .....	61
4.3.2. CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL CABLE DE FRENO DE MANO	62
4.3.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS DEL BRAZO DE ALUMINIO .....	68
4.3.3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS COMPONENTES .....	71
4.3.4. SISTEMA ELÉCTRICO .....	79
4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO.....	86
4.4.1. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO .....	88
4.4.2. EL MICROCONTROLADOR .....	49
4.5. DISPOSITIVO MECÁNICO .....	89
4.5.1. CONTROL ELECTRÓNICO .....	90
4.6. CIRCUITO ELÉCTRICO .....	91
4.7. PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	95
4.7.1. PRUEBAS 1 CON PENDIENTE DE 30° DE INCLINACION.....	95
4.6.2. PRUEBA 2 CON PENDIENTE DE 30° DIRECCION HACIA ABAJO.....	96
4.6.3. PRUEBA 3 CON INCLINACIÓN DE 30° DIRECCION HACIA ABAJO Y AUTO OCUPADO .....	96
4.6.4. PRUEBA 4 AUTO EN MOVIMIENTO.....	97
4.6.5. PRUEBA DE EFICIENCIA DE FRENADO .....	98

4.7. RESULTADOS.....	98
4.7.1. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	101
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>106</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	106
5.2. RECOMENDACIONES .....	111
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
<b>Tabla 1.</b> Coeficiente de adherencia de los neumáticos.....	6
<b>Tabla 2.</b> Señales de la red multiplexada.....	37
<b>Tabla 3.</b> Ficha técnica del vehículo.....	62
<b>Tabla 4.</b> Componentes del sistema eléctrico.....	63
<b>Tabla 5.</b> Componentes del sistema de frenos.....	63
<b>Tabla 6.</b> Dimensiones típicas en los sinfines y coronas.....	84
<b>Tabla 7.</b> Resumen de materiales del módulo mecánico.....	86
<b>Tabla 8.</b> Lista de componentes del sistema eléctrico.....	96
<b>Tabla 9.</b> Resultados del frenómetro prueba de eficiencia de frenado.....	109
<b>Tabla 10.</b> Evaluación comparativa de los dos sistemas de freno.....	109
<b>Tabla 11.</b> Costos realizados para la implementación del prototipo.....	110

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Sistema de frenado hidráulico .....	3
Figura 2. Fuerzas de trabajo .....	5
Figura 3. Fuerzas que intervienen en el neumático .....	5
Figura 4. Fuerzas de frenado en el vehículo.....	7
Figura 5. Circuito sistema de frenos .....	10
Figura 6. Servofreno partes y elementos.....	13
Figura 7. Diagrama servo freno sencillo .....	14
Figura 8. Distribución en “II” .....	14
Figura 9. Distribución en “x” .....	15
Figura 10. Distribución en “HL” .....	15
Figura 11. Distribución en “HH” .....	16
Figura 12. Elementos de frenado.....	16
Figura 13. Cinta de freno .....	18
Figura 14. Pastillas de freno .....	20
Figura 15. Freno de tambor .....	22
Figura 16. Tambor de freno .....	23
Figura 17. Freno de tambor despiece .....	23
Figura 18. Freno de tambor elementos.....	24
Figura 19. Zapatas de freno.....	25
Figura 20. Elementos del freno de estacionamiento convencional .....	26
Figura 21. Accionamiento freno de estacionamiento .....	27
Figura 22. Botón de mando EPB .....	28
Figura 23. Accionamiento piñones de apriete .....	30
Figura 24. Arranque en cuesta automático .....	31
Figura 25. Función auto hold .....	33
Figura 26. Mando de accionamiento auto hold .....	33
Figura 27. Principales sensores y actuadores del sistema .....	34
Figura 28. Módulo de mando (EPB).....	35
Figura 29. Cuadro sinóptico funcionamiento (EPB) .....	36
Figura 30. Proceso de envío de señales.....	37
Figura 31. Accionamiento tornillo hembra.....	38
Figura 32. Sustitución de pastillas .....	38
Figura 33. Teorema de Pitágoras .....	39
Figura 34. Ley de cosenos.....	40
Figura 35. DCL esfuerzos .....	42
Figura 36. Diagrama reacción y apoyos .....	43
Figura 37. Vehículo liviano Chevrolet Trooper Año 93.....	45



Figura 38. Motor delantera tracción delantera .....	46
Figura 39. Motor delantero tracción trasera .....	47
Figura 40. Motor delantero tracción a las 4 ruedas .....	48
Figura 41. Configuración de los pines del microcontrolador PIC .....	49
Figura 42. Apariencia comercial del PIC 16F84A .....	50
Figura 43. Motor Trooper .....	54
Figura 44. Reconocimiento de posición de elementos del motor.....	55
Figura 45. Cabina del conductor .....	57
Figura 46. Switch de encendido del motor .....	57
Figura 47. Tablero de control .....	58
Figura 48. Pedales del embrague, freno y acelerador .....	58
Figura 49. Palanca de cambio de velocidad .....	59
Figura 50. Cable de freno de mano .....	59
Figura 51. Cable de freno de mano .....	60
Figura 52. Cable de freno de mano .....	60
Figura 53. Diagrama de bloques del sistema mecánico .....	61
Figura 54. Diagrama de componentes del módulo mecánico central .....	62
Figura 55. Distancia recorrida por el cable de freno .....	63
Figura 56. Balanza romana.....	63
Figura 57. Recorrido del cable de freno de mano .....	64
Figura 58. Motor y brazo de aluminio trabajando.....	65
Figura 59. Elementos teorema de Pitágoras.....	65
Figura 60. Determinación del torque del motor .....	66
Figura 61. DCL Brazo .....	68
Figura 62. Diagrama de fuerzas y reacciones .....	68
Figura 63. Diagrama de momentos.....	69
Figura 64. Flexión generada por la fuerza .....	70
Figura 65. Configuración de motor con tornillo sin fin y corona .....	72
Figura 66. Configuración de motor con tornillo sin fin y corona .....	73
Figura 67. Configuración de motor con tornillo sin fin y corona .....	73
Figura 68. Motor del módulo mecánico.....	74
Figura 69. Conjunto tornillo sin fin y corona.....	74
Figura 70. Cálculo del ángulo de avance.....	75
Figura 71. Dimensiones del tornillo sin fin .....	77
Figura 72. Dimensiones de la corona .....	77
Figura 73. Diagrama de bloques del sistema eléctrico .....	79
Figura 74. Pantalla del circuito del microcontrolador .....	80
Figura 75. Circuito para la señal de mando .....	81
Figura 76. Circuito para reset.....	81
Figura 77. Circuito de alimentación.....	82
Figura 78. Conexión de un oscilador XT .....	83

Figura 79. Conexión de los sensores al microcontrolador PIC .....	83
Figura 80. Conexión para controlar el sentido de giro del motor.....	84
Figura 81. Configuración para controlar el motor.....	84
Figura 82. Circuito completo Multisim .....	85
Figura 83. Conector y botón de mando.....	86
Figura 84. Componentes protectores.....	87
Figura 85. Conjunto de cables conectores.....	87
Figura 86. Cable para activar el sistema de freno.....	87
Figura 87. Cable para desactivar el sistema de freno.....	88
Figura 88. Pulsador de posición del embrague.....	88
Figura 89. Fusible .....	89
Figura 90. Pulsador de posición de primera marcha.....	89
Figura 91. Módulo mecánico de freno automático .....	90
Figura 92. Dispositivo para bloqueo y desbloqueo .....	91
Figura 93. Módulo de control electrónico .....	92
Figura 94. Protección del módulo electrónico .....	92
Figura 95. Tarjeta electrónica de secuencia .....	92
Figura 96. Montaje del motor eléctrico.....	93
Figura 97. Posición botón de mando .....	93
Figura 98. Posición de caja de relés .....	94
Figura 99. Reempaque de zapatas.....	94
Figura 100. Tambor de freno rectificado .....	95
Figura 101. Prueba 1 con 30° de inclinación cuesta arriba.....	96
Figura 102. Prueba 2 con 30° de inclinación cuesta abajo .....	96
Figura 103. Prueba 4 con inclinación de 30° y pasajeros .....	97
Figura 104. Prueba 5 auto en movimiento .....	97
Figura 105. Prueba de eficiencia de frenado en Rapi- Frenos.....	98
Figura 106. Frenometro de rodillos con superficie antideslizante .....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Anexo 1.</b> Reporte de prueba de frenado del prototipo.....	100
<b>Anexo 2.</b> Reporte prueba de prueba de frenado detallada.....	101
<b>Anexo 3.</b> Descripción funcional de los pin del pic16f84a.....	102
<b>Anexo 4.</b> Datasheet del pic16f84a.....	103
<b>Anexo 5.</b> Programa para configurar el pic16f84a.....	104

# RESUMEN

La industria automotriz es una de las más dinámicas debido a la continua innovación tecnológica. El freno de mano ha estado sujeto a este proceso de mejoramiento con la finalidad de lograr mayor comodidad para el conductor. La presente investigación es una propuesta en la cual se recluta información científica, se diseñó, se instaló y se probó el prototipo de automatización del freno de servicio o más conocido como freno de estacionamiento. Todo este proceso de incorporación de este nuevo y novedoso sistema se logró, mediante la implementación de dispositivos electrónicos los cuales facilitaron su buen funcionamiento y operación de trabajo, este sistema posee un motor eléctrico de gran fuerza que su función principal es de reemplazar la fuerza del conductor al momento que este acciona la palanca del freno de estacionamiento y en lugar de aplicar fuerza en la palanca de freno, dicho conductor únicamente tendrá que presionar un botón que se encargara de accionar todo el sistema de freno de servicio o de estacionamiento, brindando así un mayor confort y más espacio en el habitáculo del vehículo ya que se sustituyó la palanca de freno de mano por un botón de mando. El prototipo se conformó por elementos electrónicos como por ejemplo sensores de posición en los dos pedales de aceleración y embrague, estos elementos facilitaron una de las principales características del EPB que es la desactivación en cuesta automático. Y la otra característica que se ha incorporado es la activación del prototipo al apagar el vehículo y por último se incorporó un botón adicional para desactivación del sistema de manera manual en caso de descarga de la batería. Una vez implementado el nuevo prototipo, y para asegurar de cuan confiable es, se realizó un protocolo de pruebas el cual consta colocar el vehículo a 30° de inclinación y activar el sistema para verificar su eficacia de trabajo y confiabilidad, la siguiente prueba fue colocar el auto con la misma inclinación pero ahora el vehículo esta con la máxima capacidad de ocupantes que son 5 y posterior mente se activó el sistema y se observó que el prototipo logró las especificaciones de seguridad que el proyecto prometía

## ABSTRACT

The automotive industry is one of the most dynamic due to continuous technological innovation. The handbrake has been subject to this process of improvement in order to achieve greater comfort for the driver. This research is a proposal in which scientific information is recruited, it was designed, installed and automation prototype service brake or better known as a parking brake was tested. This whole process of incorporation of this new and innovative system was achieved through the implementation of electronic devices which facilitated their smooth operation and working operation, this system has an electric motor of great force that its main function is to replace strength driver when this drives the lever parking brake and instead of applying force on the brake lever, said driver only have to press a button to take care of powering the whole system service brake or parking, providing well more comfort and more space in the passenger compartment of the vehicle and the handbrake lever is replaced by a control button. The prototype was formed by electronic elements such as sensors position in both acceleration and clutch pedals, these elements provided a major feature of the EPB is automatically deactivating costs. The other feature that has been incorporated is activation of the prototype to turn off the vehicle and finally an additional button was added to deactivate the system manually in case of battery discharge. Once implemented the new prototype, and to ensure reliable how is a testing protocol which includes placing the vehicle 30° tilt and turn the system to verify its working efficiency and reliability was performed, and the next test was to place the car with the same inclination but now the vehicle is the maximum number of occupants who are 5 and later mind the system was activated and observed that the prototype achieved safety specifications that the project promised meet in the raised above objectives.



## **INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El freno de mano o freno de estacionamiento es un sistema que inmoviliza el vehículo cuando está parado, ya sea manual o automáticamente. Dicho sistema está disponible para inmovilizar el vehículo en caso de fallo del freno de servicio (función de emergencia). En la inmensa mayoría de los vehículos ligeros su accionamiento es con la mano y mediante un sistema de varillas o cables cuya función principal es de inmovilizar las ruedas posteriores, este proceso se realiza con el accionamiento de una palanca situada en el interior de la carrocería al alcance del conductor.

El prototipo tiene 3 características que lo vuelven especial y novedoso, la primera es la activación automática del prototipo al apagar el motor, la segunda es el arranque en cuesta automático, esta característica se realizará cuando el vehículo se encuentra en dirección para arriba, ya que se vuelve un poco complicado el sacar el vehículo, pues este problema se solucionará ya que el sistema se activará fácilmente con un botón de mando ubicado en el tablero del auto y la única acción que va a realizar el conductor es poner en marcha y automáticamente se aflojará el sistema para que el auto salga suavemente evitando inconvenientes y la última característica es la ubicación de un mando para desactivación del sistema en caso de que el auto se quede sin batería este sistema se incorporará debido a que los coches nuevos que salen al mercado incluyen numerosos elementos para simplificar muchas de las acciones que se realizan mientras se maneja el vehículo. Uno de estos elementos freno de servicio automático o electrónico, cada vez más confiable que sustituye al freno de mano tradicional por un sistema eléctrico que presiona los frenos posteriores del vehículo y se controla con un mando o botón. Cuando el conductor desea utilizar el mando que encontrará en el tablero y acto seguido, las ruedas traseras se frenarán automáticamente.

Entre los aspectos más interesantes que ofrece el freno de estacionamiento automático se puede encontrar la comodidad de no tener que tirar con fuerza de la palanca. Con sólo presionar el mando, el sistema eléctrico accionará con



toda la fuerza necesaria el freno, evitando posibles movimientos del coche al aparcar en una rampa inclinada.

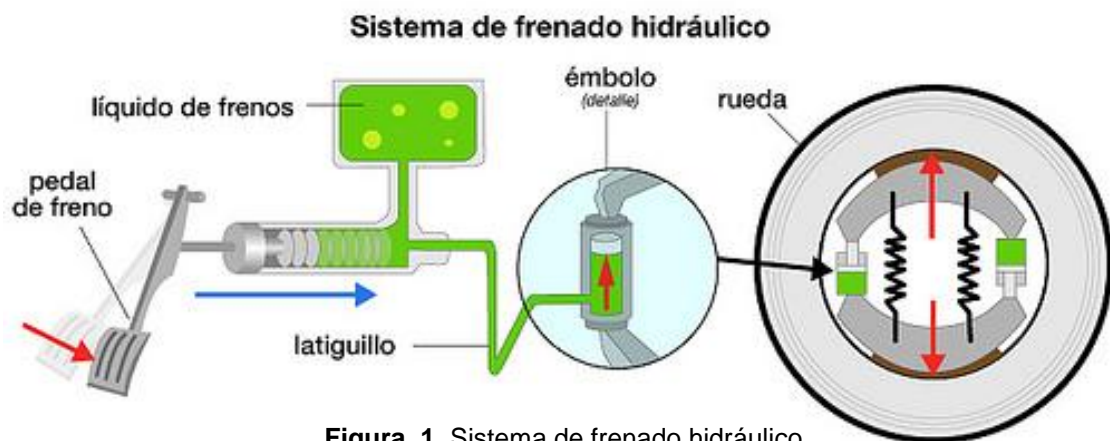
Para este proyecto se planteó un objetivo general el cual es “Diseñar y construir un sistema de control electrónico para freno de servicio de un vehículo liviano”, esto se llevará a cabo a base de investigación y determinación de conceptos básicos de todo lo que se refiere a freno de servicio de un vehículo como son los tipos, elementos y características que conforma dicho sistema, además se definirá en forma parcial o total todo lo que se llama vehículo liviano su clasificación, tonelaje y dimensiones, una vez concluido con la investigación se tendrá que elegir el vehículo más adecuado para la incorporación de este sistema, en base a una evaluación verificar si cumple con las características requeridas para el presente proyecto ya que a medida que vaya avanzando el proyecto se tendrá que diseñar e implementar elementos y dispositivos de vital importancia que conforma un freno de servicio electrónico, los cuales asegurarán el buen funcionamiento de este sistema una vez que se haya concluido con la implementación se procederá a realizar pruebas de funcionamiento del sistema de control electrónico de freno de servicio para verificación de resultados en eficiencia de frenado, seguridad y puesta a punto de dicho sistema.

## **MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

La finalidad de los frenos en un automóvil es de conseguir detener o bajar la marcha del mismo (deceleración) en las condiciones que determine el conductor, para ello la energía cinética que desarrolla el vehículo tiene que ser absorbida, en su totalidad o en parte, por medio de rozamiento mutuo entre los elementos de frenado, tales como zapatas, y tambor y pastillas de freno con su disco, etc, es decir transformándola en calor y luego disiparlo a la atmósfera (Remling, 2013).

Para ello se equipa al vehículo con una serie de mecanismos que se encargarán de conseguirlo como se observa en la figura 1 dichos mecanismos permiten trabajar en las mejores condiciones de seguridad: tiempo y distancia mínimos, conservación de la trayectoria del vehículo, con una frenada proporcional al esfuerzo del conductor, en diversas condiciones de carga, etc. Ahora bien, se debe tener en cuenta que si el proceso de frenada se realiza muy bruscamente, las ruedas se bloquean y se desplazan sin girar, provocando una pérdida de su adherencia y por lo tanto producirá un derrape (Remling, 2011).



**Figura 1.** Sistema de frenado hidráulico  
(Auto, 2015)

Algo para señalar es que dentro del ámbito automovilístico desde hace unas décadas se posee los llamados frenos ABS que son un sistema anti bloqueo de

los neumáticos de los coches. Gracias a este sistema se da como resultado es que mientras se efectúa el proceso de frenado de aquellos, las ruedas adquieran una mayor adherencia a la calzada. De esta forma, se toma en cuenta por la seguridad de todos los individuos que vayan en el habitáculo del auto motor (Paz, 2010).

## 2.1. FUERZA DE FRENADO

Dicha fuerza de frenado va a depender congruentemente de la calidad de la calzada o si dicha calzada se encuentra húmeda, seco, mojado o si de pronto está circulando por hielo o nieve ya que ahí es donde se reduce el coeficiente de adherencia notablemente, así también como se encuentren los neumáticos, si se encuentran con un labrado adecuado para circulación sin problemas. Como para tener una idea de cuál sería la fuerza de frenado que se logrará con el automotor en diferentes condiciones ambientales, como se puede observar en la siguiente ecuación. La fuerza de frenado ( $F_f$ ) que hay que aplicar a un vehículo para disminuir su velocidad o inclusive detenerlo, está en función del peso del vehículo (P) y del coeficiente de adherencia en las ruedas ( $\mu$ ). Por lo tanto la fuerza de frenado se determina con la ecuación 1 (Remling, 2011).

$$F_f = P \times \mu \quad [1]$$

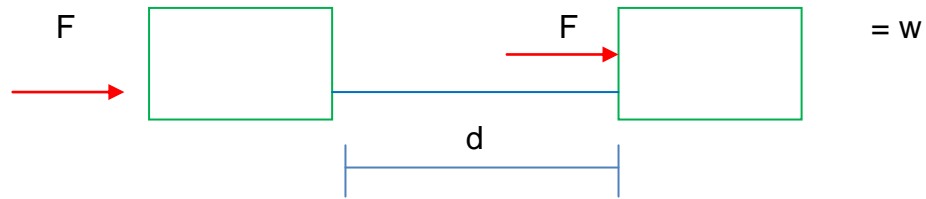
Donde:

$F_f$ : Fuerza de frenado

P: Peso del vehículo

$\mu$ : Coeficiente de adherencia de las ruedas.

Para la determinación del trabajo realizado por accionamiento de la palanca de freno que utiliza la ecuación 2 y adicional se muestra en la figura 2 las fuerzas aplicadas en el trabajo de accionamiento de la palanca de freno.



**Figura 2.** Fuerzas de trabajo  
(Paz, 2010)

El trabajo realizado por el sistema cuando se aplica una fuerza a un cuerpo y se desplaza a la siguiente

$$W = F \cdot d \quad [2]$$

Donde:

W: Trabajo realizado.

F: Fuerza aplicada por el conductor en la palanca de freno.

d: Distancia recorrida por el cable de freno.

El coeficiente de adherencia en los neumáticos está en función directa del estado de desgaste de los mismos y del estado de la superficie sobre la cual circula el automóvil, en la figura 3 se puede apreciar con más detalle dicho evento (Vaca, 2010).



**Figura 3.** Fuerzas que intervienen en el neumático  
(Agueda, 2014)

A continuación en la tabla 1 se detalla las condiciones y estado que los neumáticos deben estar sujetos, para lograr un adecuado coeficiente de adherencia, lo cual va a influir directamente la superficie en la cual circula el vehículo la medida del labrado del neumático.

**Tabla 1.** Coeficiente de adherencia de los neumáticos

Carretera		Neumáticos	
Tipo	Estado	Nuevos	Usados
Hormigón normal	Seco	1.0	1.0
	Mojado	0.7	0.5
Asfalto grueso	Seco	1.0	1.0
	Mojado	0.7	0.5
Asfalto normal	Seco	0.6	0.6
	Mojado	0.5	0.3

(Crouse, 2011)

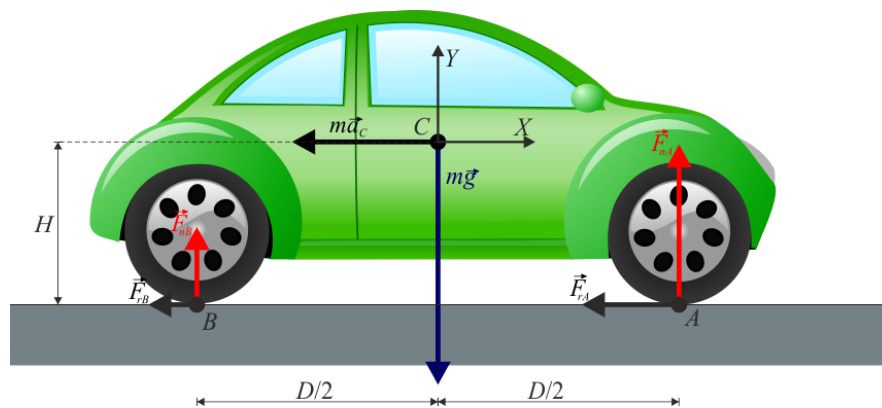
## 2.2. CONSECUENCIA DE FRENADO

Cuando se habla del sistema de frenos inmediatamente se piensa en la seguridad por eso es muy importante conocer cuáles son los factores que intervienen en el proceso de frenado, para evitar que estos se alteren y dejen de ser seguros. Cuando el vehículo está en movimiento se establece una fuerza de adherencia con respecto al piso sobre el que se desplaza. El valor de dicha fuerza depende, en cada instante, de la carga que suspenda sobre las ruedas, el coeficiente de adherencia, los neumáticos y la superficie que circula el vehículo (Automovil, 2012).

Ahora dicha fuerza de frenado proporcionada debe ser, en todo momento, inferior al límite de adherencia del automóvil. Cuando se supera esta fuerza las ruedas se bloquearán causando un derrape y un desvío de carretera.

Es decir si la fuerza de frenado aplicada a una rueda es menor que la fuerza de impulsión en la misma el resultado es positivo y hace que el vehículo se desplace, con menor intensidad. Por el contrario, si se aplica una mayor fuerza de frenado ( $F_f > F_i$ ) la resultante será negativa, creándose un par de fuerzas contrario al giro del motor que bloquea la rueda y produce el arrastre de la

misma así como se muestra en la figura 4 que se puede observar todas las fuerzas que intervienen en un auto en movimiento (Automovil, 2013).



**Figura 4.** Fuerzas de frenado en el vehículo  
(Motor7, 2015)

La fuerza de frenado debe ser la exacta y adecuada, un exceso de esta, no significa que el vehículo se detenga antes, ya que, para frenar, hay que transformar en calor la energía de la fuerza de avance ( $F_i$ ). Si se bloquea la llanta, al no existir un coeficiente de rozamiento entre sus elementos de frenado, ya no llega a convertir en calor la energía cinética del desplazamiento y, en consecuencia, el automóvil seguirá en movimiento hasta que la energía sea eliminada por otro dispositivo, lo que ocurre por efecto del rozamiento del neumático contra la calzada (Agueda, 2014).

El bloqueo exagerado de los neumáticos provoca un desequilibrio en el vehículo. El frenado desequilibrado trae consigo una pérdida de control del vehículo y el problema se considera aun más cuando se trata de estar en curvas. Si el bloqueo de las ruedas se produce en un solo eje se origina la pérdida de control del vehículo, de forma que, si el bloqueo se produce sobre las ruedas posteriores, el arrastre producido en dichas ruedas tiende a ponerlas por delante de las ruedas delanteras, ya que éstas se encuentran frenadas, proyectándose al efecto por balanceo traseros en ellas, y cuando se produce este efecto en las ruedas posteriores, esto corresponde a pérdida de control total de la dirección (Bosch, 2011).

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE FRICCIÓN**

No importa la clase de sistema de frenos los materiales de fricción y forros se clasifican de la siguiente manera:

El elemento de forro o elemento de fricción.

El contra metal, es decir tambor o disco.

El elemento en movimiento del sistema de freno, el contramaterial, están sometidos a dos distintos tipos de esfuerzos: el primero mecánico y el segundo térmico respectivamente (Navarro, 2009).

El primero es muy distinto cuando se refiere a discos o tambores. En los discos el enfriamiento está más asegurado y en los tambores el aumento de temperatura es más elevado. El esfuerzo mecánico a cual se somete este elemento es diferente y los aprietes son mucho más desfavorables en los discos que en los tambores, ya que estos últimos poseen una superficie mayor y los esfuerzos se reparten de manera que los hacen más eficientes (Bosch, 2008).

El material del forro es un elemento compuesto y complejo con un coeficiente de rozamiento, generalmente entre 0.35 y 0.45 para una aplicación es importante considerar que un coeficiente bajo es particularmente desfavorable aconsejable para evitar un trabajo deficiente, pero a la vez un coeficiente muy alto puede traer problemas aún peores como puede ser el bloqueo de ruedas, calentamiento ruido excesivo o pequeños golpes al frenar (Navarro, 2009).

## **2.4. EL " FADING "**

La resistencia al "fading" es uno de los factores más importantes a considerar en ensayos y pruebas que se realizan de manera estricta antes de dar por bueno a un forro estudiado o comprobado de manera general se dice que el "fading" desaparece cuando los forros bajan su temperatura, en ese tiempo es lo que se denomina una recuperación de los materiales (Automovil, 2013).



## 2.5. DISTANCIA DE FRENADO

En mecánica se llama distancia de parada, al intervalo recorrido por el automóvil desde que se presiona el pedal de freno hasta que se detiene o llega al reposo. Esta distancia va a depender directamente de algunos factores a considerar como son: fuerza en el frenado, grado de adherencia a la calzada en ese momento, la velocidad del vehículo, fuerza y aerodinámica que posee el vehículo, todas estos factores son consideradas para que esta distancia se mínima ya que el propósito mejor planteado por los fabricantes de materiales de forro. Esta distancia de parada del vehículo puede ser calculado por medio de una ecuación: en esta fórmula no se toma en cuenta la resistencia aerodinámica, considerando que los neumáticos están en un estado adecuado y se aplica la máxima fuerza de frenado, a continuación en la ecuación 3 se describe la ubicación exacta de las variables para determinar una distancia de frenado más exacta real.

$$D = \frac{V^2}{e*254} \quad [3]$$

Donde:

D: Distancia de frenada (m).

V: Velocidad en m/s.

e: Porcentaje de eficiencia de frenos.

254: Constante para que las distancias sea expresada en metros.

## 2.6. DISPOSICIÓN LEGAL PARA LA INSTALACIÓN DE FRENOS

Las siguientes normas o disposiciones son implantadas por decreto ley y tomadas en consideración por los propios fabricantes de vehículos, son contratadas por la Jefatura de industria en cuanto al sistema de frenos se refiere para poder proporcionar un sello de seguridad a los múltiples vehículos fabricados. Entre estas disposiciones las más consideradas son siguientes.

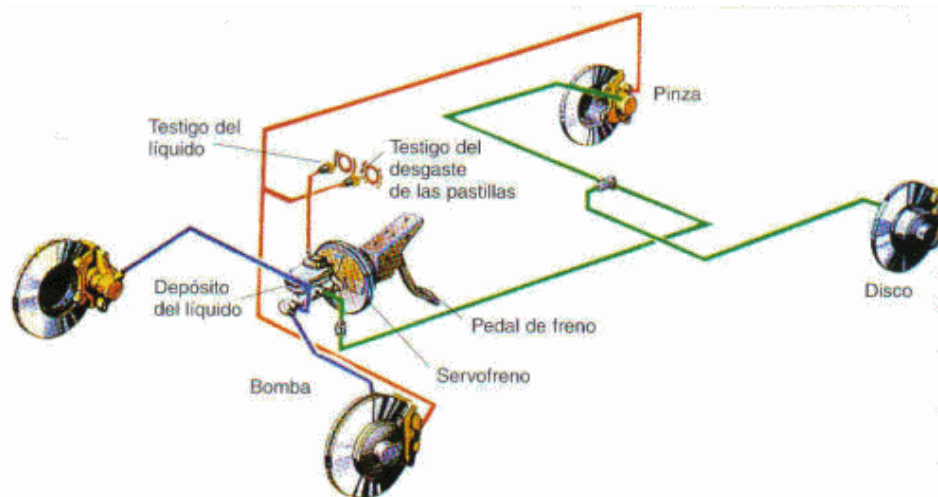
Los vehículos, de forma obligatoria deben poseer dos sistemas de frenos, independiente uno del otro, de manera que pueda ser utilizado cuando cualquiera de ellos falle en su función.

Uno de estos sistemas debe mantener inmóvil o en reposo el vehículo cuando quede estacionado. De ser necesario se debe utilizar el freno de estacionamiento como freno de emergencia, este debe tener la capacidad de generar una deceleración mínima de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

Los remolques con dos o más ejes deben poseer de una instalación de frenos con una capacidad de deceleración mínima de  $2.5 \text{ m/s}^2$  y, al momento de desacoplarse del vehículo de arrastre, sus ruedas deben quedar inmóviles de manera automática para evitar así cualquier tipo de accidente por resbalamiento del remolque (Bosch, 2008).

## 2.7. CIRCUITOS DE FRENO

Según la reglamentación, se dispone que todos los vehículos deben disponer de dos sistemas de frenado uno de pedal y otro de auxilio o de estacionamiento que funcione en caso de que el freno de pedal tenga fallas, a continuación se muestra en la figura 5 un vehículo equipado con estos dos tipos de sistemas (Pura, 2014).



**Figura 5.** Circuito sistema de frenos  
(Motor7, 2015)

## **2.7. CIRCUITO PRINCIPAL DE FRENO**

El circuito principal de frenado es accionado por un mando de pedal ubicado dentro del habitáculo del automóvil que trasmite su fuerza aplicada por el conductor a los principales elementos de frenado de las ruedas, la transmisión de fuerzas se ejecuta con la ayuda de un circuito hidráulico o neumático, aprovechando ésta energía transmitida por dichos fluidos a través de un sistema amplificador de fuerzas, y de esta manera llegue a las ruedas con la fuerza necesaria para detener el vehículo (Bosch, 2008).

Los sistemas de frenos ya sea principal o estacionamiento cumplen las siguientes características:

Generan un trabajo que se oponen al movimiento del vehículo, para esto, se debe diseñar un momento de resistencia que tenga la capacidad de frenar hasta velocidad cero de las ruedas, manteniendo los momentos de resistencia entre ambas ruedas del mismo eje, iguales y que dichos momentos de resistencia, sean diferentes entre el eje delantero y trasero, y de esta forma evitar que las ruedas traseras sean bloqueadas.

Convertir la energía cinética, creada por el vehículo, en energía calorífica, esto se lleva a cabo mediante el rozamiento entre elemento móvil contra otro que se encuentra fijo, produciendo así, un menor rendimiento mecánico. En caso del freno de tambor, cuando se habla del elemento móvil se refiere al tambor, ya se encuentran sujetos a las ruedas o de manera directa a la transmisión, cuando se habla del elemento fijo se refiere al plato del tambor y alas zapatas que son los elementos principales del sistema de frenado (Automovil, 2012).

## **2.8. CIRCUITO AUXILIAR DE FRENOS**

El circuito auxiliar se llama al freno que se hace funcionar en caso de que el otro tipo de freno falle.

Estos sistemas de freno de estacionamiento deben de manera deben cumplir con las siguientes especificaciones.

Generar un trabajo que se oponga al desplazamiento del vehículo, para ello, se crea un momento de resistencia que se opongan al movimiento de las ruedas de un mismo eje.

Dejar bloquear las ruedas de un eje a voluntad del conductor y mantener informado, a este, de que el sistema está activado (Paz, 2010).

## 2.9. FRENS COMPLEMENTARIOS

Existen otros tipos de frenos que pueden ser utilizados en autos o en otra industria muy aparte de la industria automotriz, a continuación se citan los más conocidos.

**Eléctrico:** Su funcionamiento es generando energía eléctrica en el instante que este es accionado, se lo conoce como freno regenerativo.

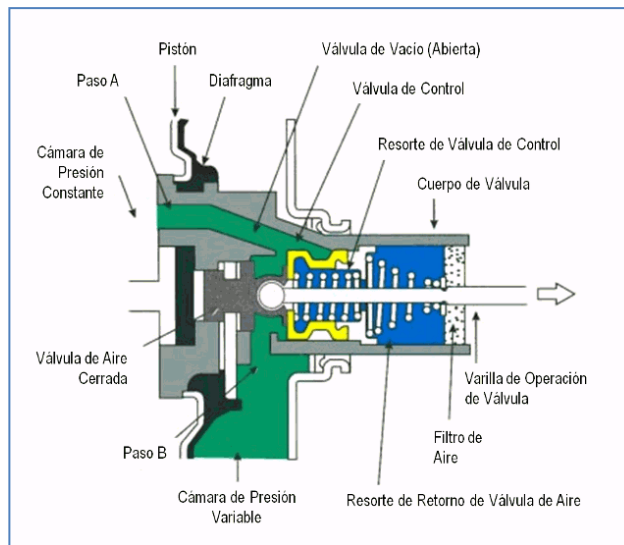
**Hidráulico:** Este funciona con elementos hidráulicos.

**Electromagnético:** En el momento de accionarse genera un campo magnético para frenar las ruedas ( Motor7, 2015).

## 2.10. SERVOFRENO

El servofreno es un elemento utilizado para amplificar la fuerza del conductor en el accionamiento del freno. El accionamiento del servofreno aumenta la fuerza efectuada por el conductor sobre el pedal de freno, con el objetivo de mejorar la fuerza de frenado. El servofreno se ha ido implementando en los vehículos a medida que iban aumentando su tamaño, peso, y potencia.

El servofreno cumple su función con ayuda del vacío producido en el múltiple de admisión del motor del vehículo. En los motores Otto el vacío producido es adecuado para el accionamiento del servofreno. De manera distinta pasa en los motores diesel donde la depresión es producida por un motor adicional en el colector de admisión, a continuación en la figura 6 se muestra un corte del servofreno para un mejor entendimiento y reconocimiento las principales partes del mismo (Automovil, 2013).



**Figura 6.** Servofreno partes y elementos.  
(Auto, 2015)

El servo freno se encuentra diseñado para generar un aumento de fuerza para el frenado a partir de un esfuerzo mínimo del conductor, utilizando variación de presiones atmosférica y de vacío del múltiple de admisión del mismo motor. Este evento amplifica la fuerza del pedal de freno de 2 a 4 veces.

En el momento que se proporciona una presión al pedal de freno, también genera una presión en la válvula de aire del servofreno. O con la presión creada por el servofreno hace que funcione el cilindro maestro (Remling, 2013).

### 2.10.1. CONSTRUCCIÓN

El servofreno se conforma de varios elementos vitales para que el sistema cumpla con su trabajo como son: el cuerpo, el pistón servofreno, el muelle de retorno del embolo, el mecanismo de acción y el sistema de la válvula de control. La carcasa del servofreno está dividida en una cámara de presión constante y una cámara de presión variable. Dichas cámaras se encuentran separadas entre sí por un diafragma. El principal objetivo de la válvula de control es regular la presión en el interior de la cámara de presión variable, a continuación en la figura 7 se aprecia el corte completo de servo freno, y todos sus elementos internos y externos (Ocaña, 2008).



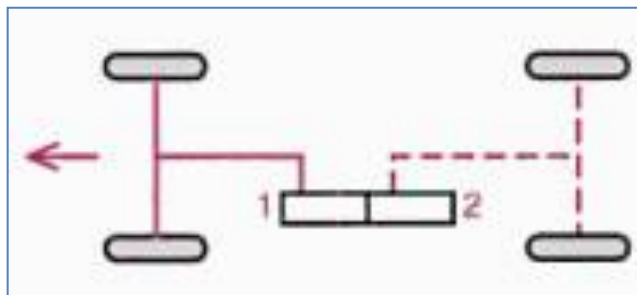
**Figura 7.** Diagrama servo freno sencillo  
(Ocaña, 2008)

## 2.11. DISTRIBUCIÓN DEL CIRCUITO DE FRENO

De las cinco diferentes maneras de repartir los circuitos de freno, las más utilizadas son la II y la X, que necesitan de una cantidad mínima de cañerías rígidas, tubos flexibles, empalmes separables y juntas estáticas o dinámicas. Por esta razón el riesgo de un fallo por fugas es tan mínimo en cada uno de los circuitos de freno (Bosch, 2008).

### 2.11.1. DISTRIBUCIÓN "II"

La repartición eje delantero/ eje trasero: El circuito de freno 1 actúa en el eje delantero y el otro circuito de freno 2 actúa en el eje posterior como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Distribución en "II"  
(Bosch, 2008)

### 2.11.2. DISTRIBUCIÓN "X"

Repartición cruzada o en x: cada uno de los circuitos de frenado trabajan sobre una rueda delantera y de la misma manera en la rueda posterior diagonalmente opuesta así como se muestra a continuación en la figura 9.

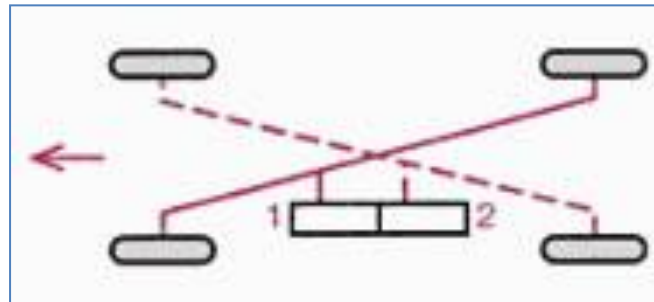


Figura 9. Distribución en "X"  
(Bosch, 2008)

### 2.11.3. DISTRIBUCIÓN "HL"

Repartición de frenado eje delantero y trasero/ eje delantero: uno de los circuitos de freno actúa en los ejes delanteros y posteriores, y el otro circuito únicamente en el eje delantero, así como se muestra en la figura 10.

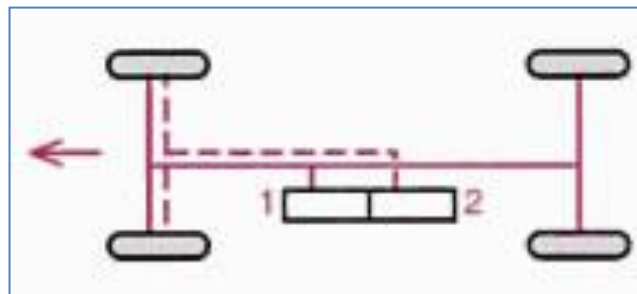
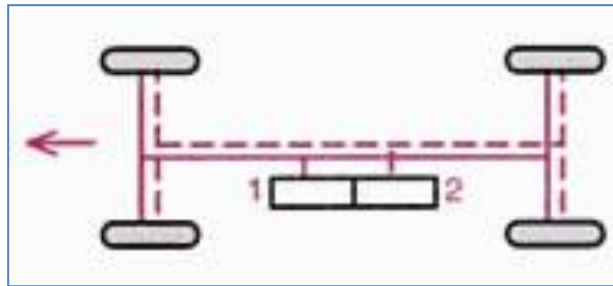


Figura 10. Distribución en "HL"  
(Bosch, 2008)

### 2.11.4. DISTRIBUCIÓN "HH"

En la figura 11 se describe la repartición de circuito eje delantero y trasero/ejes delantero y trasero. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y trasero.



**Figura 11.** Distribución en “HH”  
(Bosch, 2008)

## 2.12. TIPOS DE FRENOS

Un sistema de freno es la unión de varios elementos que tienen un objetivo en común el cual es detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol, tambor, disco en un vehículo. Los frenos son convertidores de energía, por lo que se puede entender como una máquina. Ya que convierte la energía cinética de un elemento en calor o en trabajo y en este sentido se los llama como “extractores” de energía. De manera que al sistema de frenos se lo considere como máquina, se encuentra en literatura del diseño como un elemento o dispositivo adicional de máquina, en la figura 12 se muestra los elementos fijos y móviles del sistema de frenado (Remling, 2011).



**Figura 12.** Elementos de frenado  
(Motor7, 2015)



El sistema de frenos de fricción se encuentra diseñado para trabajar mediante fuerzas de fricción siendo este el medio más indicado ya que convierte en calor la energía cinética del cuerpo a desacelerar.

Este sistema dispone de un cuerpo fijo sobre el cual ejerce una presión a un cuerpo móvil a desacelerar, y por lo general, en su mayoría son muy utilizados en la industria automotriz.

Este tipo de sistema de freno es implementado en varios tipos de maquinas. Su aplicación, función y trabajo es considerado altamente importante en los vehículos, como automóviles, trenes, aviones, motocicletas y bicicletas en su mayoría en medios de transporte particular y masivo (Navarro, 2009).

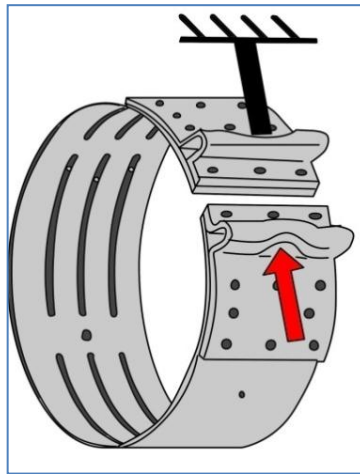
### **2.12.1. FRENO DE FRICCIÓN**

Este sistema de fricción se encuentra diseñado para trabajar mediante fuerzas de fricción siendo este el medio por el cual convierte en calor la energía cinética del dispositivo móvil a desacelerar. La fuerza de fricción o la fuerza de rozamiento es la fuerza que existe entre dos superficies en contacto, que se opone al movimiento relativo entre ambas superficies.

Siempre consta de un cuerpo fijo sobre el cual se ejerce una presión a un cuerpo a desacelerar. Son considerados muy importantes en toda clase de vehículos.

### **2.12.2. FRENO DE CINTA**

Este tipo de freno también es conocido como freno de banda. Trabaja con una banda flexible, donde las mordazas o zapatas se les aplica una presión para ejercer tensión sobre un émbolo o tambor giratorio que tiene el mismo movimiento y velocidad ya que va sujeto al eje que se pretenda controlar. La banda al producir presión, provoca la fricción con la cual se disipa el calor en forma de energía cinética al cuerpo a manipular, en la figura 13 se muestra como trabaja esta cinta, su parte móvil y su parte fija (Paz, 2010).



**Figura 13.** Cinta de freno  
(Paz, 2010)

### **2.12.5. FRENO HIDRÁULICO**

Este tipo de freno trabaja con la presión de un líquido o fluido (presión hidráulica) mediante esta fuerza impulsa las zapatas de freno contra el tambor.

Este sistema hidráulico consta principalmente de dos dispositivos: que son pedal del freno con un cilindro maestro y la parte mecánica del sistema, en conjunto con las cañerías de freno o conductos que se encuentran acopladas las piezas de sujeción.

Al entrar en trabajo, el movimiento del pedal del freno obliga a un pistón a deslizarse en el émbolo maestro. Este produce un aumento de presión al fluido delante del embolo (Vaca, 2010).

En la industria existen diferentes tipos de frenos que a continuación se citará los siguientes como los frenos mecánicos que se encargan de (transmitir la fuerza a través de cables o palancas), los frenos neumáticos (estos trabajan con aire comprimido) (Vaca, 2010).

### **2.12.6. FRENO DE DISCO**

El freno de disco es un sistema de frenado usado normalmente para ruedas delanteras y en algunos casos en ruedas posteriores de vehículos, en el cual la

parte móvil (el disco) solidario con la rueda que gira sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción como pueden ser las zapatas o pastillas que produce sobre ellos una gran fuerza como para transformar parcial o en su totalidad la energía cinética del vehículo en calor y de esa manera en trabajo, hasta detenerlo, reducir su velocidad o simplemente una desaceleración del vehículo según considere el conductor . Esta gran cantidad de calor ha de ser evacuada y sacada del sistema a cualquier forma, y lo más brevemente posible.

El mecanismo es muy parecido en esto al freno de tambor con la única diferencia y a la vez con una ventaja de que la superficie de frenado es menor pero la evacuación del calor al ambiente es mucho más eficiente, existen diferentes tipos de disco de freno, algunos son de acero macizo mientras que otros están rayados en la superficie o tienen agujeros que los atraviesan. Estos últimos, denominados discos ventilados, ayudan a disipar el calor de manera eficaz y dichos tipos de frenos se puede encontrar en los vehículos de alta gama que poseen gran velocidad o también en los vehículos preparados para competición.

#### **2.12.6.1. Mordaza (Calipers) o pinzas**

La mordaza es el soporte de las pastillas y los pistones de freno. Los pistones están generalmente hechos de hierro dulce y luego son recubiertos por un cromado. Hay dos tipos de mordazas flotantes y fijas. Las fijas no se mueven, en relación al disco de freno y utilizan uno o más pares de pistones. De este modo, al accionarse, presionan las pastillas de los dos lados del disco. En general son más complejas y caras que las mordazas flotantes. Las mordazas flotantes, denominadas “mordazas deslizantes” se mueven en relación al disco, un pistón a uno de los lados empuja la pastilla hasta que esta hace contacto con la superficie del disco, haciendo que la mordaza y la pastilla de freno interior se desplacen. De este modo la presión es aplicada a ambos lados del disco y se logra la acción de frenado (John, 2013).

### 2.12.6.2. Pistones o cilindro

Los pistones cuentan con una fijación que va a su alrededor y sellos que impiden el escape de la presión ejercida por el líquido de frenos, a través del cual son accionados. Las mordazas llevan un conducto por el cual entra el líquido de frenos y hace que la mordaza empuje la pastilla contra el disco, y a la vez que se corra la mordaza para frenar con ambas y se logre uniformizar el frenado y el desgaste (John, 2013).

### 2.12.6.3. Pastillas de freno

Las pastillas están diseñadas para producir una alta fricción con el disco. El material del que están compuestas determinará la duración, potencia de frenado y su comportamiento en condiciones adversas. Deben ser remplazadas regularmente, y muchas están equipadas con un sensor que alerta al conductor cuando es necesario hacerlo.

Estas pastillas trabajan de igual forma con los, denominados discos ventilados, ayudan a disipar el calor de una manera muy eficaz y dichos tipos de frenos se los encuentra en los vehículos de alta gama que poseen gran velocidad y también en los vehículos preparados para competición.

Algunas tienen una pieza de metal que provoca un chillido cuando están a punto de gastarse, mientras que otras llevan un material que cierra un circuito eléctrico que hace que se ilumine un testigo en el cuadro del conductor, a continuación en la figura 14 se muestra un tipo de pastilla de freno (Remling, 2013).



**Figura 14.** Pastillas de freno  
(Motor7, 2015)

Se dice que hace un poco tiempo las pastillas contenían asbesto, que ha sido prohibido por resultar carcinógeno.

Por lo tanto, al trabajar con vehículos antiguos se debe tomar en consideración el no inhalar el polvo que pueda estar depositado en las inmediaciones de los elementos de frenada (Navarro, 2009).

#### **2.12.6.4. Tipos de pastillas de freno**

**Cerámicas:** este tipo de pastillas están compuestas por cerámica y fibra de cobre, lo que permite que las pastillas de este tipo controlen la tendencia del freno a perder potencia a temperaturas más altas y se recuperen de manera más rápida luego de detener el automotor.

**Orgánicas:** están compuestas por materiales comunes y algunos con el grafito, resinas y fibras, estas son de una inmejorable calidad y adherencia al frenar, generan menos calor que las metálicas y este tipo de pastillas necesita un rodaje en los primeros kilómetros (Remling, 2011).

**Semi metálicas o metálicas:** están compuestas por materiales de fricción como el hierro, la fricción en condiciones de seco y mojado no varían demasiado, por lo que tiene mejor frenada en condiciones de húmedas que los otros tipos de pastilla.

La duración es muy elevada, llegando a alcanzar los 15000 km. El calor desprendido es mucho mayor que los otros tipos (Remling, 2013).

#### **2.12.7. FRENO DE TAMBOR**

En el freno de tambor la fricción es producida por un par de zapatas que prensa contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o al neumático, en la figura 15 se ilustra un despiece total de los elementos que conforman un freno de tambor partes fijas y móviles. Los frenos de tambor modernos los inventó Louis Renault en 1902, aunque un tipo de

freno similar pero menos sofisticado ya se usó por Wilhelm Maybach un año antes.



**Figura 15.** Freno de tambor  
(Automovil, 2012)

En este tipo de freno para su acción consta de un tambor, que es el elemento móvil, acoplado sobre el buje de la rueda por medio de tornillos o espárragos y tuercas, del cual recibe movimiento, y un plato de freno elemento fijo sujeto al puente o la mangueta. En este plato van colocados los elementos de fricción, llamados ferodos, y mecanismos de accionamiento para el desplazamiento de las zapatas (De Castro, 2007).

### 2.12.7.1 Tambor

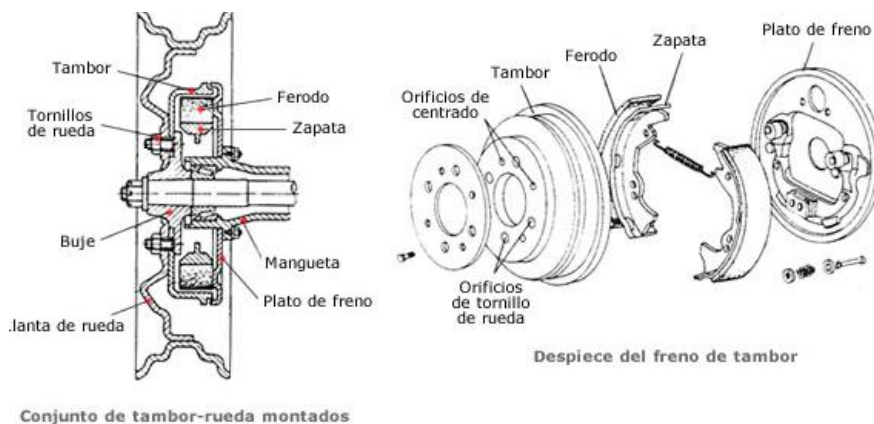
El tambor es la pieza que conforma la parte giratoria del freno, que recibe aproximadamente la totalidad del calor desarrollado en el frenado. Este tipo de freno para su acción consta de un tambor, que es el elemento móvil, acoplado sobre el buje de la rueda por medio de tornillos o espárragos y tuercas, del cual recibe movimiento, y un plato de freno elemento fijo sujeto al puente o la mangueta.

Se produce en fundición gris perlática con grafito esférico, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación y que absorbe perfectamente el calor producido por el rozamiento en el frenado. Cabe recalcar, que para ciertas aplicaciones, las fundiciones aleadas, son de gran dureza y capaces de soportar cargas térmicas muy elevadas, en la siguiente figura 16 se ilustra un freno de tambor de forma real (Automovil, 2012).



**Figura 16.** Tambor de freno  
(Automovil, 2012)

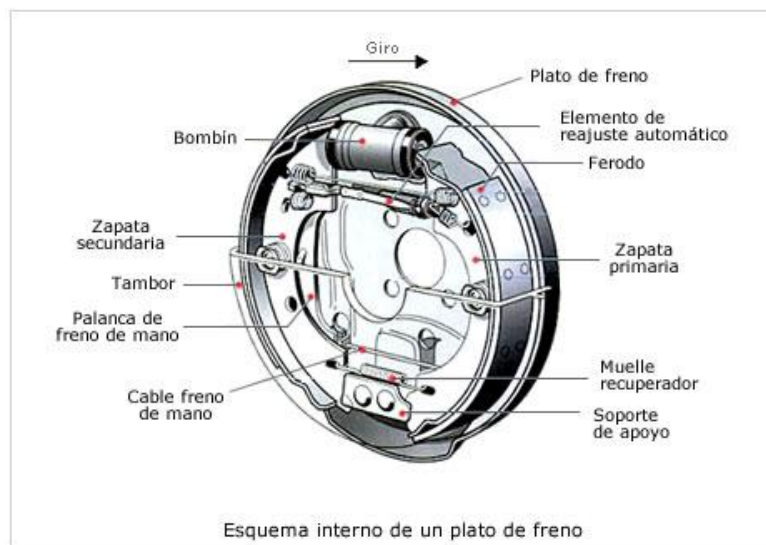
Para obtener un equilibrio dinámico del tambor debe ser torneado interior y exteriormente, con un mecanizado fino en la zona interior o en la de fricción para facilitar el ajuste con los ferodos sin causar agarrotamientos. En la zona central lleva practicados unos taladros donde se acoplan los espárragos de sujeción a la llanta y otros orificios que sirven de guía para el centrado de la llanta al buje como se muestra en la figura 17.



**Figura 17.** Freno de tambor despiece  
(Remling, 2011)

### 2.12.7.2. Plato de frenado

El plato de freno está conformado por el plato porta frenos o soporte de la chapa embutida y troquelada, sobre el que se monta el bombín o bombines de accionamiento hidráulico las zapatas de freno y demás elementos de fricción y regulación. Las zapatas se unen por un extremo al bombín y por el otro a un soporte regulable, a su vez, se mantienen unidas al plato por medio de un mecanismo elástico de pasador y muelle, que permite un lanzamiento axial. El muelle, que une las dos zapatas, permite el retroceso de las mismas a su posición de reposo cuando cesa la fuerza de desplazamiento efectuada por el bombín en la figura 18 se muestra los elementos que conforma este elemento llamado plato de frenado (Paz, 2010).



**Figura 18.** Freno de tambor elementos  
(Paz, 2010)

### 2.12.7.3. Forma y característica de las zapatas

Las zapatas de freno están constituidas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en la zona exterior por los ferodos o forros de freno, que son los encomendados de efectuar el frenado por fricción con el tambor.



Los forros de freno se unen a la zapata metálica por medio de remaches embutidos en el material hasta los 3.7mm de espesor del foro como se muestra en la figura 19 para que no rocen con el tambor, o bien pegados con colas de contacto (Navarro, 2009).



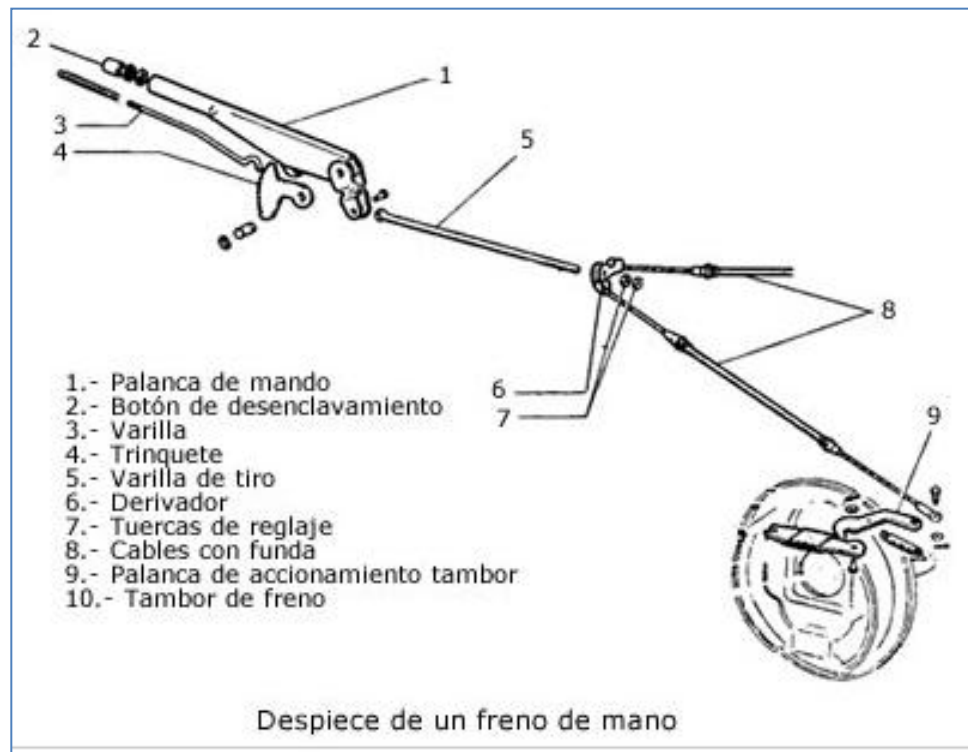
**Figura 19.** Zapatas de freno  
(Navarro, 2009)

### **2.13. FRENO DE MANO O FRENO DE ESTACIONAMIENTO**

El freno de mano o de estacionamiento, es un mecanismo que inmoviliza el auto cuando está estacionado, ya sea manual o automáticamente. También está disponible para parar al carro en el caso que falle el freno de pedal (función de emergencia).

En la mayoría de los autos ligeros se manobra con la mano y mediante un cable se acciona las ruedas traseras. Se dice que en carros pesados por tradición se acciona mediante el pie. Es el caso de los vehículos Mercedes Benz.

Es importante recalcar que en los vehículos de rally el freno de mano es hidráulico y no posee mecanismo para mantenerlo bloqueado. Permite bloquear las llantas con menos esfuerzo para derrapar el auto en curvas cerradas, a continuación en la figura 20 se divisa las partes principales que hace del freno de mano un sistema eficiente (Bosch, 2008).

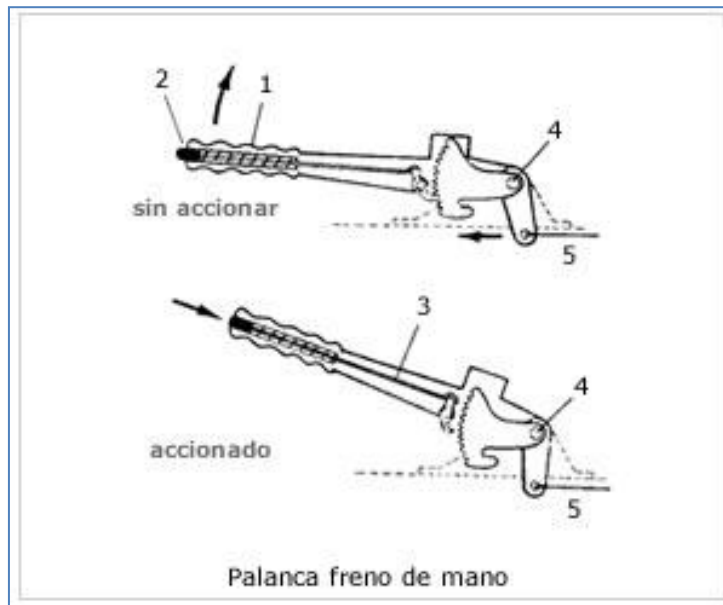


**Figura 20.** Elementos del freno de estacionamiento convencional  
 ( Motor7, 2015)

### 2.13.1. FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE MANO

Los movimientos que se debe ejecutar para un buen accionamiento del mecanismo de freno de mano: Al girar la palanca (1) hacia arriba para accionar los frenos, la uñeta del trinquete (4) se desliza a lo largo de dientes del sector, quedándose fija en la posición deseada e implementando que la palanca se baje. Este desplazamiento de la palanca al girar sobre su eje accionando la varilla (3) y los cables (8) que acciona los dispositivos de frenado en los platos porta frenos o mordaza.

Para desconectar el freno de mano basta con pulsar sobre el botón de desclavamiento (2) que acciona la varilla (3) soltando la uñeta del trinquete por lo que permite el giro angular de la palanca (1) hacia abajo, desconectando la fuerza de tiro sobre los elementos de frenado como se muestra en la figura 21 a continuación (Bosch, 2008).



**Figura 21.** Accionamiento freno de estacionamiento  
(Bosch, 2008)

## 2.14. FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELÉCTRICO

El freno de estacionamiento es un sistema con asistencia o mando electrónico. Este mecanismo ha sustituido al freno de estacionamiento convencional en varios modelos de autos. El freno de mano electrónico (EPB) se activa mediante un interruptor electrónico. Puede funcionar de modo manual o automático se comercializó por primera vez en automóviles 2001, montado de serie sobre el Lancia Thesis. Poco tiempo después fue instalado en el 2002 en un BMW. Los frenos eléctricos han aparecido en Audi A6 y A8, Lincoln LS, S – Tipo del Jaguar y Renault Scenic y Escape y en el 2006 Volkswagen Passat (Paraninfo, 2013).

Para facilitar la conducción, hoy en día los avances también han llegado a los carros nuevos. Uno que se ha vuelto muy popular es aquel que facilita las tareas de aparcar.

Los autos nuevos que son lanzados al mercado incluyen varios elementos para simplificar muchas de las acciones que realiza mientras se conduce. Uno de estos elementos de confort es el freno de estacionamiento eléctrico, cada

vez más seguro y sustituye al freno de mano común por un sistema eléctrico que presiona los frenos del coche y que se controla con un mando o botón. El conductor cuando lo desee, solo tiene que utilizar el mando que encontrará en el salpicadero y acto seguido, las llantas traseras se frenaran automáticamente. Entre los aspectos más interesantes que ofrece el freno de estacionamiento eléctrico se encontrará el confort de no tener que tirar con fuerza la palanca. Con solo presionar el mando, el sistema eléctrico accionará con toda la fuerza necesaria el freno, evitando posibles movimientos del coche al aparcar en una rampa inclinada, en la figura 22 se muestra el botón de mando que acciona todo el sistema del EPB (Paraninfo, 2013).



**Figura 22.** Botón de mando EPB  
( Motor7, 2015)

Una de las ventajas de este sistema es diseño, ya que al desaparecer la palanca de freno queda mucho más espacio en el habitáculo del conductor, en la consola central y el apoya pies. Desaparecen además los cables de comando lo cual simplifica el proceso de producción y ensamble del vehículo (Paraninfo, 2013).

La electrónica ofrece funciones muy útiles que dan comodidad en el manejo pero también ayudan en seguridad vial. Por último al ser un sistema mecatrónico el cual sus funciones están sometidas a un control continuo. Este sistema se implementa con una unidad de control para freno de estacionamiento electrónico, dos motores de inmovilización que se agregan a

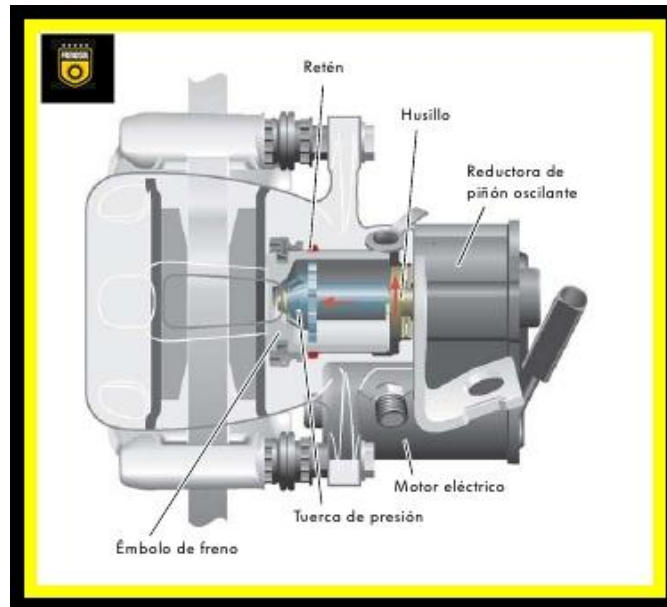
las mordazas traseras y dos botones pulsadores en el habitáculo del conductor uno que activa el freno de estacionamiento y el otro que enciende la función AUTO HOLD que más adelante se explicará. A su vez el sistema interactúa con el sensor de posición de embrague con la unidad del control del ABS (Daniels, 2007).

En el freno de estacionamiento se puede encontrar aspectos interesantes como la comodidad de no tener que tirar con fuerza de la palanca. Con solo presionar el mando, el sistema eléctrico accionara la fuerza necesaria al freno, evitando posibles movimientos del coche al aparcar en una rampa inclinada (Daniels, 2007).

#### **2.14.1. ACCIÓN ELECTROMECAÁNICA**

Para que el sistema de freno se accione, la unidad de control excita los motores eléctricos que se agregan en las mordazas traseras. El motor maniobra el tornillo a través de dos piñones y una banda dentada. El giro del tornillo hace que avance una tuerca de presión que empuja un pistón que oprime las pastillas contra el disco de freno. El conductor cuando lo requiera, solo tiene que utilizar el mando que encontrara en el salpicadero y acto seguido, las llantas traseras se frenaran automáticamente.

En este proceso también actúan un retén que al accionarse el sistema se deforma hacia las pastillas. Si la corriente absorbida es mayor a determinado valor la unidad de control interrumpe la alimentación de corriente hacia el motor. Cuando se desactiva el freno de estacionamiento el motor desenrosca el tornillo con lo que vuelve el pistón y al volver el retén a su forma original las pastillas liberan el disco de freno, como se muestra en la figura 23 el sistema de freno de estacionamiento electrónico más nuevo que existe en el mercado (Paraninfo, 2013).



**Figura 23.** Accionamiento piñones de apriete  
(Hernández, 2008)

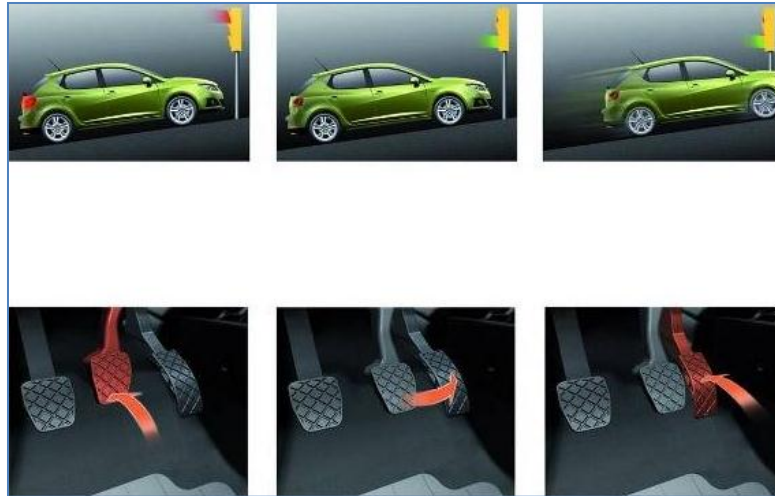
#### **2.14.2. ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO AL APAGAR EL VEHÍCULO**

Al apagar el motor el cable del freno de estacionamiento se tensionará sin ninguna acción del conductor, el ordenador captará que se ha apagado el carro y automáticamente bloqueará los neumáticos posteriores así se impedirá el olvido del accionamiento del freno de estacionamiento manual y ofrece una mayor seguridad de enclavamiento del auto en pendientes (Gil, 2007).

#### **2.14.3. ARRANQUE EN CUESTA AUTOMÁTICO**

En el instante de detenerse en una pendiente con el motor encendido, el freno de estacionamiento estará en reposo, pero si el conductor lo desea, este sistema puede ser maniobrado con la ayuda de un botón de control que se encuentra en el tablero del auto, para que el mismo quede inmovilizado, y que este sistema se desbloquee el controlador recibirá la información de sus tres sensores: el sensor de posición del embrague, el sensor de posición del

acelerador y la sincronización de la primera marcha o reversa si el computador recibe estas señales automáticamente liberará las ruedas posteriores y el arranque en cuesta será muy fácil, en la figura 24 se ilustra de manera más real esta característica del EPB (Gil, 2007).



**Figura 24.** Arranque en cuesta automático  
(Casado, 2014)

#### **2.14.4. DESACTIVACIÓN AL INICIAR LA MARCHA**

En el momento que el chofer arranca suelta el embrague y acelera, el freno electrónico se afloja automáticamente. El aflojado manual se obtiene solo con presionar el botón de control para que el sistema se desactive y en caso de no desactivarse pues se encenderá una luz de alarma muy fácil de visualizar (Gil, 2007).

#### **2.14.5. DESACTIVACIÓN MANUAL DEL SISTEMA EN CASO DE FALLA EN LA BATERÍA**

La conducción primordial de este mecanismo es eléctrico, esto quiere decir que si la batería falla el vehículo se mantendrá inactivo para corregir este inconveniente el sistema posee un cable de tensión manual que permite desbloquear las llantas traseras y una vez que se corrija el problema pues tan

solo con encender el motor este cable se rearmará automáticamente. El ajuste en pendientes y la activación automática al detener el motor, un sistema muy confiable pero a la vez restringe la sencillez de poder reemplazar las pastillas de freno cuando estén gastadas, de esta manera se necesita de equipo especial para poner el EPB en modo de servicio liberando la presión que se genera en las mordazas traseras (Gil, 2007).

Esto crea o provoca que el reemplazo de unas pastillas de freno en este sistema sea más costoso que en un sistema convencional donde el accionamiento es totalmente mecánico pero con la ventaja de poder cambiar las pastillas sin la necesidad de equipo especial. El EPB es un sistema más que se une a la red CAN del vehículo y que al integrarse en el control de estabilidad provee funciones dinámicas a estabilización en maniobras de frenado de emergencia (Gil, 2008).

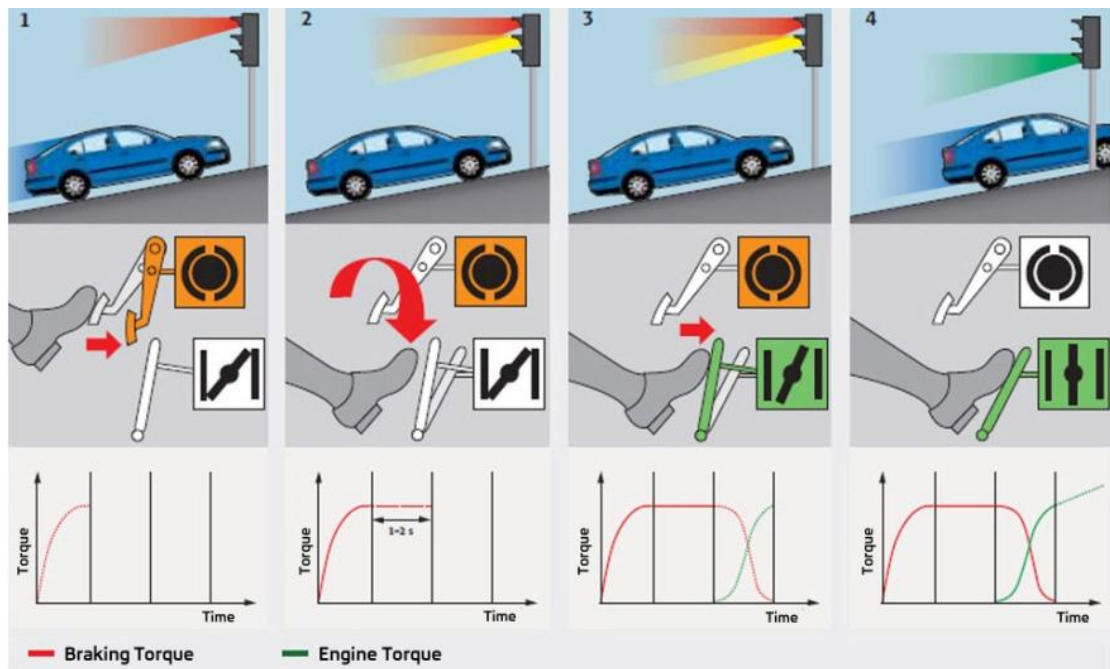
#### **2.14.6. FUNCIÓN AUTO HOLD**

Este sistema aporta con dicha función y se encarga de accionar automáticamente el freno de estacionamiento cuando el auto se detiene como por ejemplo en un semáforo. Esta característica sirve cuando se circula en caravana esto se entiende como (Stop and Go) o cuando se debe parar y arrancar en forma reiterada en pendientes, ejemplo cuando conducimos en un tráfico, cuesta arriba. Esta función se activa con el segundo botón de la consola siempre y cuando la puerta del chofer esté cerrada con el cinturón de seguridad colocado y el motor en funcionamiento (Daniels, 2007).

Una vez activada la función puede actuar de dos formas, si fue el conductor el que detuvo el vehículo accionado el pedal de freno, la computadora congela la presión del sistema hidráulico cerrando las válvulas del ABS con lo cual ya detecta inmovilidad y un nuevo arranque el ESP efectúa una carga hidráulica a trabes de la bomba ABS. El frenado en esta ocasión se ejecuta con las cuatro llantas a través del sistema hidráulico. Si en tres minutos no se movió el



vehículo se produce un cambio hacia el freno de estacionamiento electromecánico como se muestra en la figura 25 (Daniels, 2007).



**Figura 25.** Función auto hold (Daniels, 2007)

En la figura 26 se ilustra la ubicación del botón de mando que acciona una de las interesantes funciones que cumple el EPB.



**Figura 26.** Mando de accionamiento auto hold (Motor7, 2015)

## 2.14.7. PRINCIPALES COMPONENTES

El sistema se conforma de diferentes dispositivos electrónicos, que aportan con su aplicación para que el nuevo sistema cumpla con las características requeridas del proyecto y con la mayor seguridad de trabajo posible, y estos elementos se puede ver la figura 27 a continuación.



**Figura 27.** Principales sensores y actuadores del sistema (Gil, 2008)

- Unidad de mando, elemento central del sistema que incorpora el calculador y el motor de accionamiento y otros dispositivos.
- Los cables que conectan con las pinzas de freno convencional.
- Tirador de emergencia para soltar el freno en caso de falta de batería.
- Paleta de mando o tirador para bloquear y desbloquear a voluntad el freno, va en salpicadero o consola central.
- Captador de posición de pedal de embrague, para informar del punto de salida del embrague, no lo lleva si tiene caja automática.

- Red multiplexada del vehículo por donde llega la información necesaria para la correcta operación (Gil, 2008).

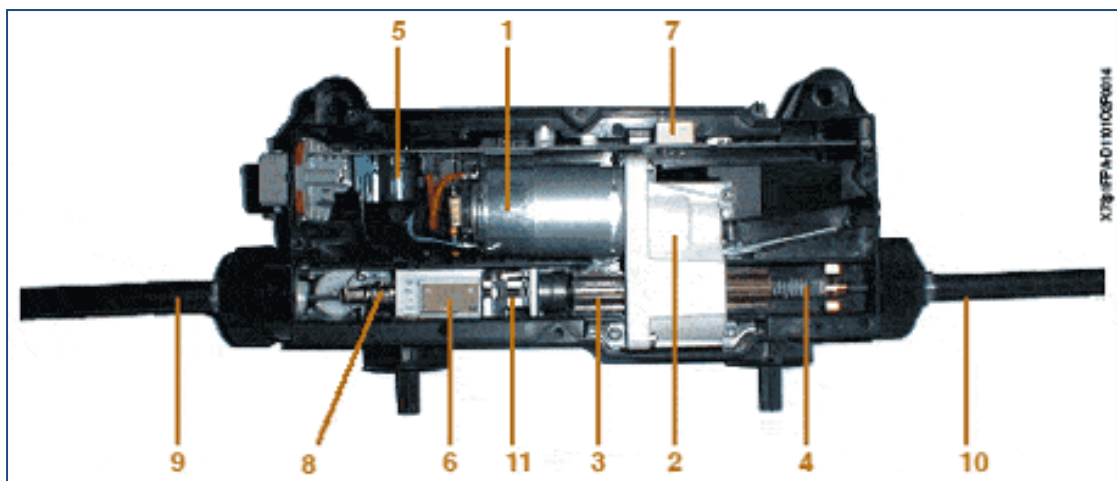
### 2.14.8. MÓDULO DE MANDO

La unidad de mando, se entiende que es una parte muy fundamental para el sistema de frenado automático ya que es el encargado de ordenar a los demás componentes cuando hay que trabajar, la elaboración estática y muy compacta del cajetín impide cualquier manipulación de éste salvo la sustitución de los cables ( Infante, 2015).

El funcionamiento de trabajo es el apriete y el aflojado, del motor (1) pone el reductor (2) en rotación. El árbol acanalado (3), unido en rotación al piñón de salida del reductor, arrastra en translación el tornillo de fijación del cable (4). Esto provoca el apriete o el aflojado según el sentido de rotación del motor.

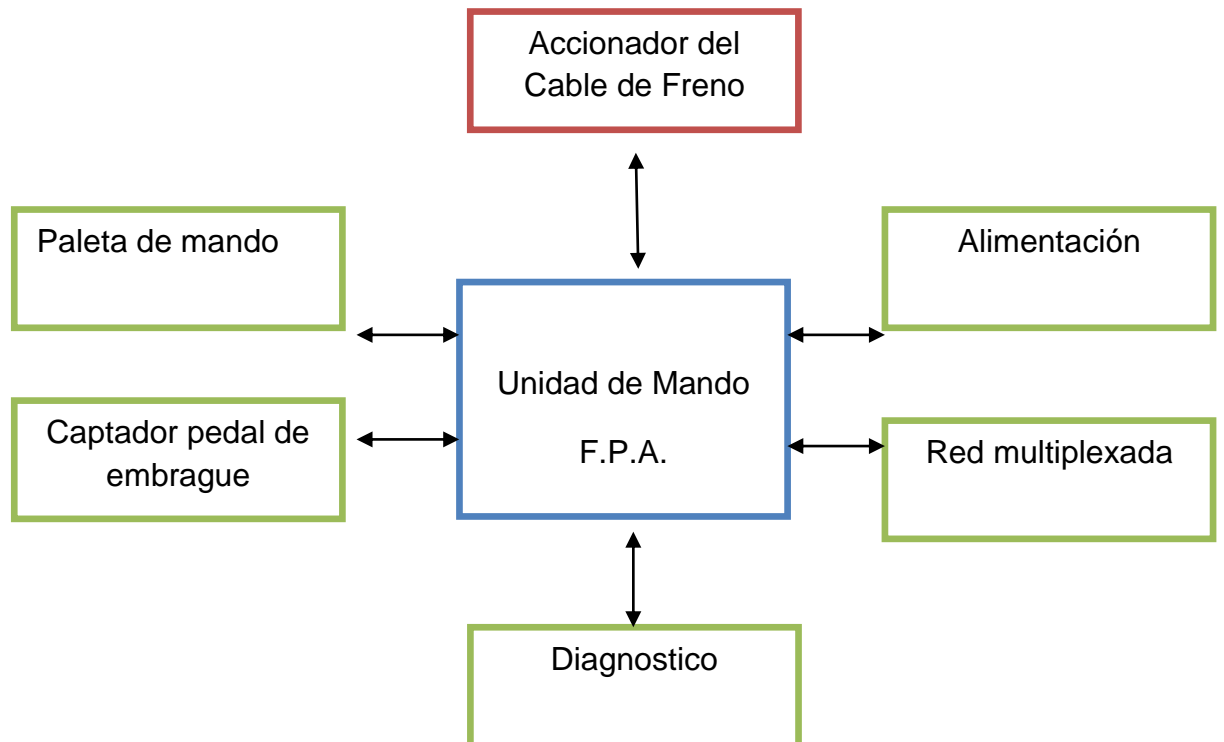
La electrónica (5) controla el esfuerzo que hay que aplicar a los cables. Esto permite detener el carro utilizando la información de los captadores de esfuerzo (6) y de pendiente (7). En caso de anomalía eléctrica, el desbloqueo mecánico (11) desacopla los dos cables.

Asegura así la distensión completa de los cables, de manera detallada y real se muestra los elementos de este módulo en la figura 28 a continuación ( Infante, 2015).



**Figura 28.** Módulo de mando (EPB)  
( Infante, 2015)

En la figura 29 se detalla un diagrama de los principales dispositivos y componentes que conforman el sistema del módulo de mando que hacen que el prototipo trabaje sin complicaciones y ejerza las características novedosas que ofrece dicho sistema , que trabaja como el corazón del sistema EPB.



**Figura 29.** Cuadro sinóptico funcionamiento (EPB)  
( Infante, 2015)

#### **2.14.9. PRINCIPALES INFORMACIONES OBTENIDAS DE LA RED MULTIPLEXADA DEL VEHÍCULO**

En la tabla 2 se enlista los dispositivos electrónicos que hacen que el funcionamiento sea posible, así también el tipo de información y función que cumplen dichos elementos electrónicos.

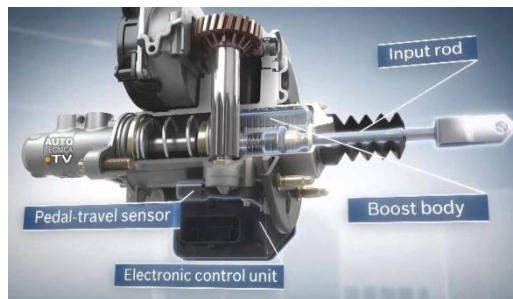
**Tabla 2.** Señales de la red multiplexada

CALCULADOR	TIPO DE INFORMACIÓN
ABS	Velocidad del vehículo
	Velocidad de las ruedas traseras derecha e izquierda
Inyección  Sensores o captador (Sirve para activación en cuesta automático)	Régimen del motor
	Estado del motor ( arranque, parado)
	Par motor
	Pedal del acelerador( voluntad del conductor)
Transmisión automática	Marcha metida
Unidad de mando habitáculo	Marcha metida (transmisión mecánica )
	Alimentación después del contacto
	Tarjeta a fondo
Airbag	Choque ( No hay apriete tras un choque )

( Garcia, 2013)

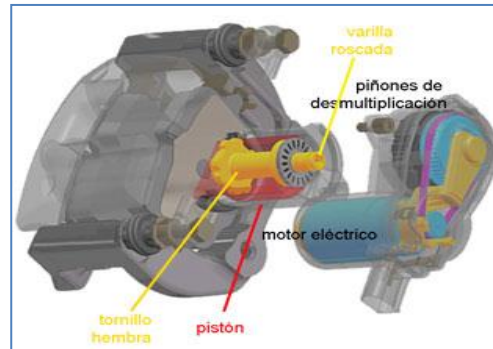
La unidad de control lleva alimentación y masa a través de 2 vías para mayor seguridad e información del contacto. Tiene un inclinómetro interno para corregir en función a la inclinación del auto (Gil, 2007).

Emite información al cuadro sobre los estados (activado desactivado) informa al conductor de demandas (accionar, soltar) y de anomalías. Alimenta los motores de las pinzas, invirtiendo la polaridad para soltar, en la figura 30 se muestra un diagrama de flujo del accionamiento desde el botón de mando hacia los elementos actuadores.



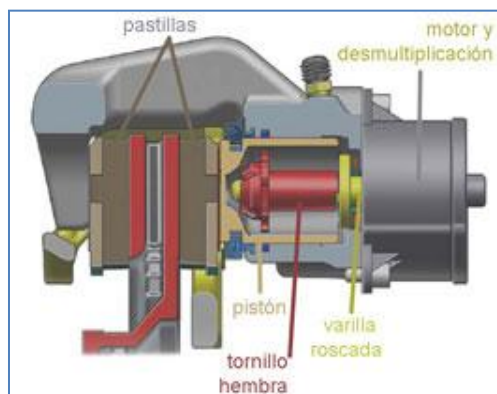
**Figura 30.** Proceso de envío de señales  
(I Infante, 2015)

El motor eléctrico alimentado por el computador gira a través del tornillo hembra igual una palanca tirada por un cable de freno de mano tradicional. El motor tiene un consumo máximo de 19 A y 195 mA en espera, en la figura 31 se observa de cómo es el funcionamiento de un sistema de engranaje con tornillo hembra y su piñón de desmultiplicación que es uno de los sistemas de última tecnología en lo que se refiere a sistemas EPB y que poseen únicamente autos de alta gama.



**Figura 31.** Accionamiento tornillo hembra  
( Infante, 2015)

En el cambio de las pastillas es necesario utilizar un equipo de comprobación y diagnóstico para hacer que la unidad de mando accione los motores hacia el tope mínimo del pistón, así como se muestra en la figura 32 para colocar las pastillas nuevas. Sirven los útiles de diagnóstico de cada marca y se distribuyen por las empresas de herramientas de diagnóstico aparatos específicos para estos sistemas (Hernández, 2008).

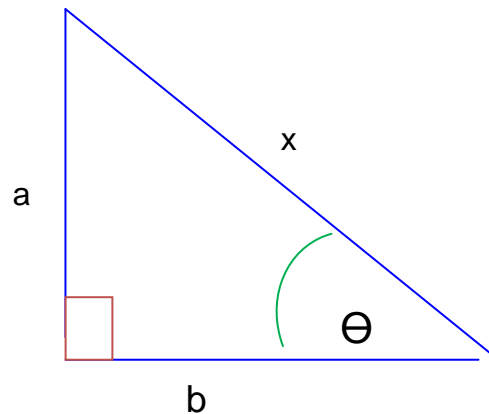


**Figura 32.** Sustitución de pastillas  
(Hernández, 2008)

## 2.14.10. ECUACIONES PARA SELECCIÓN DEL MOTOR

Es necesario mencionar que el sistema EPB existen 2 tipos, el primero es un tanto más sencillo consta en sustituir la fuerza que aplica el conductor por un motor eléctrico para que éste jale el cable, y el otro sistema es más sofisticado y es el mismo que se acaba de citar y consta de un sistema de engranajes que empuja un embolo hidráulico y este se encarga de presionar los discos de freno y de esa manera se frena las ruedas.

A continuación se muestra el teorema de Pitágoras, esta ecuación será de gran ayuda para la determinación de módulos y catetos como se muestra en la figura 33 que posteriormente se aplicara para futuros cálculos.



**Figura 33.** Teorema de Pitágoras  
(García, 2013)

$$X = \sqrt{a^2 + b^2} \quad [4]$$

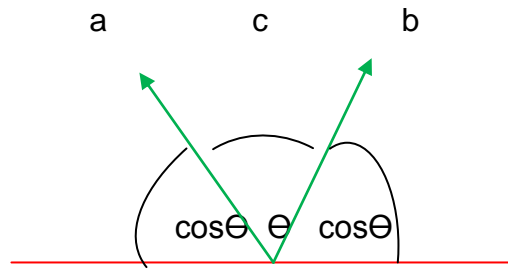
Donde:

X: Hipotenusa

a: Cateto opuesto

b: Cateto adyacente

Y en el caso de que este ángulo llegara a variar, se utilizará la ecuación 5 que es la ley de cosenos, con la misma se podrá determinar módulos sin importar el ángulo, como se muestra en la figura 34.



**Figura 34.** Ley de cosenos  
(Automovil, 2012)

$$C = a^2 + b^2 - 2 ab \cdot \cos \theta \quad [5]$$

Donde:

c: Distancia o módulo

a: Cateto opuesto

b: Cateto adyacente

Para la determinación de potencia se utilizará la ecuación 6 que a continuación se detalla.

$$P = T \cdot W \quad [6]$$

Donde:

T: Torque del motor.

W: Velocidad angular.

Despejando los términos se obtiene la siguiente ecuación

$$P = F \cdot r \frac{\pi \text{ rad}}{2 \text{ s}} \quad [7]$$

Donde:

Fr: Torque.

$\frac{\pi \text{ rad}}{2 \text{ s}}$  : Equivale 90° grados de recorrido.



Todos estos conceptos llevan a detallar que es torsión y que a continuación se explicará.

Torsión se entiende como la repartición de fuerzas de tensión sobre una superficie maciza circular para pequeñas transformaciones, que por su simetría circular no debe haber la existencia de alabeos de otra clase en la superficie.

Ahora una vez que se determina la potencia se debe hacer ligeros cálculos del motor como es relación de transmisión de engranes y del tornillo sin fin y corona del sistema que posee el motor eléctrico que se va a escoger.

A continuación se ilustra la ecuación 8 con la cual se determinará la relación de transmisión del tornillo sin fin con relación a la corona.

$$J = \frac{1}{z} \quad [8]$$

Donde:

1: Una vuelta del tornillo sin fin.

Z= Número de dientes de la corona.

J= Relación de transmisión.

También es necesario conocer la relación entre la potencia P, la velocidad angular y el par de torsión en un eje a continuación se muestra en ecuación 11 como se determinan dichos valores.

$$T = \frac{P}{\omega} \quad [9]$$

El avance de un sin fin en una revolución se determina de la siguiente manera con la ecuación 10 que a continuación se muestra.

$$L = N_w \cdot P_x \quad [10]$$

Donde:

Nw: Número de roscas.

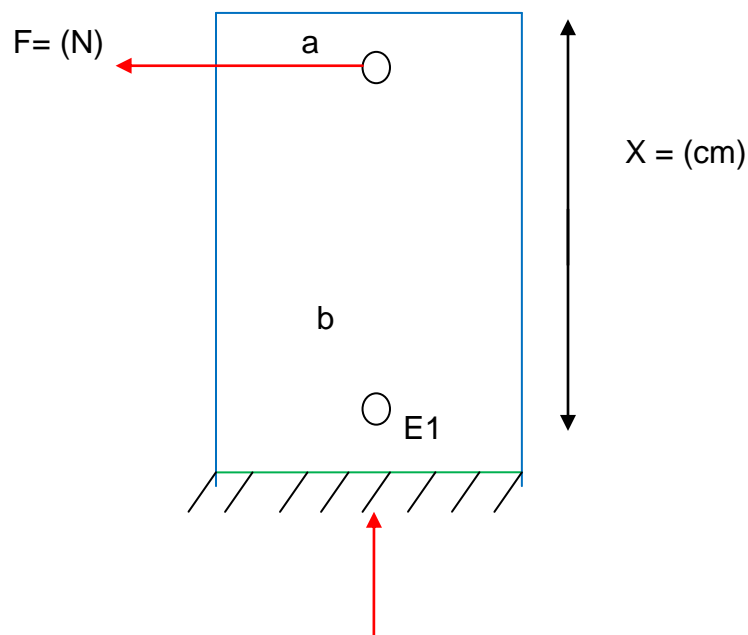
Px: Paso axial.

L: Avance.

## 2.14.11. ESFUERZOS Y FACTORES

### 2.14.11.1 DCL

En la figura 35 se muestra el diagrama de cuerpo libre con los esfuerzos a los cuales puede ser sometido un cuerpo independientemente del material de construcción.

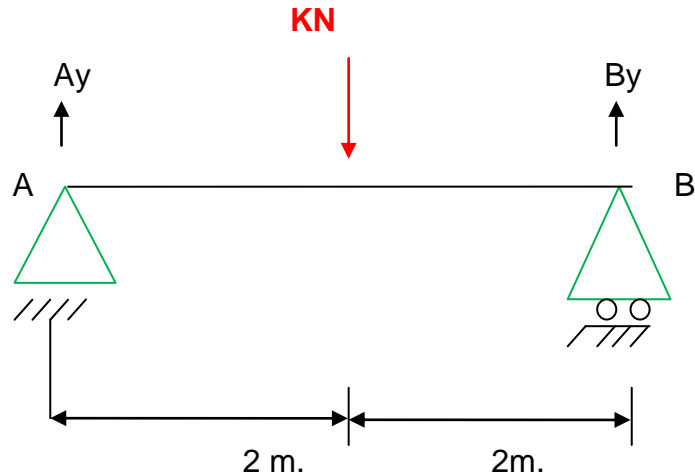


**Figura 35.** DCL esfuerzos  
(Serway, 2015)

### 2.14.11.2 Cálculo de reacción y apoyo

Este cálculo sin duda es uno de los primeros análisis en estructuras de vigas. Consiste en determinar los valores de las fuerzas de reacción con respecto a los apoyos A y B para esto se necesita elaborar un diagrama de cuerpo libre.

Se considera en la figura 36 una viga con un soporte en A y un rodillo en B y apoyos de reacción en  $A_y$  y  $B_y$  (Serway, 2015).



**Figura 36.** Diagrama reacción y apoyos  
(Casado, 2014)

En lo que se refiere a la sumatoria de momentos en relación con el punto de reacción, lo más seguro es igualar a cero como se muestra en la siguiente ecuación 10 para evitar errores de valores.

$$\Sigma MB=0 \quad [10]$$

### 2.14.11.3. El esfuerzo con respecto al momento de inercia

Se utiliza normalmente en vigas de sección constante, y muestra cómo el esfuerzo máximo se efectúa en la sección de momento máximo flexionante como se puede ver en la ecuación 11 (Intercom, 2016) .

$$\sigma = \frac{M}{I/C} \quad [11]$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo.

I/C: Módulo de resistencia o puede designarse por S.

M: Momento flector.

#### 2.14.11.4. Factor de resistencia

El factor de resistencia o coeficiente de seguridad es el producto del valor calculado de la capacidad máxima del prototipo y el valor encontrado de manera científica el valor real al que va ser sometido el prototipo. En razón a esto el número debe ser mayor o igual a 1 como se muestra a continuación en la ecuación 12.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}; \quad n \geq 1 \quad [12]$$

Donde:

n: Es el factor de seguridad.

$S_y$ : Es resistencia de fluencia.

$\sigma$ : Esfuerzo máximo.

A continuación se enunciará la ecuación del torque, que se refiere a la fuerza ejercida en un eje o cuerpo con relación al radio del mismo.

$$T = F \cdot r \quad [13]$$

Donde:

T: Es el torque.

F: Fuerza

R: Radio

## 2.15. VEHÍCULO LIVIANO

En este punto de la investigación se requiere tomar en consideración el significado de vehículo liviano ya que es un elemento muy importante para el presente trabajo de titulación ya que en un vehículo liviano que se llevara a cavo la instalación de este nuevo sistema de freno, con la ayuda de un estudio previo, para evitar fallos de instalación y funcionamiento.

Ahora se debe aclarar que un vehículo liviano o de carga liviana, posee un peso bruto mayor a 1,5 t. hasta 3.5 t. respectivamente, es importante considerar el peso del vehículo para posteriores cálculos que requiere el diseño de este sistema, en la figura 37 se observa el vehículo seleccionado que cumple con las características que requiere el proyecto y está presto a ser instalado dicho sistema (Auto, 2015).



**Figura 37.** Vehículo liviano Chevrolet Trooper Año 93  
(Motor7, 2015)

Un vehículo liviano es aquel que cuya capacidad de carga no excede de 900 kg. (Camioneta, camiones y automóviles).

Para determinar y dimensionar el chasis de un vehículo en el que se va a instalar este nuevo sistema, es necesario calcular y conocer las cargas que soporta, especialmente aquellas que soportan los ejes.

También es necesario calcular y conocer las cargas que gravitan sobre los ejes desde el punto de vista del cumplimiento de las normas y limitaciones que

impone la legislación vigente. En general el procedimiento más sencillo para determinar las cargas sobre los ejes es el de pesar en una báscula cada eje del vehículo separadamente (García, 2013).

### 2.15.1. DISTRIBUCIÓN DE PESOS SEGÚN SU TRACCIÓN Y POSICIÓN DEL MOTOR PARA UN VEHÍCULO LIVIANO

Distribución de pesos teórico entre ejes delantero trasero en las siguientes configuraciones (Paraninfo, 2013).

- 55 - 45 % Motor delantero / tracción trasera.
- 50 – 50 % Motor central delantero / tracción trasera.
- 45 – 55 % Motor trasero / tracción trasera.
- 50 – 50 % Motor central trasero / tracción trasera.

### 2.15.2. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN DELANTERA VEHÍCULO LIVIANO

Se considera que en un diseño de tracción delantera con motor delantero ubica al motor en la parte frontal del vehículo, todos los componentes del tren de motor (motor transmisión), se ubican de manera transversal o en algunos casos longitudinal por delante del eje delantero, esta configuración permite espacios para pasajeros más amplio particularmente en vehículos compactos (Casado, 2014).

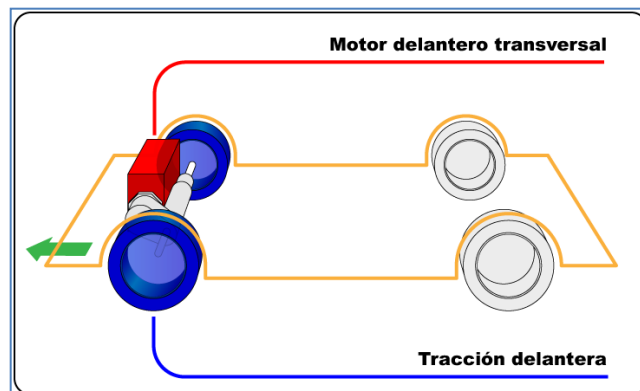


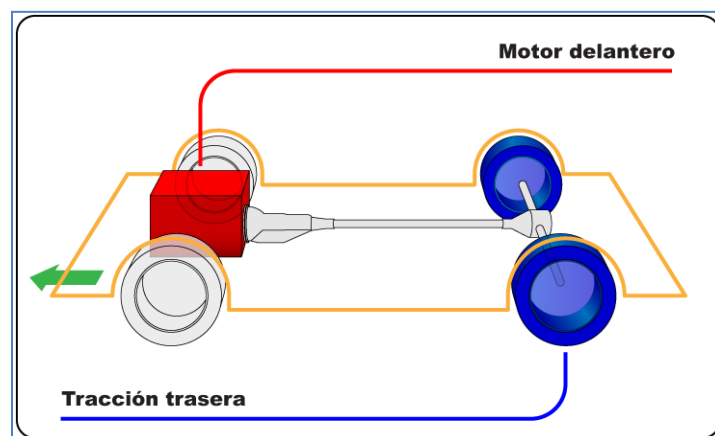
Figura 38. Motor delantera tracción delantera (Casado, 2014)

En los vehículos con tracción delantera las ruedas motrices también son directrices, lo que hace que su comportamiento venga caracterizado por una actitud que se denomina subviradora. Esta situación aparece cuando en un giro se pisa el acelerador más de la cuenta, entonces se puede apreciar que el giro real es menor que el que se da a las ruedas a través del volante (el coche subvira) y en frente del auto tiene que irse al exterior de la curva. La respuesta lógica en estos casos es dejar de acelerar, momento en el cual el coche vuelve a la trayectoria de la curva. La distribución de peso teórico de la tracción delantera es aproximadamente de 60 – 40 % delantera trasera (Casado, 2014).

### 2.15.3. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN TRASERA VEHÍCULO LIVIANO

La gran mayoría de los vehículos de tracción trasera, denominado en inglés como RWD Real Wheel Drive, utiliza un motor montado longitudinalmente en la parte delantera del vehículo brindando tracción a las ruedas traseras a través de un eje cardan vinculando a un diferencial entre los ejes traseros, como se muestra en la figura 39 (Casado, 2014).

La distribución equilibrada de peso entre los ejes de los vehículos de tracción trasera, permite un mejor desempeño sobre la calzada y la motricidad buena debido al desplazamiento del peso hacia las ruedas motrices en fase de aceleración por cual la mejora



**Figura 39.** Motor delantero tracción trasera (Casado, 2014)

#### 2.15.4. MOTOR DELANTERO TRACCIÓN ALAS 4 RUEDAS

La tracción en las cuatro ruedas (4x4) denominado en inglés como 4 WD es un sistema de tracción en un automóvil en el cual todas las ruedas pueden recibir simultáneamente la potencia del motor.

La mayoría de los vehículos todo terreno y muchas camionetas tienen la tracción a las cuatro ruedas esto es favorable en gran parte a la repartición del peso en el vehículo y que exista equidad de peso en la unidad para que es muy importante tomar en cuenta que esto indica donde existe mayor fuerza de frenado, así mismo cuál es el efecto y presión en las ruedas, que va a realizar el nuevo sistema de frenado una vez instalado en el vehículo de peso liviano (De Castro, 2007).

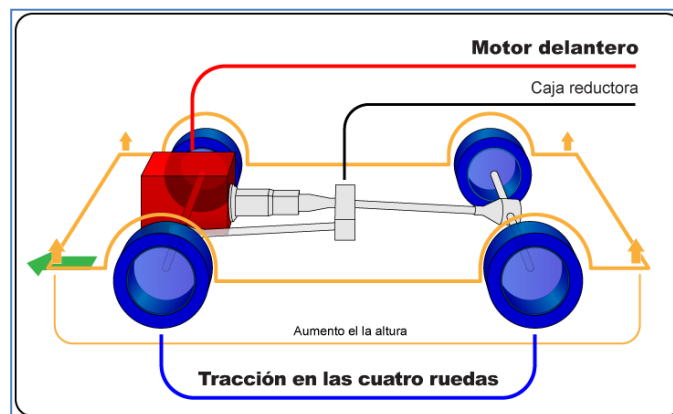


Figura 40. Motor delantero tracción a las 4 ruedas  
(Casado, 2014)

#### 2.15.5. VENTAJAS

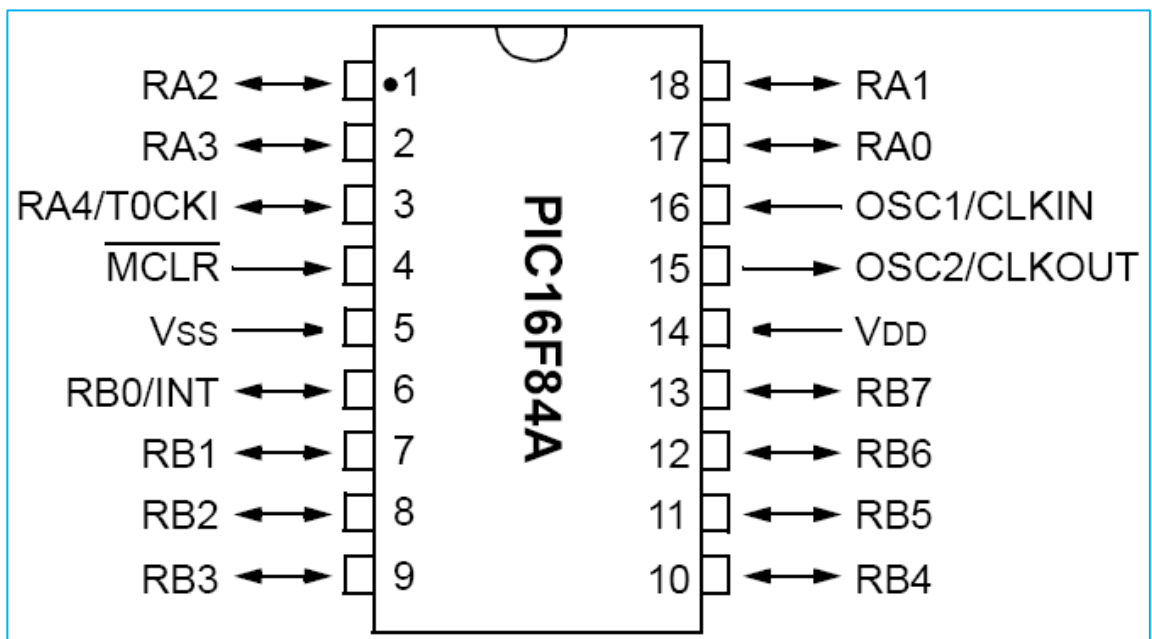
- Distribución de peso más uniforme en las cuatro esquinas del vehículo.
- Mejor maniobrabilidad al tener un peso mejor distribuido lo que ayuda en las curvas y al frenado.
- Mejor estabilidad y adherencia en caminos de asfalto y condiciones climatológicas buenas.
- Más apto con motores de mayor potencia.
- Más idóneo para remolques.



- Más robustos por separar las ruedas de dirección con las de impulsión.
- Mecánica más fácil y económica.
- Reducción de diámetro de giro, mejorando su maniobrabilidad en espacios (Casado, 2014).

### 2.15.6. EL MICROCONTROLADOR

Se ha seleccionado el microcontrolador PIC 16F84A que se puede observar en la figura 41.



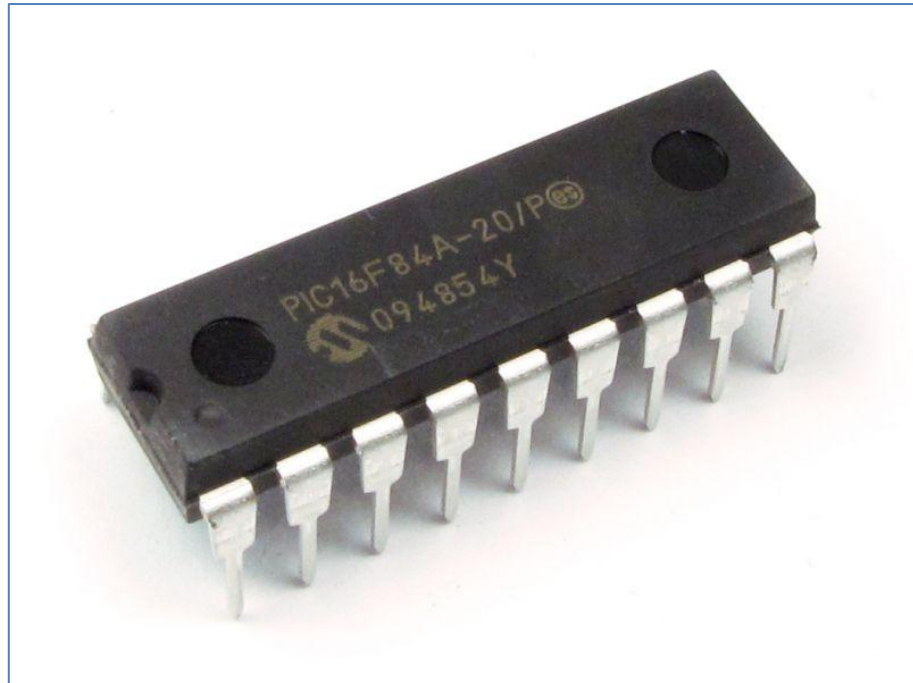
**Figura 41.** Configuración de los pines del microcontrolador PIC (Wanadoo, 2015)

El PIC 16F84A es un dispositivo ideal para el desarrollo de prototipos como es el caso del presente proyecto.

Está fabricado con compuertas CMOS y consume baja potencia. Esto, junto con el hecho de ser de fácil aprendizaje, constituye el motivo para su selección. Las principales características de este microcontrolador se señalan en la siguiente lista:

- Memoria de programa tipo FLASH 8kk14;

- RAM 68 bytes;
- EEPROM 64 bytes;
- 18 pines
- Encapsulado,
- Soporta Xtal 20 MHz;
- Para mayor detalle técnico ver anexo.



**Figura 42.** Apariencia comercial del PIC 16F84A  
(Geekbo, 2016)

## **METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

En el proceso del proyecto se buscó información en una amplia bibliografía, en donde se encontró información real acerca de este tema. Para luego ir determinando conceptos básicos de elementos mecánicos y eléctricos del EPB, como primer punto se realizó la identificación y elección del vehículo liviano, se estudió sus características y se eligió al vehículo Chevrolet Trooper.

También se utilizó la investigación tecnológica ya que este tipo de investigación sin duda es la más adecuada para el proyecto realizado, ya que el adelanto tecnológico es uno de los más importantes objetivos del proyecto, ésta conoce relaciona y vincula la curiosidad del estudiante por investigar un sistema novedoso en la industria automotriz, y de la misma forma, implementar dicha tecnología de la manera más ingeniosa y lograr que un vehículo antiguo posea características especiales que solo un vehículo nuevo y de alta gama lo tiene. La investigación de campo fue tomada en cuenta para la ejecución de este proyecto ya que de manera obligatoria se tuvo que recurrir a laboratorios y talleres de electrónica para solicitar opiniones y puntos de vista acerca del proyecto y a la vez solicitar el servicio de herramientas que facilitará la construcción e implementación del prototipo.

Para la ejecución del proyecto se utilizó varios equipos que a continuación se detalla los principales que se utilizó y que facilitaron el diseño, elaboración e implementación de prototipo:

- Software: de diseño electrónico, en el cual puede realizar diversas Simulaciones de circuitos con elementos de la misma capacidad y tolerancia que un real, esto fue de gran ayuda ya que anticipadamente se logró determinar si el sistema va a funcionar evitando que se quemara o se produzca un corto circuito en los elementos y de esta manera se puede trabajar de forma confiable.
- Frenómetro de rodillos: En el que se realizó las pruebas de eficacia de frenado del prototipo cuyos resultados se puede ver en el anexo 1.

- Osciloscopio automotriz: Este equipo sirvió como multímetro en varias ocasiones y para verificar el funcionamiento de los sensores.
- Balanza romana: Para determinar las libras fuerza que el conductor aplica al accionar la palanca de freno.
- SolidWorks: Para el diseño del brazo de anclaje.

Para la correcta ubicación de elementos electrónicos fue necesario un importante número de herramientas que se utilizó durante el proceso de implementación, las mismas que facilitaron y agilitaron la incorporación del sistema EPB dichas herramientas se detalla de la siguiente manera:

- Caja completa de llaves: Para desmontar dispositivos del sistema convencional de freno de mano, como es la palanca de freno.
- Flexómetro: Para realizar mediciones de distancia de recorrido del cable y medición del brazo de aluminio,
- Cautín: Se utilizó para soldar los cables del circuito , el estilete sirvió para cortar aislante de los cables,
- Calibrador se utilizó para mediciones exactas en los recorridos del cable,
- Graduador se utilizó para determinación del ángulo de giro que realiza el motor para ajustar y aflojar el cable.
- Taype: Sirvió para aislar el empalme de los cables y recubrirlos.
- Lámpara de comprobación: Esta tiene un uso muy valioso como es de hacer comprobaciones de paso de voltaje y corriente.

Para el diseño y la selección de elementos se realizó una serie de cálculos, los mismos que sirvieron para la determinación de valores que indican cuales son los elementos más idóneos para el prototipo, dichos valores facilitó la búsqueda y con certeza se supo que características necesita dicho elemento estas pueden ser: potencia torque y velocidad angular del motor eléctrico, el cual facilitó el diseño del brazo de aluminio cuya función es de anclar, ajustar y aflojar todo el sistema.

Para la determinación de estos valores se utilizaron una serie de ecuaciones que a continuación se detalla las principales:

- Ecuación del torque

- Ecuación de potencia
- Ecuación de velocidad angular
- Ecuación del teorema de Pitágoras
- Ecuación momento flector
- Ecuación momento de inercia
- Ecuación factor de seguridad

Se realizó previamente un plano en SolidWorks en el cual se determino los puntos específicos de esfuerzo los cuales será sometido el brazo en el momento de trabajo y se determinó que dicho elemento soportaría eficazmente el trabajo que va a realizar en el prototipo. Para la implementación se realizó un reconocimiento físico de todo el vehículo para la determinación de lugares específicos en donde van a ser ubicados los elementos y dispositivos del prototipo. Las partes del vehiculó más importantes a estudiar fueron el habitáculo y la parte inferior del auto que es donde más trabajo se realizó en lo que se refiere a la sustitución de elementos mecánicos del sistema convencional por un elemento eléctrico, se pone como ejemplo más visible el caso de la palanca de freno de mano que se desmontó para ser sustituida por un botón de mando, una vez realizado el reconocimiento y desmontaje del antiguo sistema se procedió a implementar uno a uno los elementos que con un estudio previo se supo con certeza sus características. El siguiente e interesante paso a seguir fue la realización de pruebas de funcionamiento el cual indicaría si el prototipo es o no confiable, para determinar esto se elaboró lo que en ingeniería se conoce como protocolo de pruebas, para dichas evaluaciones se puso en funcionamiento el prototipo que es EPB el mismo que fue accionado en diferentes características y posiciones. Primero fue de dar al vehículo una inclinación de  $30^{\circ}$ , en pendiente hacia arriba con el vehículo vacío para verificar el correcto ajuste del prototipo, posteriormente y con la misma inclinación de  $30^{\circ}$  pero ahora el auto ocupado con la máxima cantidad de pasajeros que es de 5 personas, así mismo se accionó el sistema con dirección hacia arriba y hacia abajo, demostrando un buen funcionamiento y posteriormente se colocó el auto cuesta arriba, se activó el sistema y sin

ninguna acción más que solo de los pedales de embrague y acelerador el sistema se desactiva automáticamente y por último se efectuó la prueba de eficiencia de frenado y se logró determinar con la ayuda de un frenómetro de rodillos, el mismo que dio como resultado un reporte con valores muy satisfactorios en comparación con datos de aprobación de la revisión vehicular cuyos valores se observan en la tabla 9 y así se comprobó que el prototipo cumplió con los objetivos de seguridad y funcionamiento anteriormente planteados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE CONDICIONES DEL VEHICULO

#### 4.1.1. MOTOR

A continuación en la figura 43 se aprecia el motor del vehículo seleccionado ya que es muy importante conocer las características y datos técnicos de motor del vehículo que se va a instalar el sistema de EPB, dicha información se verá reflejada posteriormente en la tabla 2 del presente proyecto.



**Figura 43.** Motor Trooper

En la figura 44 se observa el cableado de distribución del vehículo Chevrolet Trooper, es necesario saber la ubicación de ellos ya que mientras se avanza en el proyecto se tendrá que hacer perforaciones y la colocación del cableado del nuevo sistema a instalar y de esa manera evitar cualquier clase de dificultad con los demás elementos del motor.



**Figura 44.** Reconocimiento de posición de elementos del motor

A continuación en la tabla 3 se detalla una lista de datos técnicos del vehículo seleccionado.

**Tabla 3.** Ficha técnica del vehículo

<b>TROOPER</b>	
Cilindrada	2300cm <sup>3</sup>
Número de cilindros	4
Potencia en caballos fuerza	78 HP
Orden de encendido	1-3 ; 4-2
Peso	0.75 T.
Sistema de frenos	Eje delantero freno de disco Eje posterior freno de tambor
Sistema de estacionamiento	Posterior cable y tambor
Peso máximo con 5 personas	1.5 T.

#### **4.1.2. SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico del vehículo Trooper se compone de varios elementos es importante reconocerlos ya que influyen en la instalación y puesta en marcha del nuevo sistema que a continuación se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4.** Componentes del sistema eléctrico

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Batería	Carga: 12V Amperaje: 35A
Motor de arranque	Potencia: 0.8 KW Tensión mínima: 11.5 V Amperaje mínimo: 95-116 A
Alternador a velocidad del motor	Amperaje: 60 A Voltaje: 13.5 V Revoluciones por minuto: 3000 rpm
Tensión regulada	14.1 – 14.7 V

### 4.1.3. SISTEMA DE FRENOS

En la tabla 5 se enlistan los componentes del sistema de frenos del vehículo para incorporación del prototipo.

**Tabla 5.** Componentes del sistema de frenos

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Espesor mínimo del disco (delantero)	16 mm
Espesor mínimo de zapata (posterior)	8 mm
Alabeo del disco (delantero)	0.10 mm
Diámetro máximo del tambor (posterior)	201 mm
Espesor mínimo de las pastillas (delantera)	1 mm
Espesor mínimo de la zapata (posterior)	1 mm
Recorrido del freno de estacionamiento	7-10 dientes

## 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DE INSTALACIÓN

Para la instalación de dispositivos visibles para accionamiento del sistema es necesario conocer la estructura del habitáculo del vehículo así como se muestra en la figura 45, de forma que cuando se trabaje en la instalación de algún elemento electrónico sea más fácil ubicar el lugar más adecuado para hacerlo, estos dispositivos pueden ser el botón de mando, los sensores de los pedales de acelerador y embrague entre otros.



**Figura 45.** Cabina del conductor

En la figura 46 se reconoce el switch de encendido del motor, este acciona el sistema cuando gire en sentido anti horario, ósea cuando se apague el motor y a continuación se ve la ubicación de la palanca de freno de mano.



**Figura 46.** Switch de encendido del motor

La figura 47 muestra la estructura física del tablero ya que en este lugar es donde irá ubicado el botón de mando y símbolo del EPB.



**Figura 47.** Tablero de control

En la figura 48 se puede ver la localización de la palanca de freno de mano que posteriormente será retirada para ampliación del habitáculo y brindará más comodidad al conductor, también se puede observar los pedales de manejo ya que es donde se instalarán los sensores de posición.



**Figura 48.** Pedales del embrague, freno y acelerador

En la figura 49 se puede divisar la palanca de cambios, en esta parte es donde se ubica el sensor de posición de la misma para que el modulo sepa que el auto está en marcha listo para salir.



**Figura 49.** Palanca de cambio de velocidad

En la figura 50 se muestra el cable de freno de estacionamiento convencional.



**Figura 50.** Cable de freno de mano

En la figura 51 se observa el cable de freno de mano con su respectivo regulación de ajuste y además se muestra con la flecha color rojo la ubicación exacta en donde va a ser ubicado el motor eléctrico.



**Figura 51.** Cable de freno de mano

La figura 52 muestra el ingreso del cable al tambor del sistema de freno de mano convencional.



**Figura 52.** Cable de freno de mano

## 4.3. DINÁMICA DEL SISTEMA Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### 4.3.1. SISTEMA MECÁNICO

El sistema mecánico estará comprendido por piezas móviles que transmitirán potencia y ejecutarán pautas específicas de movimiento. Este apartado tiene como objetivo el diseño y selección de cada pieza por individual, así como de la función que ejecuta, la dinámica que gobierna, y como se integran todas estas piezas para conformar un equipo coordinado que satisfaga los requerimientos técnicos descritos con anterioridad.

Se seleccionó como principal mecanismo del freno de mano automático, un módulo mecánico compuesto por un reductor de velocidad, conformado a su vez por un motor con tornillo infinito que se engrana con una corona dentada, la cual se conecta con un mecanismo biela-manivela que finalmente pone en funcionamiento el freno auxiliar. Los componentes mecánicos generales del sistema de freno auxiliar automático se pueden visualizar en el diagrama de la figura 53.

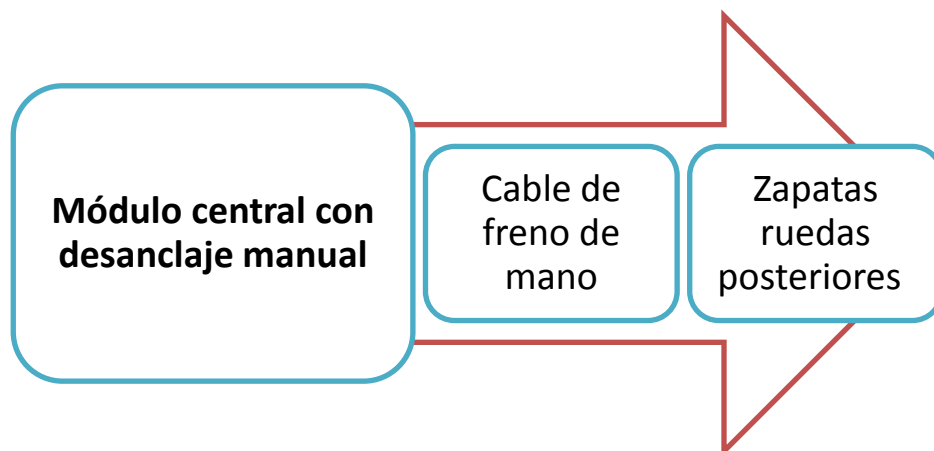
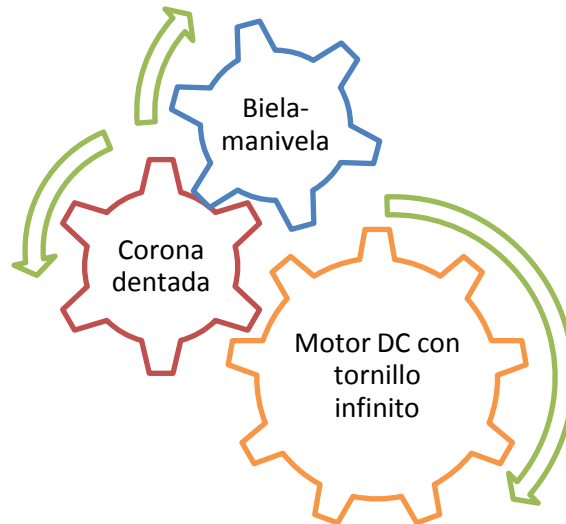


Figura 53. Diagrama de bloques del sistema mecánico

En la figura 54 se muestra un del interior del sistema biela manivela que posee el motor eléctrico seleccionado.





**Figura 54.** Diagrama de componentes del módulo mecánico central

Se procede entonces con el diseño de las funciones del módulo, para lo cual se inicia con el cálculo de la fuerza necesaria que deberá ejecutar para tensar el cable que posteriormente accionará el freno en las ruedas posteriores del vehículo.

#### **4.3.2. CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL CABLE DE FRENO DE MANO**

Antes de realizar los cálculos se verificó las condiciones de las zapatas y pastillas de los frenos posteriores del auto, verificando que se encuentran en buen estado y se ha remplazado todo elemento o mecanismo en caso de ser necesario. Además se comprobó el buen estado del cable de freno de mano y de todas las conexiones que lo componen. Igualmente se verificó que el mecanismo que acciona el freno de mano funciona correctamente, evitando errores en la toma de datos.

Se verificó la correcta calibración de los frenos. Se tomó la medida de la distancia recorrida por el cable de freno de mano cuando es sometido a tensión para activar los frenos posteriores, recorrido que se observa en la figura 52. Se colocó el gancho de la balanza romana en el extremo del cable de freno y se

ejerce fuerza hacia arriba, hasta cuando llega al enclavamiento correspondiente a la activación regular de los frenos.

En la figura 55 se muestra la distancia que recorre el cable de la palanca del freno de mano convencional ya que es un dato importante para cálculo de fuerza de frenado.



**Figura 55.** Distancia recorrida por el cable de freno

A continuación en la figura 56 se muestra la balanza romana que se utilizó para el cálculo de fuerza que el conductor aplica cuando jala la palanca de freno de mano, cuyos datos obtenidos se verán posteriormente.



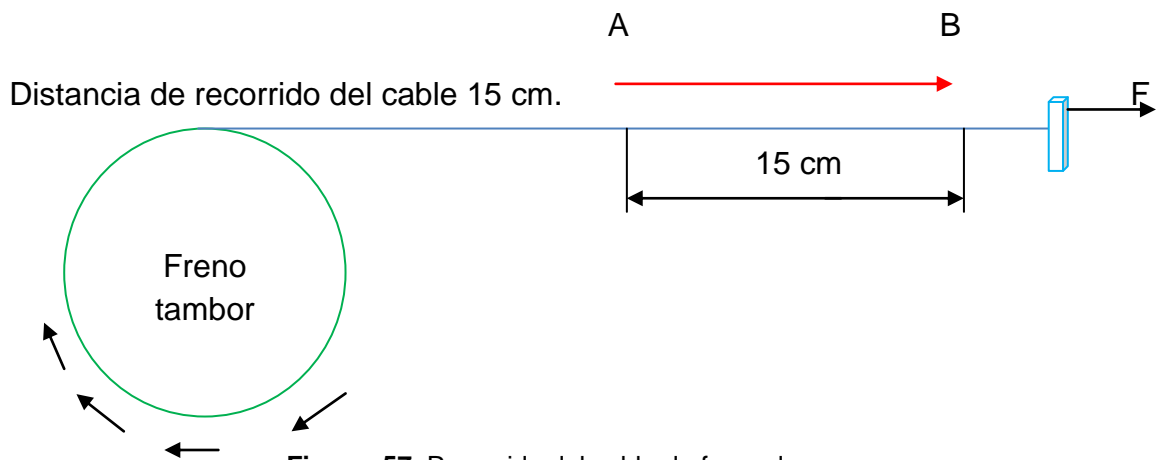
**Figura 56.** Balanza romana

Al utilizar la balanza romana en la palanca del freno de mano que se ubica en la cabina del conductor, se determina una masa  $M$  de 3 Kg y un desplazamiento  $x_1$  de 15 cm. Por tanto usando la ecuación 2 se determina la fuerza  $F$  que es necesaria para accionar el freno de mano en la cabina del conductor:

$$F_1 = 3 \text{ Kg} \cdot \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kgF}}$$

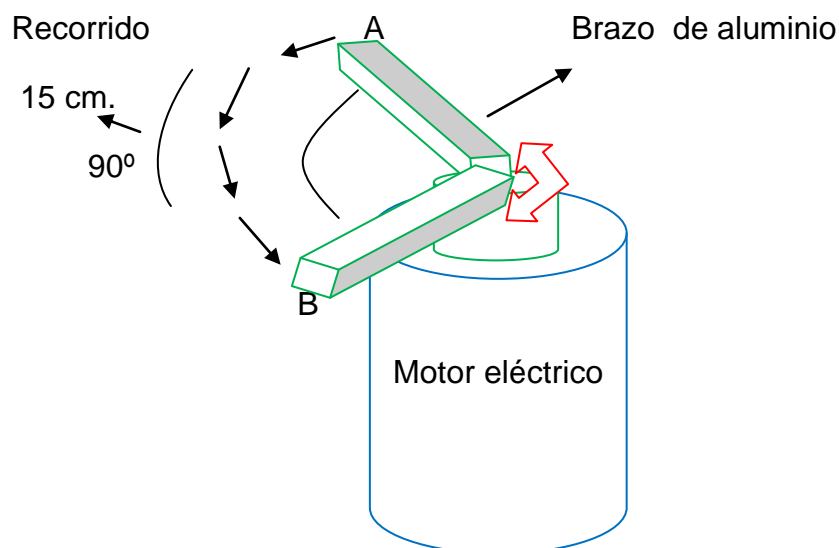
$$F_1 = 29.4 \text{ N}$$

A continuación se indica el recorrido y distancia que realiza el cable de freno de mano, que es la misma que el motor eléctrico deber lograr para realizar el accionamiento en las ruedas como se muestra en la figura 57.



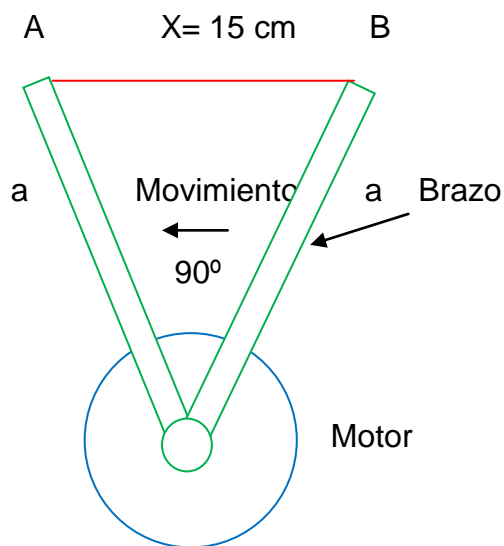
**Figura 57.** Recorrido del cable de freno de mano

A continuación se muestra el ángulo que forma el brazo de aluminio en el momento de trabajo para ajustar y aflojar el freno de estacionamiento, se estableció que dicho ángulo es de  $90^\circ$  y un recorrido de 15 cm, como se muestra en la figura 56 para facilitar el diseño se supone que el arco AB es una línea recta de 15 cm de longitud como se indica en la figura 58



**Figura 58.** Motor y brazo de aluminio trabajando

En el diagrama se muestra el recorrido que el motor eléctrico debe realizar hacer durante el trabajo y dicho recorrido es el mismo que la palanca de freno de mano convencional realiza. Una vez que se ha determinado el valor del ángulo de trabajo del brazo (a) que fue determinado usando un graduador. Sabiendo el valor de recorrido del cable de freno, y la medida del brazo de aluminio que viene a ser el radio y de manera fácil usando la ecuación 4 y términos que a continuación se muestra en la figura 59.



**Figura 59.** Elementos teorema de Pitágoras

$$x = \sqrt{a^2 + a^2}$$

$$15^2 = a^2 + a^2$$

$$15^2 = 2a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{15^2}{2}}$$

$$a = 10.6 \text{ cm}$$

Donde:

X: Recorrido del cable (cm)

a: Longitud del brazo (cm)

Entonces con longitud de 10.6 cm y aplicando la fuerza de 29.44 N el torque generado sobre el eje del motor eléctrico. Una vez que ya se tiene estos datos, el siguiente paso la determinación del torque que viene a ser fuerza de la palanca multiplicanda por el radio que es la medida del brazo de aluminio, a continuación en la figura 60 se puede ver donde aplicará dicho torque.

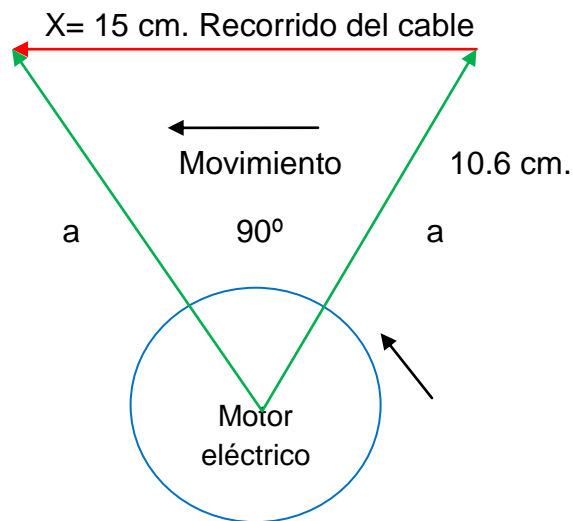


Figura 60. Determinación del torque del motor

A continuación con la ecuación 13 se realiza el cálculo del torque del motor, es necesario determinarlo para cálculos posteriores del prototipo.

$$T = F \times r$$

$$T = (29.43)N.cm \times (10.6) cm$$

$$T = 311.95 N. cm$$

$$T = 3.11 Nm$$

Donde:

F: Fuerza aplicada en la palanca de freno de mano (N)

r: Radio giro del brazo (cm)

Entonces el torque que el motor debe generar es de 311.95 N. cm como siguiente paso se determina la potencia del motor, es importante conocerlo ya que es objetivo principal de los anteriores cálculos, una vez determinado este valor, se sabrá con certeza la potencia del motor eléctrico para adquirirlo sin falla de medida, con la ecuación 8 se determina dicha potencia sin antes mencionar que la velocidad angular (W) es una medida de la velocidad de rotación de un cuerpo, esta velocidad se define como un ángulo girado por unidad de tiempo, en el sistema internacional se determina como radian por segundo.

$$P = T \cdot w$$

$$P = 3.11 N \cdot \frac{\pi rad.}{2 seg.}$$

$$P = 4.90 \text{ watts.}$$

$$P: 0.007 \text{ HP}$$

Donde:

T: Torque del motor eléctrico.(N.cm)

W: Velocidad angular (rad/seg)

$\frac{\pi rad.}{2 seg.}$  : Equivalencia de los 90° en radianes por segundo.

1 HP= 745.69 W

### 4.3.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS DEL BRAZO DE ALUMINIO

A continuación se determina los esfuerzos y fuerzas en el trabajo realizado por el brazo, en la figura 61 se observa un diagrama de cuerpo libre (DCL) del brazo de aluminio.

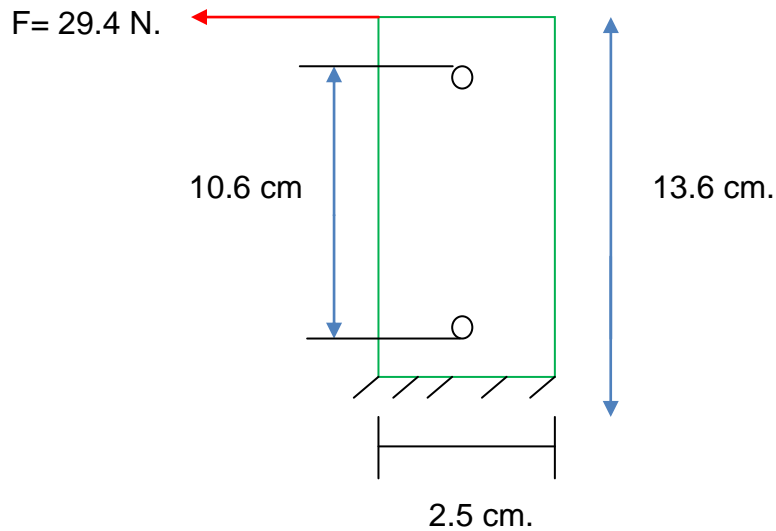


Figura 61. DCL Brazo

A continuación en la figura 62 se detalla la sumatoria de fuerzas que se aplica al brazo de aluminio en su trabajo de ajuste del cable del freno del prototipo.

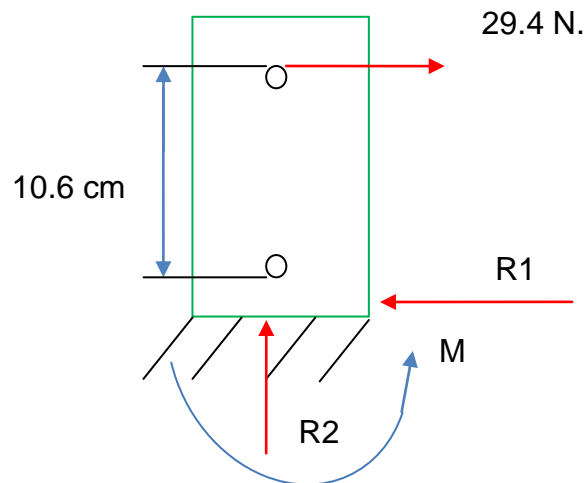


Figura 62. Diagrama de fuerzas y reacciones

$$\Sigma F_x = 0$$

$$29.4 - R_1 = 0 \text{ (N)}$$

$$R_1 = 29.4 \text{ N.}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_2 = 0 \text{ N.}$$

En la figura 63 se levanta un diagrama de momento flector donde se observa los momentos a los que se someterá el brazo de aluminio.

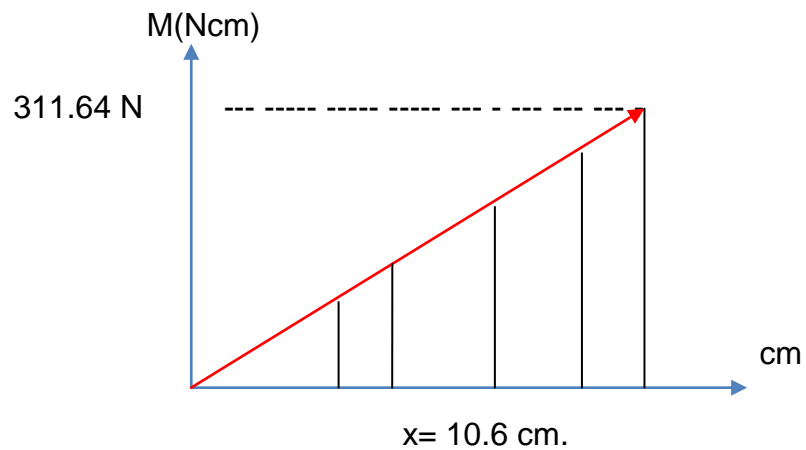


Figura 63. Diagrama de momentos

$$\Sigma M = 0$$

[14]

$$M = R_1 x$$

$$M = 29.4 x \text{ (Nm)}$$

Con la siguiente ecuación 15 se calcula el momento de inercia del brazo.



$$I = \frac{1}{12} (a^2)b^2 \quad [15]$$

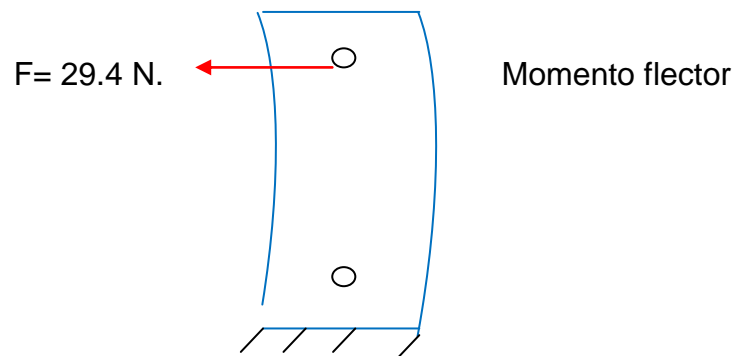
$$I = \frac{1}{12} (1.5\text{cm}^2)(2.5\text{cm}^2)$$

$$I = 0.781 \text{ cm}^4$$

$$C = \frac{2.5\text{cm}}{2}$$

$$C = 1.25 \text{ cm.}$$

A continuación en la figura 64 se muestra un diagrama de cuerpo libre en la que el momento flector a cual se someterá el brazo en el trabajo de operación.



**Figura 64.** Flexión generada por la fuerza

A continuación se determina el esfuerzo máximo a soportar por el brazo ecuación 11.

$$\sigma = \frac{M}{I/C}$$

$$= \frac{311.64 \text{ N.cm.}}{\frac{0.781 \text{ cm}^4}{1.25 \text{ cm.}}}$$

$$\sigma = \frac{311.64 \text{ N}}{0.625 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 498.62 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma = 4.986 \text{ MPa}$$

Y por último utilizando la ecuación 12 se determina el factor de seguridad (n) el cual va a demostrar cuan confiable es el brazo del prototipo ya que el tipo de material seleccionado es aluminio 2014 T6 donde  $S_y$  es igual a 414 mPa.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{414 \text{ MPa.}}{4.986 \text{ MPa.}}$$

$$n = 83.032.$$

#### **4.3.3. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL MÓDULO CENTRAL**

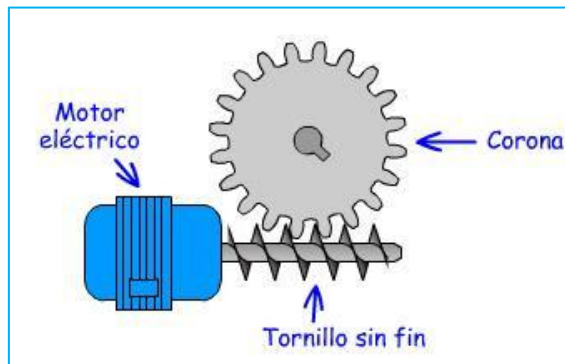
Los requerimientos del módulo compuesto por un reductor de velocidad y un sistema biela-manivela, son los siguientes:

1. La carga máxima que debe soportar el dispositivo es de 3 Kg. Este valor tiene gran influencia en el tipo de materiales que se van a utilizar para la fabricación del dispositivo mecánico.
2. El dispositivo mecánico no requiere soportar una gran temperatura de operación, debido a que estará trabajando en el exterior en una zona donde dicho factor no influye de manera determinante.
3. El diseño será lo más simple posible, lo que permitirá al usuario aplicar mantenimiento con facilidad.

El mecanismo diseñado permite transmitir el movimiento entre árboles que se cruzan. El árbol motor coincide con un tornillo cilíndrico o hiperbólico,

comúnmente denominado tornillo sin fin, que comunica el movimiento de giro y con ello la energía cinética del motor, a una rueda dentada helicoidal cilíndrica o acanalada que engrana con dicho árbol.

Se elige este mecanismo por su gran eficiencia para reducir la velocidad en vista de que una vuelta del tornillo produce un pequeño giro de la rueda dentada (envolvente sencilla de transmisión sin fin) y porque la transmisión de potencia es bastante buena, la figura 65 se ilustra el mecanismo (Mott, 2006).



**Figura 65.** Configuración de motor con tornillo sin fin y corona (Crouse, 2011)

Una vuelta del tornillo (de una sola entrada) provoca el avance de un diente de la corona. Por cada vuelta de la corona, el tornillo completa tantas vueltas como número de dientes tenga la corona. De esta manera, la relación de transmisión en este mecanismo es como expresa la siguiente ecuación 8.

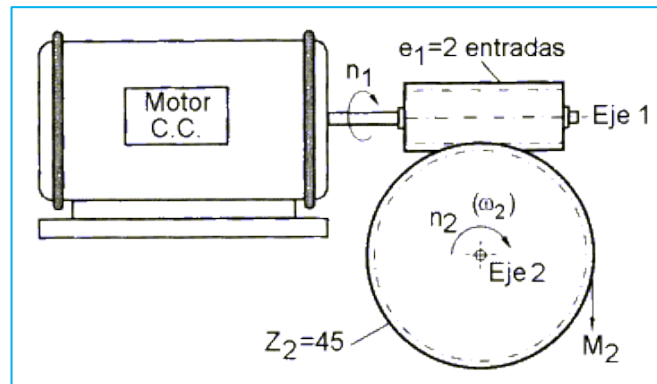
$$J = \frac{1}{Z}$$

Donde:

J: Relación de transmisión de la corona

Z : Número de dientes de la corona

La relación entre el número de vueltas  $N_1$  del tornillo con el número de vueltas de la corona  $N_2$ , se puede visualizar en la figura 66.



**Figura 66.** Configuración de motor con tornillo sin fin y corona ( Motor7, 2015)

El sistema completo se puede observar en la siguiente figura 67.



**Figura 67.** Configuración de motor con tornillo sin fin y corona

La relación entre la potencia  $P$ , la velocidad de giro  $N$  y el par de torsión  $T$ , en un eje, se expresa de la manera siguiente con la ecuación 13.

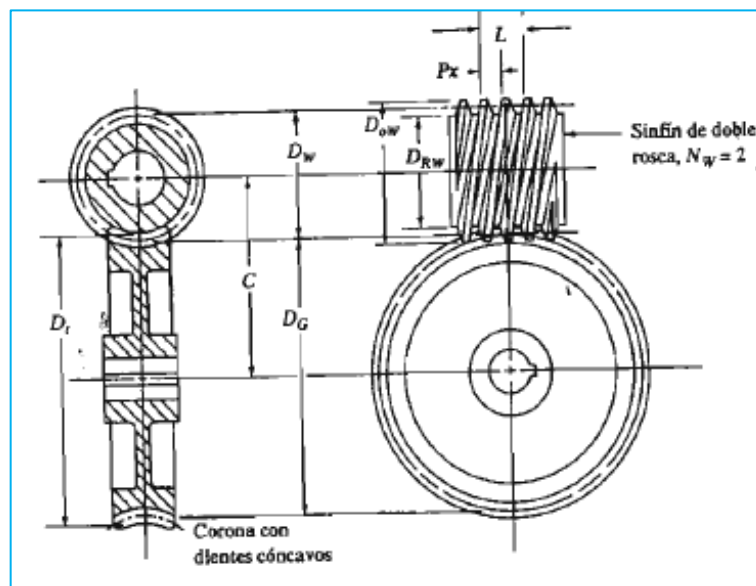
$$T = \frac{P}{\omega}$$

Donde la potencia se expresa en Watts, mientras que el número de vueltas se expresa en radianes sobre segundo. Se selecciona un motor como el de la figura 68, con las siguientes características, necesarias para ajustarse a las dimensiones del módulo y ajustadas a la disponibilidad comercial.



**Figura 68.** Motor del módulo mecánico  
(García, 2013)

- Diámetro 60.5 mm
- Longitud 90.5 mm
- Diámetro del tornillo sin fin 2.305 mm
- Masa 90.2 g
- Voltaje nominal 12 V
- Constante de torque 20.51m-Nm/A
- Potencia 10 W
- Velocidad 3527 rpm



**Figura 69.** Conjunto tornillo sin fin y corona  
(Mott, 2006)

El avance  $L$  de un sinfín es la distancia axial que recorrería un punto del sinfín cuando este gira una revolución y a continuación se detalla con la ecuación 10:

$$L = N_w \cdot P_x$$

Donde:

$N_w$ : Número de roscas

$P_x$ : Paso axial

$L$ : Avance

El ángulo  $\lambda$  es el que se forma entre la tangente de la rosca y la línea perpendicular al eje mismo:

En la figura 70 se muestra los movimientos de avance del tornillo, su longitud de rosca, ángulo de avance y paso circular del sinfín.

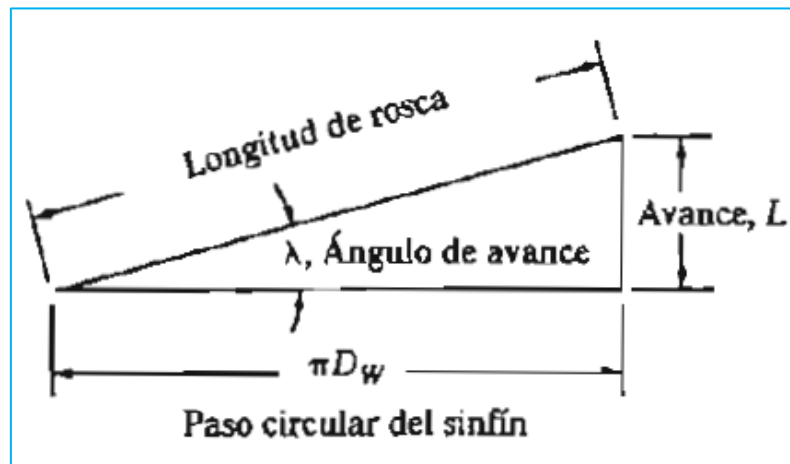


Figura 70. Cálculo del ángulo de avance (Mott, 2006)

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi \cdot D_w} \quad [15]$$

Donde:

$L$ : Avance

D<sub>w</sub>: Diámetro de paso

La velocidad de línea de paso  $V_T$  es la velocidad lineal de un punto en la línea de paso del sinfín o de la corona en el caso de un sinfín con diámetro D<sub>w</sub> que gira a n<sub>w</sub> rpm:

$$V_{TW} = \frac{\pi \cdot D_w \cdot n_w}{12} \quad [16]$$

Donde:

$V_{tw}$ : Velocidad lineal del tornillo sin fin.

D<sub>w</sub>: Diámetro de paso.

n<sub>w</sub>: Velocidad en rpm del tornillo sin fin.

En el caso de la corona con diámetro D<sub>G</sub> que gira a n<sub>G</sub> rpm

$$V_{TG} = \frac{\pi \cdot D_G \cdot n_G}{12} \quad [17]$$

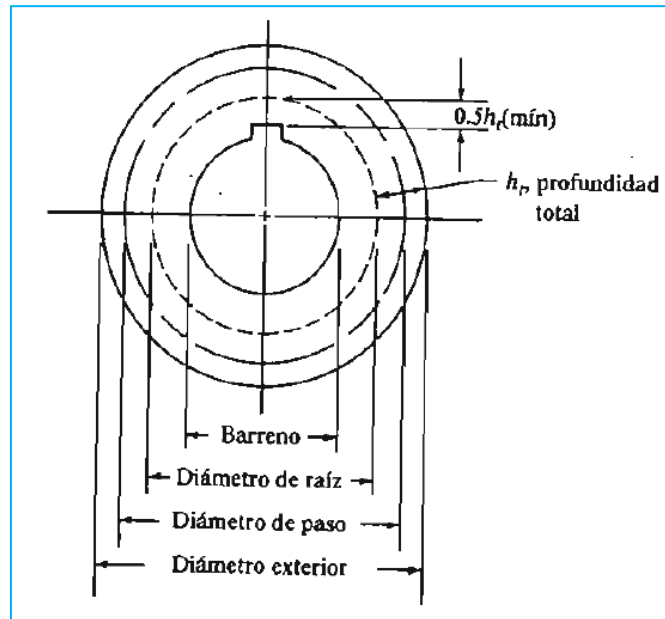
En la tabla 6 se observa las dimensiones típicas de los dientes del tornillo sinfín y coronas además se muestran las equivalencias de los elementos más importantes que conforma un tornillo sin fin.

**Tabla 6.** Dimensiones típicas en los sinfines y coronas

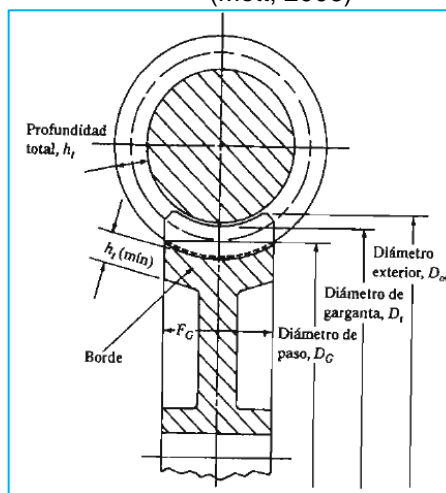
DIMENSIONES	ECUACIÓN
Addendum	A=0.3183 P <sub>x</sub> = P/d
Profundidad total	ht = 0.6866 P <sub>x</sub> = 2.157/Pd
Profundidad de trabajo	Hk= 2a=0.6366 Pa = 2/Pd
Dedendum	b= ht- a = 0.6366 P <sub>x</sub> =1.157/Pd
Diámetro de la raíz del sin fin	DrW= Dw – 2b
Diámetro exterior del sin fin	DoW= Dw+ 2b= Dw+hk
Diámetro de la raíz de la corona	DrG= DG- 2b
Diámetro de la garganta de la corona	D1= DG + 2a

(Mott, 2006)

En las figuras 71 y 72 se observan las dimensiones más relevantes al seleccionar el tornillo sinfín y la corona así también todo lo que se refiere a diámetros internos y externos respectivamente de un tornillo sinfín:



**Figura 71.** Dimensiones del tornillo sin fin (Mott, 2006)



**Figura 72.** Dimensiones de la corona (Mott, 2006)

La relación de velocidades  $v_R$  de un conjunto sinfín y corona viene dada por la siguiente relación:

$$V_R = \frac{n_w}{n_G} = \frac{N_G}{N_w} \quad [18]$$



Donde:

VR: Relación de velocidad

nw: Velocidad en RPM del tornillo sin fin

Nw: Tornillo sin fin en Nw

Ng: Número de dientes de la corona.

De acuerdo con el par torsional  $T$  que se pretende transmitir, se selecciona una relación de velocidades igual a 30, con un tornillo sin fin de  $N_w = 2$  con la ecuación 19 se determina  $N_G$ .

$$N_G = V_R \cdot [18]$$

$$N_G = 30 \cdot 2$$

$$N_G = 60$$

Es decir, la corona debe tener 60 dientes. Seleccionando un valor típico de paso diametral  $P_d$  de la corona (8 pulg) se calcula el diámetro de paso  $D_G$  de la corona:

$$D_G = \frac{N_G}{P_d} [19]$$

$$D_G = \frac{60}{8}$$

$$D_G = 7.5 \text{ pulg}$$

Donde:

DG: Diámetro de la rueda.

NG: Número de dientes de la corona.

Pd: paso diametral.

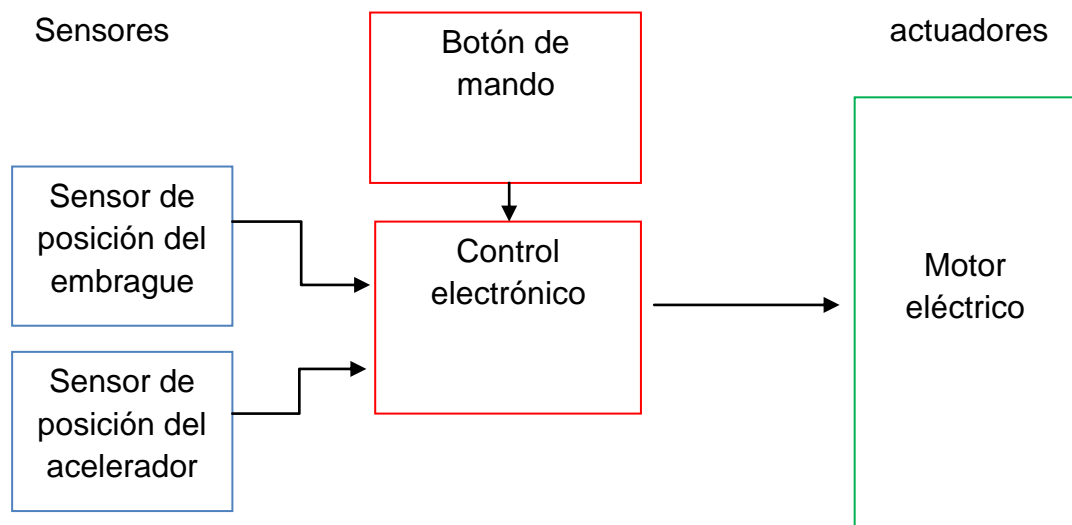
A continuación en la tabla 7 se resumen de materiales para fabricar modulo mecánico de freno automático:

**Tabla 7.** Resumen de materiales del módulo mecánico

<b>CORONA</b>	Fabricación en bronce de aleación especial norma SAE91700
<b>TORNILLO SIN FIN</b>	De acero templado, cementado y con rectificado de flancos para obtener rendimiento dinámico máximo.
<b>MOTOR ELÉCTRICO</b>	Voltaje nominal 12V Constante de torque 20,51m-Nm/A Potencia 15W Acero de construcción A 36

#### 4.3.4. SISTEMA ELÉCTRICO

Los componentes eléctricos del sistema de freno auxiliar automático se pueden visualizar en el diagrama de la figura 73.



**Figura 73.** Diagrama de bloques del sistema eléctrico

Se debe tomar en cuenta en este y otros circuitos conectados al microprocesador, que la máxima corriente que puede arribar a cada uno de los pines es de 200 mA (de 2.0 hasta 5.5 V) para los puertos. Para mayor detalle

de la función de cada pin ver Anexo 3. Se utilizará para el diseño electrónico la aplicación MULTISIM, software que cuenta con una amplia librería de componentes estándar, lo que permite seleccionar los más comerciales.

El programa también permite la simulación del tendido eléctrico, de manera tal que pueden ser detectados errores en la conexión de los componentes, como por ejemplo, sobrepasar el nivel de tensión o de intensidad de corriente en los puertos del microprocesador. Una vez diseñado el circuito, la figura 74 muestra una captura de pantalla de la interface del programa:

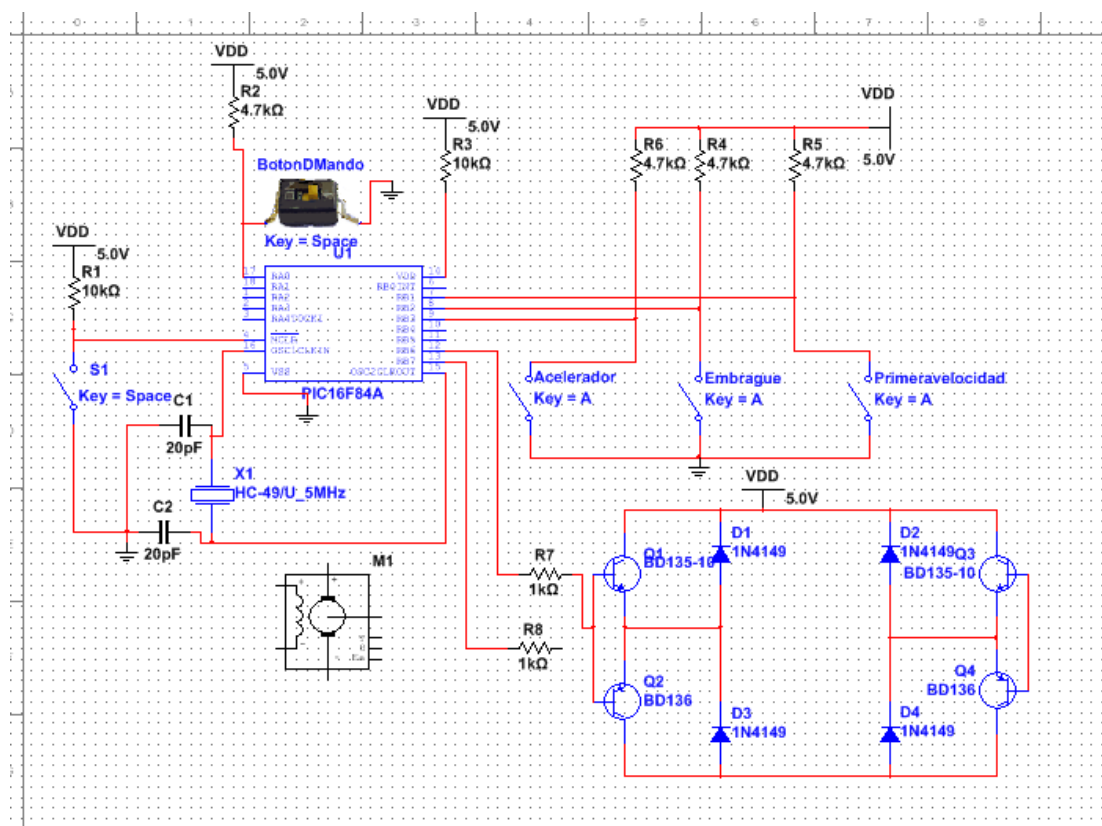


Figura 74. Pantalla del circuito del microcontrolador

Se procede ahora a describir las funciones y características de cada conexión.

El pin RB1 será configurado para funcionar como pin de mando, mediante el circuito externo que se muestra en la figura 75. Se utiliza el programa de diseño electrónico MULTISIM.

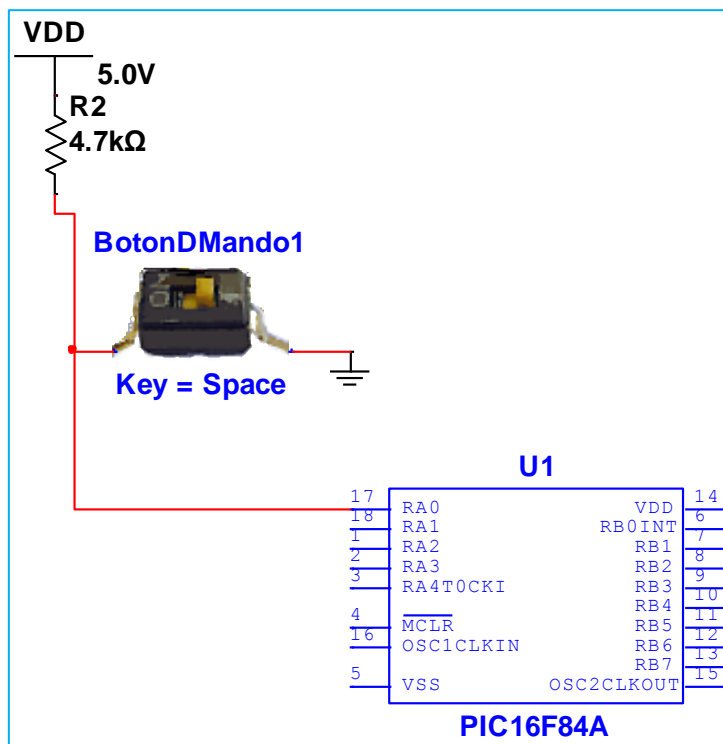


Figura 75. Circuito para la señal de mando

El pin MCLR para resetear el sistema cuando sea necesario ver figura 76.

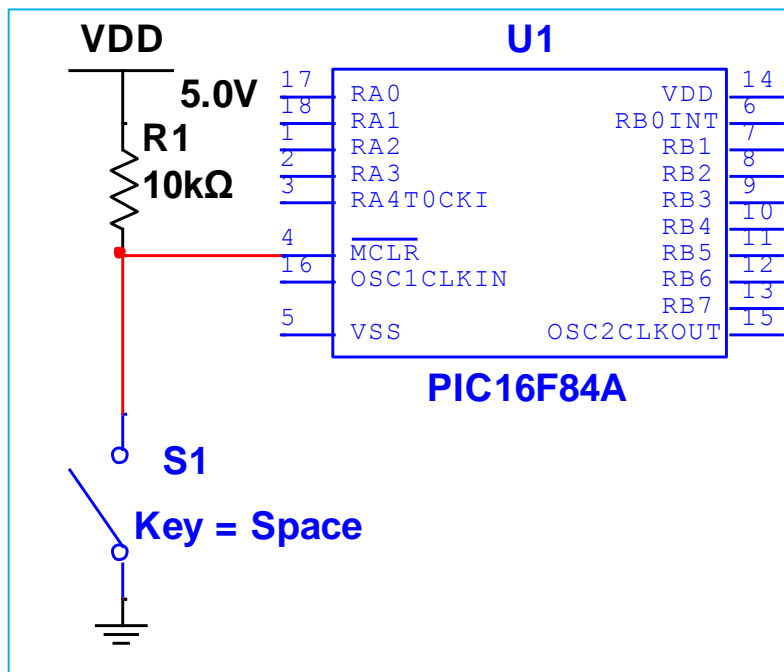
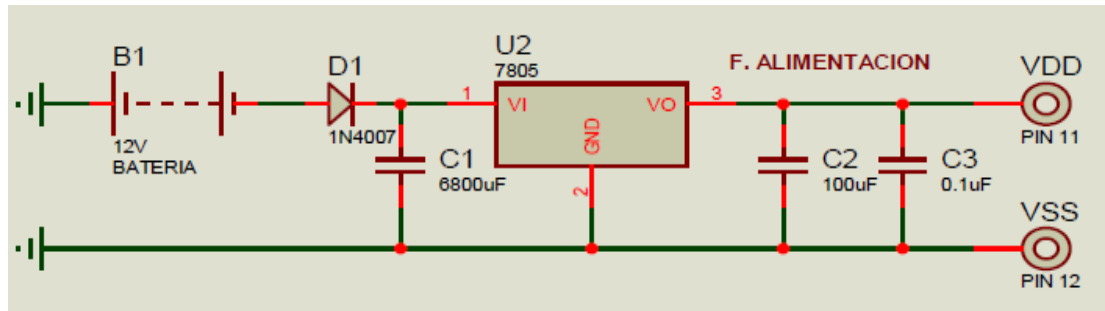


Figura 76. Circuito para reset

Mientras el pin VDD se utiliza para alimentar el sistema con el voltaje de operación de 5V, y el Pin VSS para colocar tierra, tal como se observa en la figura 77.



**Figura 77.** Circuito de alimentación  
( Vasquez, 2010)

Como todo microcontrolador, requiere de un circuito externo que le indique la velocidad a la cual va a trabajar. Dicho circuito se conoce como oscilador o reloj. En el caso del PIC 16F84A, se pueden utilizar cuatro tipos osciladores diferentes (Microship Technology, 2015)

- RC: Oscilador con resistencia y condensador
- XT: Cristal (por ejemplo, de 1 a 4 MHz)
- HS: Cristal de alta frecuencia (por ejemplo, de 10 a 20 MHz)
- LP: Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

El pin RB1 será configurado para funcionar como pin de mando, mediante el circuito. Se utiliza el programa de diseño electrónico MULTISIM

Tal como lo recomienda el fabricante para prototipos como el presente, se ha seleccionado el XT por su precisión, cristal de cuarzo entre los 3 y los 5 MHz, que requiere de dos condensadores en paralelo de 20 pF, como lo muestra la configuración de la figura 78.

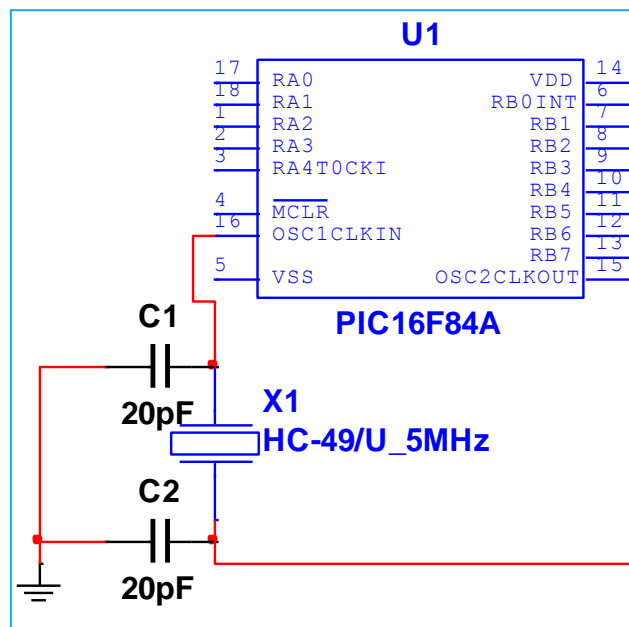


Figura 78. Conexión de un oscilador XT

A continuación se muestra la conexión de los sensores a los pines RB1, RB2 y RB3 en la figura 79.

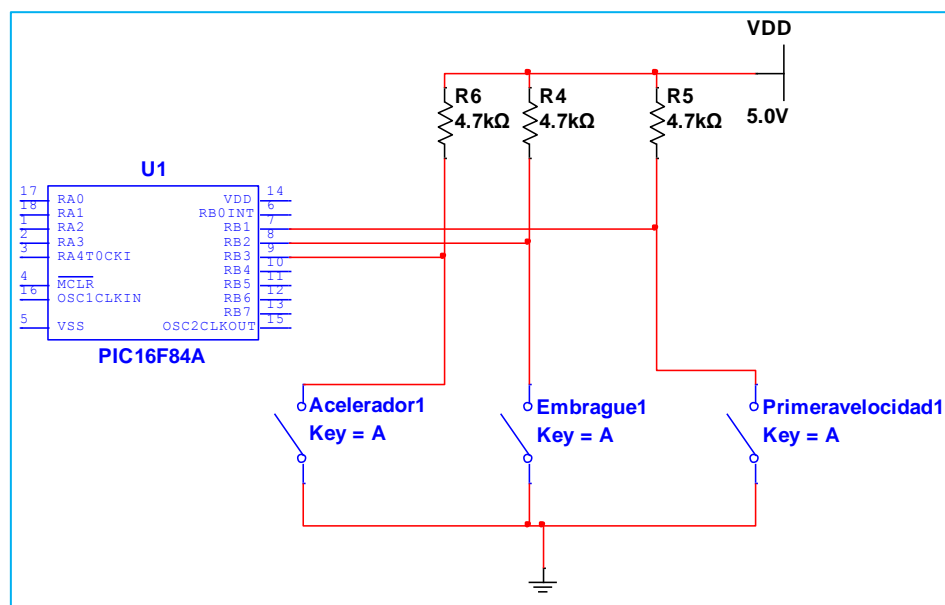
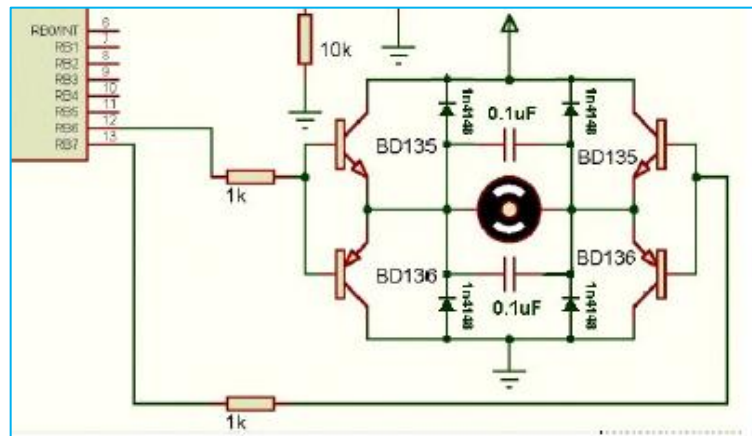


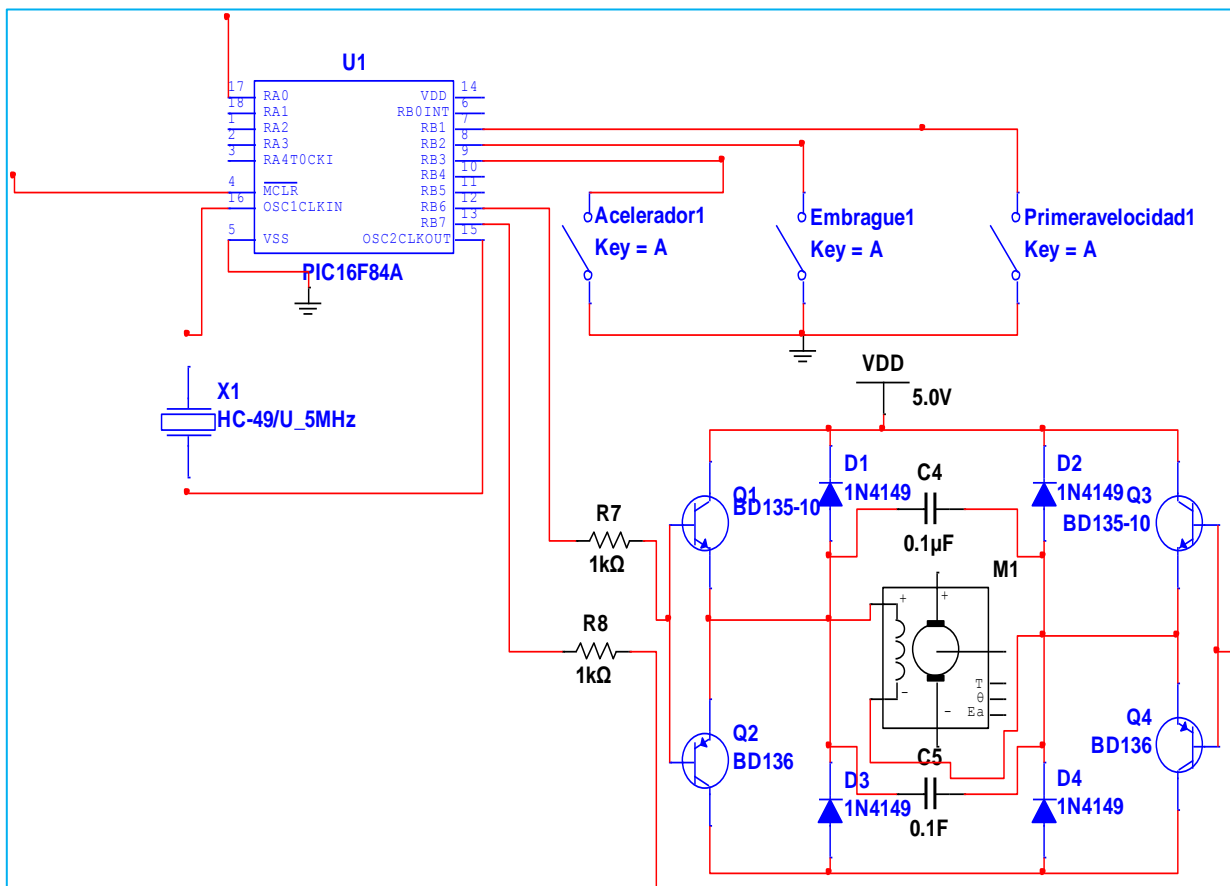
Figura 79. Conexión de los sensores al microcontrolador PIC

El controlador electrónico, también llamado calculador electrónico, estará ubicado dentro de una caja de protección, alojada en un espacio cerca del

tablero de mando principal del conductor. Se presenta la conexión para la señal de salida que emite comando al motor por medio los pines RB6 y RB7, configuración propuesta que se muestra en la figura 80 y que está diseñada para controlar el sentido de giro del motor y la cantidad de vueltas que realiza:



**Figura 80.** Conexión para controlar el sentido de giro del motor (ITO, 2014)



**Figura 81.** Configuración para controlar el motor

El circuito eléctrico completo se muestra en la figura 82.

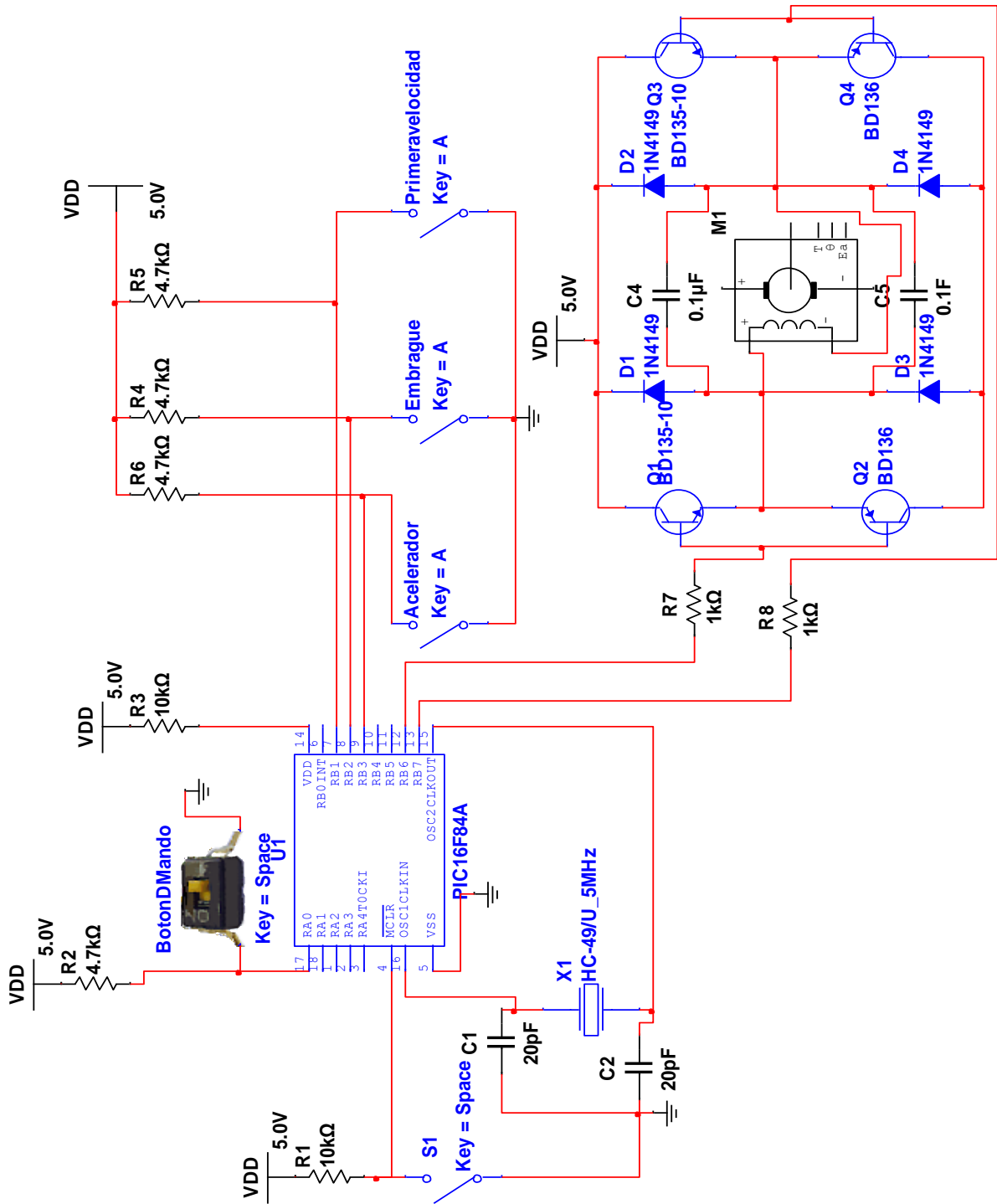


Figura 82. Circuito completo Multisim



La siguiente tabla 8 se muestra una lista de componentes:

**Tabla 8.** Lista de componentes del sistema de eléctrico del freno automático.

CANTIDAD	DESCRIPCION	ALIMENTACION
1	Controlador electrónico	5 V
1	Switch de reset	
3	Sensores de posición	12V
1	Botón de mando	
	Conductores eléctricos.	
1	Motor eléctrico	12V – 15W

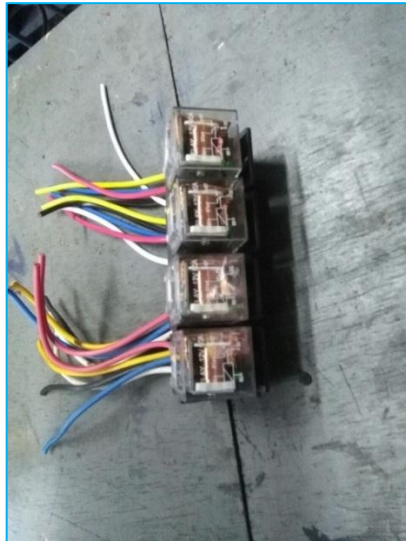
#### 4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL VEHÍCULO

En la figura 83 se muestra un tipo de punzador que servirá para desactivación de sistema en caso de descarga de batería.



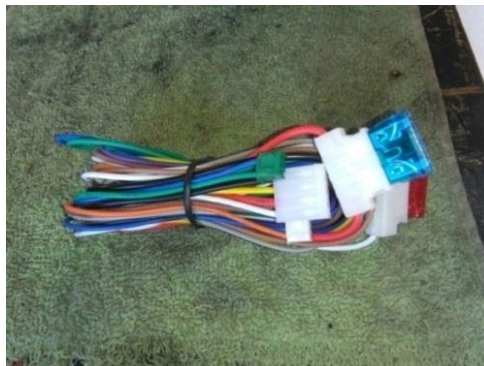
**Figura 83.** Conector y botón de mando

En la figura 84 se observa los relés que servirán como switch para ajuste o desajuste del sistema y también para inversión de polaridad.



**Figura 84.** Componentes protectores

En la figura 85 se puede ver un conjunto de cables con terminales de fusibles para una fácil incorporación de sistema.



**Figura 85.** Conjunto de cables conectores

En la figura 86 se considera importante el color de los cables ya que para evitar confusiones de poder o masa, se ha diferenciado de color.



**Figura 86.** Cable para activar el sistema de freno



**Figura 87.** Cable para desactivar el sistema de freno

#### **4.4.1. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO**

El sistema de freno automático requiere de un sistema de control para su correcto funcionamiento.

Dicho sistema estará conformado por una serie de componentes electrónicos, principalmente los sensores y un microcontrolador, los cuales se encargaran de emitir los comandos de funcionamiento del motor eléctrico que es el principal actuador en el módulo de freno automático.

A continuación se presenta un esquema de los principales componentes del sistema de control electrónico, luego se procede a su selección, descripción.

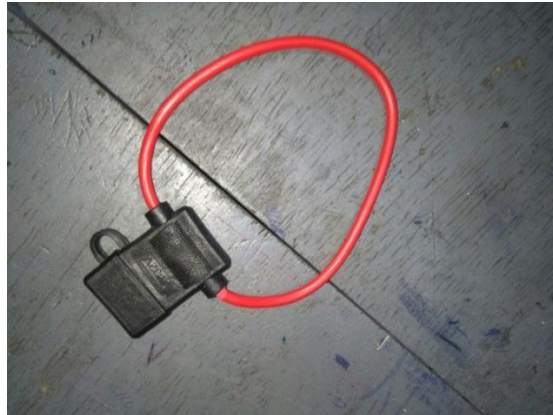
##### **4.4.2.1. Switch de posición**

A continuación en la figura 88 se muestra un pulsador de posición de embrague, ésta envía una señal que indica el vehículo está en condiciones de salir.



**Figura 88.** Pulsador de posición del embrague

A continuación en la figura 89 se observa un fusible que servirá como protección del circuito para evitar picos de corriente que puedan quemar alguna pieza.



**Figura 89.** Fusible

Este sensor de posición de la figura 90 sirve para dar información de la posición e la palanca de cambios, como también del embrague, ya que el principio es el mismo.



**Figura 90.** Pulsador de posición de primera marcha

#### **4.5. DISPOSITIVO MECÁNICO**

A partir de los recursos disponibles en cuanto a tiempo, economía y materiales de construcción, se logró implementar el módulo el cual se observa en la figura 91.



**Figura 91.** Módulo mecánico de freno automático

De manera general se comprobó el correcto funcionamiento del dispositivo. El módulo fue instalado en la parte inferior de la carrocería, ejerciendo la fuerza necesaria para activar las zapatas del freno posterior, provocando el anclaje de las ruedas.

Al momento de arrancar en cuesta, en el cual el conductor pisa el embrague, cambia a primera velocidad y pisa el pedal de aceleración, se libera de manera automática el freno de mano.

En el momento de estacionarse el vehículo y apagarse el motor, el freno de mano se activa automáticamente.

Las pruebas se tomaron para el vehículo a carga completa y sin carga de pasajeros, en diferentes grados de inclinación de la vía.

#### **4.5.1. CONTROL ELECTRÓNICO**

El sistema de control automático mostró un desempeño satisfactorio, al probarse en diferentes condiciones. Se presentaron sin embargo, algunos defectos de instalación, sobre todo de contacto en los sensores y su adaptación a la estructura física del vehículo.

Se realizaron ensayos de frenado anteriores al protocolo de pruebas para garantizar la seguridad del conductor y pasajeros, así como corregir las fallas que se pudieran presentar en el sistema. Por tanto, se delimitó el área de ensayo

## 4.6. CIRCUITO ELÉCTRICO

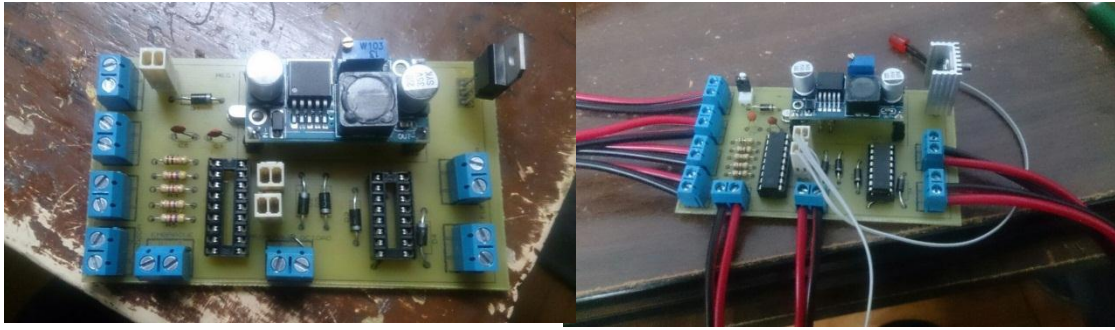
El circuito eléctrico también mostró un desempeño correcto. En la etapa de prueba sin embargo, se produjeron los siguientes inconvenientes:

Corrientes de fuga y corrientes parasitarias provocaron la falla del motor eléctrico del módulo, ya sea por falta de potencia o simplemente por picos de tensión al activar o encender otros componentes del vehículo como el equipo de sonido. Dichas fallas se resolvieron con la comprobación de todas las conexiones, la corrección de cortos circuitos y la incorporación de supresores de ruido, como se muestra en la figura 92.



**Figura 92.** Dispositivo para bloqueo y desbloqueo

En la figura 93 se muestra la incorporación del módulo de control electrónico con su respectivo cableado el mismo que se encuentra funcionando con un micro controlador, dicho módulo se encarga de recibir la señal enviada por los pulsadores eléctricos que se encuentran ubicados en los pedales de embrague y acelerador, posterior mente ordena al motor eléctrico ajustar o aflojar el prototipo de freno de estacionamiento electrónico



**Figura 93.** Módulo de control electrónico

A continuación en la figura 94 se muestra como va a ser ubicada esta tarjeta así también su respectiva protección para evitar daños por agentes externos como puede ser agua, polvo, etc.



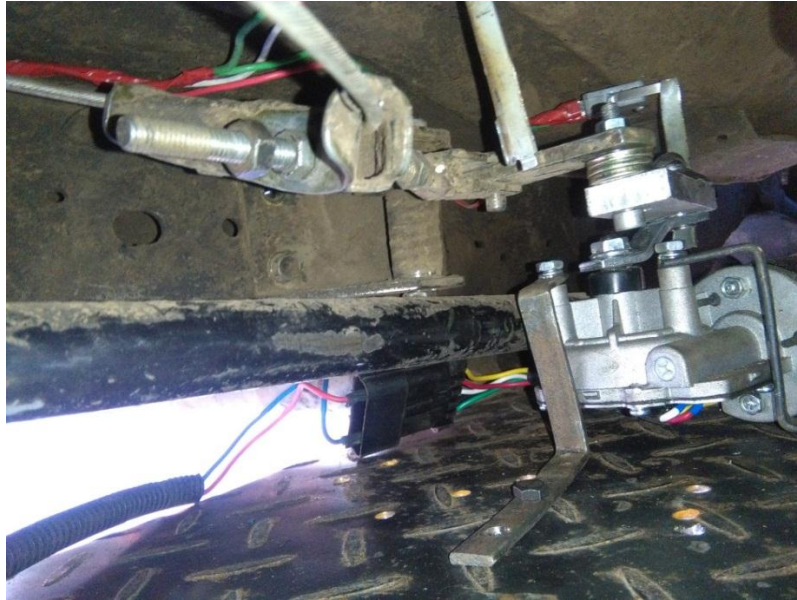
**Figura 94.** Protección del módulo electrónico

En la figura 95 se muestra una tarjeta electrónica, la misma tiene la función de enviar información para que el módulo active el sistema de manera secuencial y evitar bloquear el prototipo EPB y va conectada al motor para apriete máximo del sistema.



**Figura 95.** Tarjeta electrónica de secuencia

A continuación en la figura 96 se observa el motor eléctrico montado en el vehículo el cual por medio del brazo va sujetado con el cable de freno de mano convencional para el trabajo de apriete como se muestra a continuación.



**Figura 96.** Montaje del motor eléctrico

A continuación en la figura 97 se muestra la posición que se eligió para la ubicación de botón de mando del prototipo, como se puede ver se encuentra a 5 pulgadas a la izquierda del volante, este sitio brindará facilidad de acción y confort para el conductor.



**Figura 97.** Posición botón de mando



En la figura 98 se observa la posición de la caja de relés y de la tarjeta electrónica, estos elementos se encuentran en la parte inferior del asiento del conductor, dicha posición facilitará la localización y la sustitución de los mismos en caso de ser necesario



**Figura 98.** Posición de caja de relés

Para asegurar la eficacia del prototipo se realizó el respectivo ABC del sistema de frenos posteriores, en el que se realizó la limpieza total del sistema y se determinó que era necesario el reempaque de zapatas, este proceso consta en sustituir el elemento de fricción desgastado por otro nuevo como se muestra en la figura 99.



**Figura 99.** Reempaque de zapatas

Adicional a esto y cómo se muestra en la figura 100 fue necesario la rectificación de tambores debido a que presentaban un mínimo ovalamiento en los mismos, dicho problema debía ser corregido para evitar problemas futuros en las nuevas zapatas y con todo el prototipo, una vez culminado dichos procedimientos se observó un notable mejoramiento del sistema con respecto a eficiencia de frenado.



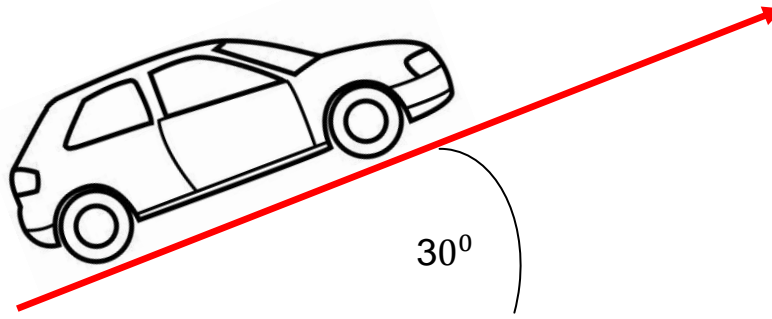
**Figura 100.** Tambor de freno rectificado

## **4.7. PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Para la realización de pruebas de funcionamiento del prototipo se tomó en cuenta ciertas consideraciones como fue la inclinación de la calzada y si el vehículo está ocupado o vacío como se muestra en las siguientes figuras.

### **4.7.1. PRUEBAS 1 CONPENDIENTE DE 30° DE INCLINACION**

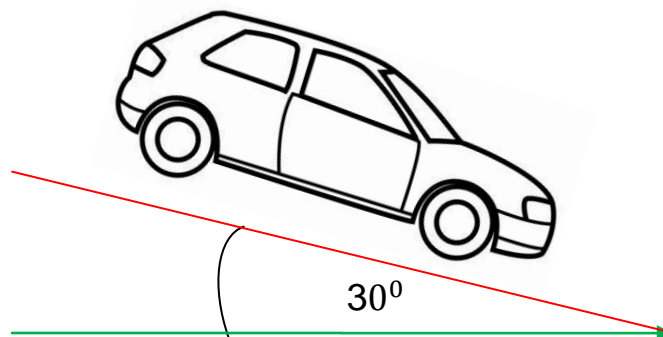
Como primera prueba de frenado se realizó con una inclinación de 30 grados con el auto vacío ya que dicha inclinación es adecuada para la prueba, ésta consiste en activar el EPB, y soltar el freno de pedal y el prototipo posee una fuerza de frenado de 29.4 N aplicada por el motor eléctrico y debe mantenerse estático así como indica en la figura 101, adicionalmente con las mismas condiciones se realizó la prueba de arranque en cuesta automático la cual se observó que el motor eléctrico funcionó de a cuerdo con los objetivos planteados.



**Figura 101.** Prueba 1 con 30° de inclinación cuesta arriba

#### **4.6.2. PRUEBA 2 CON PENDIENTE DE 30° DIRECCION HACIA ABAJO**

Esta prueba consiste en activar freno de estacionamiento automático (prototipo implementado) como se muestra en la figura 102 y de la misma manera de que la primera prueba se suelta el freno de pedal con el auto vacío de la misma manera debe mantenerse estático.

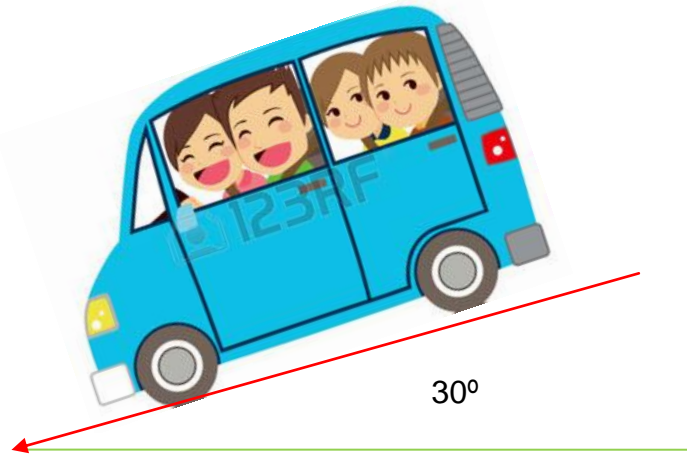


**Figura 102.** Prueba 2 con 30° de inclinación cuesta abajo

#### **4.6.3. PRUEBA 3 CON INCLINACIÓN DE 30° DIRECCION HACIA ABAJO Y AUTOOCUPADO**

En esta prueba se colocó a 5 personas que es la máxima capacidad del vehículo con un peso total en las ruedas de 1.5 T y una inclinación de 30°, el motor eléctrico aportó con una fuerza de frenado de 29.4 N esta fuerza es transmitida a el brazo de aluminio que va sujeta al cable y resiste un esfuerzo

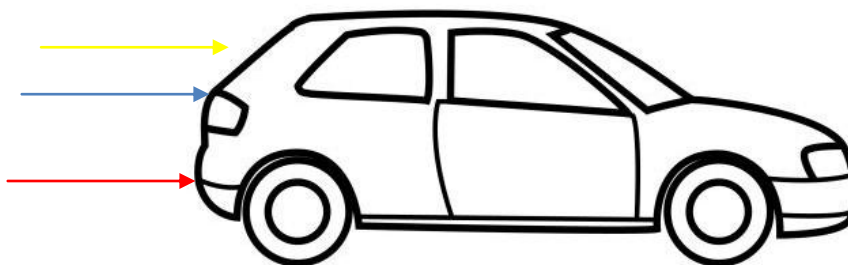
máxima de 4.986 MPa y un coeficiente de seguridad de 83.032 lo cual indica que el sistema es eficiente y que el brazo es resistente al trabajo sometido. Con esto se verificó la eficiencia del prototipo en su máxima capacidad de trabajo como se muestra en la figura 103 y se demostró que el prototipo es seguro en comparación al sistema tradicional de freno de mano.



**Figura 103.** Prueba 4 con inclinación de 30° y pasajeros

#### 4.6.4. PRUEBA 4 AUTO EN MOVIMIENTO

La última prueba se realizó en parte plana con el auto en movimiento como se muestra en la figura 104 y una velocidad de 20 km/h, con dicha velocidad se accionó el prototipo y se determinó una desaceleración muy notable del vehículo con un valor promedio de  $10 \text{ m/s}^2$  hasta llegar al reposo, y se concluyó que el sistema trabaja en condiciones confiables.



**Figura 104.** Prueba 5 auto en movimiento

#### 4.6.5. PRUEBA DE EFICIENCIA DE FRENADO

Para verificar la eficiencia de frenado se buscó un lugar especializado en este tema, se determinó que Rapi – Freno es el auto servicio más adecuado, en el cual el prototipo fue ingresado a un equipo similar al que se usa en la revisión vehicular como se puede observar en la figura 103, y se determinó que el prototipo llega al 13 % de eficiencia lo que indica que está trabajando eficazmente, debido a que dicho porcentaje de eficiencia es el adecuado para aprobar la revisión vehicular en lo que se refiere a freno de estacionamiento.



Figura 105. Prueba de eficiencia de frenado en Rapi- Frenos

#### 4.7. RESULTADOS

Para las pruebas de eficiencia de frenado del prototipo se utilizó un equipo llamado frenómetro de rodillos con superficie antideslizante como se observa en la figura 104.



Figura 106. Frenómetro de rodillos con superficie antideslizante

Este equipo permite medir automáticamente la eficiencia de frenado y da resultados en porcentajes este puede ser usado para frenos de pedal y de estacionamiento, para determinar el desequilibrio dinámico de frenado entre las ruedas de un mismo eje, así también determinar si existe ovalamiento de tambores y los mas importante para el proyecto es que mide la fuerza de frenado de cada rueda, el frenómetro trabaja con un coeficiente mínimo de fricción de 0.8 en seco o mojado lo cual lo vuelve más exacto en sus mediciones, su carga mínima de absorción sobre rodillos es de 3.000 Kg para vehículos livianos y su valor de división de escala es de 1% en eficiencia y desequilibrio y por último 0.1 N en fuerza de frenado, entonces una vez determinado sus características técnicas y escalas de medición, se procedió a ingresar el prototipo y se realizo las respectivas pruebas, determinando así resultados muy favorables de eficiencia del frenado del EPB, dichos resultados se los puede observar en el reporte de pruebas de frenado ver Anexo 1 pruebas de frenado del prototipo que fue impreso directamente por el equipo para mejor entendimiento, a continuación en la tabla 9 se detalla los resultados determinados por el equipo y fueron comparados con la norma de sevision vehicular para aprobación de circulación.

**Tabla 9.** Resultados del frenómetro prueba de eficiencia de frenado

	Prototipo	Datos normalizados de aprobación
Eficiencia de frenado	22%	25%
Fuerza de frenado Rueda izquierda	1.350 KNf.	1.364 KNf
Fuerza de frenado Rueda derecha	0.880KNf.	1.350 KNf.
Diferencia entre ruedas	35%	25%

Según los resultados indicados en la tabla 9, el prototipo se encuentra en condiciones aceptables con respecto a los valores de aprobación que emite la revisión vehicular.

Como se observa en la tabla 10 se realizó una evaluación comparativa entre los dos sistemas, freno de estacionamiento convencional y freno de estacionamiento automático (prototipo), y se logró determinar que el prototipo accionado en las mismas condiciones de funcionamiento que el freno tradicional

, tiene una eficiencia del 2 % mayor al sistema convencional, esto según resultados emitidos por el frenómetro.

**Tabla 10.** Evaluación comparativa de los dos sistemas de freno manual y automático

Condición	Freno estacionamiento manual					Freno de estacionamiento automático				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Pendiente de 30° con dirección hacia arriba, auto vacío.				X					X	
Pendiente de 30° con dirección hacia abajo,				X					X	
Pendiente de 30° con dirección hacia arriba, auto con pasajeros.				X					X	
Activación del sistema, vacío y en movimiento.			X						X	
Activación del sistema, auto con pasajeros y en movimiento.			x					x		
Calificación en promedio	3.6 / 5					3.8/ 5				

A continuación en la siguiente tabla se describe la referencia de evaluaciones de evaluación de 1 hasta 5 con su respectivo color.

Calificación	Interpretación de estado
1	Pésimo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy bueno
5	Excelente

Y se analizó lo siguiente, que los dos sistemas no presentan una diferencia de eficiencia de frenado muy notable, ya que se procuró que el prototipo implementado sea diseñado con características muy similares al sistema convencional en lo que se refiere a fuerza de frenado, la diferencia entre estos dos sistemas es el confort que el conductor notará al momento de accionar el freno durante el estacionamiento del vehículo.

#### 4.7.1. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

En la tabla 11 se indica los costos que se realizaron durante el proceso de implementación de prototipo.

**Tabla 11.** Costos realizados para la implementación del prototipo

PROCESO	DISPOSITIVO O EQUIPO	COSTO \$
<b>DISEÑO</b>	Solidworks	10 \$
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	Brazo de aluminio	15 \$
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	Motor eléctrico	160 \$
	Relés	20 \$
	Términos de carrera	10 \$
	Cables	5 \$
	Taype	4 \$
	Tarjeta electrónica	10 \$
	Botón de mando	1 \$
	Sensores de posición	15 \$
	Micro switch	5 \$
	Pernos de sujeción	3 \$
<b>PRUEBAS</b>	Puesta a punto del sistema	160 \$
	Frenómetro	25 \$
	Mano de obra	100 \$
		<b>TOTAL= 543 \$</b>

Según resultados de la tabla 11 se determina que los costos realizados para la implementación de un sistema EPB en un vehículo liviano, en el caso de ser masivo tendría un costo de 543 \$ en un tiempo determinado de 5 días, dicho valor no resulta muy elevado en comparación con el costo de implementación de un sistema de freno de mano convencional que borda los 300 \$, como se puede dar cuenta entre estos dos sistemas presentan un diferencia de 243 \$ la misma que no vendría a ser un problema debido a las interesantes, valiosas y cómodas características que solo el prototipo posee.

En lo que se refiere a mantenimiento los dos sistemas son de fácil manipulación debido a su sencillo diseño, el sistema automático por tener partes electrónicas delicadas se puede decir que presenta una ligera complejidad, en respuesta a esto y para que su mantenimiento y verificación sea mas fácil y rápida dichos elementos han sido colocados en una parte totalmente visible, estos se



encuentran empotrados en el asiento del conductor lo cual vuelve facilita su sustitución y verificación de funcionamiento.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Luego de realizar la investigación, diseño, elaboración e implementación del proyecto se concluye lo siguiente:

- Se concluye que los parámetros para el análisis de un sistema de freno de estacionamiento automático son: fuerza de frenado, peso máximo y eficiencia de frenado.
- Se concluye que la eficiencia de frenado del 23% es un valor adecuado para aprobación de la norma de revisión vehicular en Quito y finalmente se confirmó que el prototipo con los factores de seguridad requeridos para el proyecto.
- Se determinó que la implementación del EPB ha permitido brindar un mayor confort y espacio para el conductor en el interior del vehículo.
- Se concluyó que según resultados determinados por el frenómetro, las pruebas de eficiencia de frenado realizadas al prototipo ha alcanzado los objetivos y parámetros de seguridad planteados en el plan de trabajo, en el proceso de diseño y construcción de automatización de un freno de servicio con comando electrónico.
- Se determinó que la diferencia de costos de implementación entre el sistemas EPB y el sistema convencional tiene una diferencia de 243 \$ la misma que ve justificada por las cómodas y especiales características que el conductor disfrutará y que solo un sistema automático posee.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Antes de la instalación, es necesario una etapa de simulación asistida por computadora para detectar fallas.
- Se recomienda el cuidado y disciplina para el manejo del sistema eléctrico durante la etapa de instalación y pruebas, con el fin de evitar fuertes descargas y pérdidas de recursos del proyecto.
- El conductor debe tener especial cuidado de no activar el freno auxiliar mientras el auto esté en movimiento ya que esta maniobra podría provocar desviación de la trayectoria del automóvil, derrape o pérdida del control de dirección.
- Para un correcto funcionamiento del prototipo se recomienda realizar un mantenimiento preventivo cada 15 días, para evitar fallas en el trabajo del mismo.
- Se recomienda la verificación de voltaje de la batería así también el correcto mantenimiento preventivo de la misma, ya que con la incorporación del prototipo la misma estará expuesta a un mayor trabajo de funcionamiento.

## **GLOSARIO**

# GLOSARIO

**EPB:** Significa freno de estacionamiento electrónico o en ingles Electronic parking Brake

**AUTOMATIZACIÓN:** Hacer que un sistema trabaje de forma automática implementando dispositivos electrónicos y tecnología en dicho prototipo.

**TORSIÓN:** Torsión se entiende como la repartición de fuerzas de tensión sobre una superficie maciza circular para pequeñas transformaciones

**MONTAJE:** Colocación de elementos de diferente o similares características a un sistema ya existente

**SUJECCIÓN:** Sujetar un elemento como por ejemplo un cable o algún cuerpo

**IMPLEMENTACIÓN:** Incorporar elementos a un sistema ya existente para mejorar sus características de trabajo y hacerlo novedoso.

**TORQUE:** Es la fuerza aplicada por el radio de un elemento

**POTENCIA:** Esta va en considerando el tiempo, es el numero de trabajos realizados en un tiempo determinado es decir si se realiza un trabajo en el menor tiempo posible es un maquina potente.

**VELOCIDAD ANGULAR:** Es la velocidad de rotación, es decir el angulo girado por unidad de tiempo.

**MÓDULO:** Estructura o bloque de piezas en una construcción a fin de hacerla mas fácil de usar y esta conectado con el resto de componentes.

**SISTEMA:** Conjunto de elementos que mantienen un objetivo en común.

**PROTOTIPO:** Es un primer ejemplar que se fabrica de una idea y sirve para elaborar otros elementos iguales.

**PUESTA A PUNTO:** Es la corrección de todos los errores existentes en un sistema o prototipo, lo más exactamente posible.

**CAMPO:** Lugar en donde se realiza una acción con especialistas en alguna rama en especial o una fuente de información en la vida real.

**CONFIABILIDAD:** Es la responsabilidad que le demuestra un sistema para trabajar por sí mismo en las mejores condiciones.

**MOMENTO FLECTOR:** Es un movimiento o fuerza que obliga a un cuerpo a cambiar su apariencia física, y se conoce como flejar un cuerpo.

**DETERMINAR:** Es asegurar algo como por ejemplo tomar una decisión incambiable.

## **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFÍA

- Garcia. (5 de 12 de 2013). *Pasion Autos*. Recuperado el 19 de 4 de 2016, de Pasion Autos: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/material-didactico/repartodecargas.pdf>
- Infante. (4 de 2 de 2015). *Infante*. Recuperado el 21 de 4 de 2016, de <http://www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html>
- Motor7. (5 de 10 de 2015). *Motor 7*. Recuperado el 16 de 3 de 2016, de Canal Motor 7: <http://canalmotor7.blogspot.com/2013/06/los-frenos-los-ralentizadores-y.html>
- Vasquez. (2010). *Diseno y construccion de un freno mecanico automatico*. Cuenca.
- Achaerandio Zuazo, L. (2010). *Iniciacion a las practicas de investigacion*. Guatemala .
- Agueda, E. (2014). *Fundamentos Tecnologicos del auotmovil*. Buenos aires Argentina: S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Auto, E. (2 de 10 de 2015). *E- Auto* . Recuperado el 16 de 3 de 2016, de E-Auto : <http://e-auto.com.mx/enew/index.php/condiciones-generales/85-boletines-tecnicos/3517-frenos-5-servofreno-o-booster-sencillo>
- Automovil. (2012). *Frenos*. Quito: EDITOR ANTONIO MADRID VICENTE.
- Automovil. (2013). *Frenos*. Quto.
- Bosch. (2008). *sistemas de frenos convencionales y electronicos*. Langenau: GmBH Bosch.
- Bosch. (2011). *Manual de la tecnica del Automovil*. Ambato.
- Casado. (2014). *Fundamentos tecnologicos del automovil*.
- Crouse, W. H. (2011). *El libro del automovil*. Buenos aires Argentina: S.A. MARCOMBO.
- Daniels. (2007). *Tecnologias del coche moderno*. Guatemala: CEAC.
- De Castro. (2007). *4x4 Manual del Mecánico*. Mexico: EDITOR ANTONIO MADRID VICENTE.

- Geekbo. (2016). *geekbo*. Obtenido de [www.geekbotelectronics.com](http://www.geekbotelectronics.com)
- Gil. (2007). *La Electronica en el Automovil*. Chicago : CEAC.
- Gil. (2008). *Circuitos electronicos en el Automovil*. Nueva york: CEAC.
- Hernández. (2008). *Tecnologia de la electronica del vehiculo*.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2013). *Metodologia de la investigacion*. . Guatemala .
- Intercom. (2016). *construmatica*.  
[http://www.construmatica.com/construpedia/Par\\_de\\_Torsi%C3%B3n](http://www.construmatica.com/construpedia/Par_de_Torsi%C3%B3n).
- ITO. (2014). *Manual teórico práctico del microcontrolador PIC16F84A*. Instituto Tecnológico de Orizaba.
- John, R. (2013). *Mecanica Basica*. Quito: CULTURA CICLISTA, 2014.
- I Infante. (4 de 2 de 2015). *Jose Angel Infante*. Recuperado el 21 de 4 de 2016, de <http://www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html>
- Microship Technology. (2015). *Resumen de hoja de datos*.
- Mott, R. (2006). *Libro de diseno de elementos de maquina*. Mexico: Pearson Education.
- Navarro. (2009). *Elementos metalicos y sinteticos*. Madrid España : S.A. MARCOMBO.
- Ocaña. (2008). *Tratado del automovil*. caracas : S.L. CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT-2000.
- Paraninfo. (2013). *Ingenieria del automovil y sistemas sde comportamiento dinámico* . caracas : Paraninfo.
- Paz, A. (2010). *Manual del automovil*. Quito: S.L. CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT-2000.
- Pura, A. a. (5 de 3 de 2014). *Aficionados ala mecanica Pura*. Recuperado el 16 de 3 de 2016, de Aficionados ala mecanica Pura:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>
- Remling. (2011). *Frenos*. MEXICO: LIMUSA .
- Remling, J. (2013). *Remling, John* . quito .

Serway. (2015). *Fundamentos de fisica* . Quito.

Tenezaca, J., & Vasquez, F. (2010). *Diseno y construccion de un freno mecanico automatico*. Cuenca.

Vaca, M. (2010). *Implementacion de un sistema de freno de disco*. Quito: CULTURA CICLISTA, 2014.

Wanadoo. (2015). WANADOO. Obtenido de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic16f84.htm>

**ANEXOS**

# ANEXOS

## ANEXO 1





### REPORTE DE PRUEBA DE FRENADO DEL PROTOTIPO



V03.35	Nº serie	:
Fecha: 01/06/2016	Hora: 16:49:12	Nº homologación
Fecha impr: 01/06/2016	Hora impr.: 16:56:25	Fecha calibració

<b>RAPI-FRENOS "Los Alamos"</b>	Nombre	:	Quinga Elvis
<b>Juan Matovelle N50-129 y Los Alamos</b>	Dirección	:	
<b>TLF: 2417570 - 3265660</b>	Población	:	
<b>. www.rapi-frenos.com.ec</b>	Provincia	:	
<b>"THE PROFESSIONAL IN BRAKE SERVICES"</b>	DNI-NIF	:	
	Teléfono	:	
	Matrícula	:	PLL0059
	Marca	:	CHEVROLET
	Modelo	:	TROOPER
	Kilometraje	:	323896
	Chasis	:	
	Inspectores	:	Eficiencia de freno de mano y de

#### FRENOS

		
Total F.S.: 8,398 kN	Total peso: 1766 kg	Total F.M.: 2,230 kN
Efic.: 48 %		Efic.: 13 %
		
F. Izq.: 3,036 kNF. Der.: 2,755 kN	F. Izq.: 1,350 kNF. Der.: 0,880 kN	F. Izq.: 1,359 kNF. Der.: 1,247 kN
Dif.: 9 %	Dif.: 35 %	Dif.: 8 %
Dif. Máx.: 12 %	Dif. Máx.: 56 %	Dif. Máx.: 15 %
O. Izq.: 28 % O. Der.: 22 %	O. Izq.: --- % O. Der.: --- %	O. Izq.: 9 % O. Der.: 15 %
F. PEDAL: ---- N	F. PEDAL: ---- N	F. PEDAL: ---- N
Peso: 878 kg Efic.: 67 %	R.R.I.: 0,136 kNR. R.D.: 0,160 kN	Peso: 888 kg Efic.: 30 %
R.R.I.: 0,125 kNR. R.D.: 0,191 kN		R.R.I.: 0,126 kNR. R.D.: 0,203 kN

## ANEXO 2




### REPORTE PRUEBA DE PRUEBA DE FRENADO DETALLADA



Matrícula: PLL0059

Fecha: 01/06/2016 Hora: 16:49:1

#### FRENOS

		
Total F.S.: 8,398 kN Efic.: 48 %	Total peso: 1766 kg	Total F.M.: 2,230 kN Efic.: 13 %
F.Izq.: 3,036 kNF.Der.: 2,755 kN Dif.: 9 % Dif.Máx.: 12 % O.Izq.: 28 % O.Der.: 22 % F. PEDAL: ---- N Peso: 878 kg Efic.: 67 % R.R.I.: 0,125 kNR.R.D.: 0,191 kN	F.Izq.: 1,350 kNF.Der.: 0,880 kN Dif.: 35 % Dif.Máx.: 56 % O.Izq.: --- % O.Der.: --- % F. PEDAL: ---- N R.R.I.: 0,136 kNR.R.D.: 0,160 kN	F.Izq.: 1,359 kNF.Der.: 1,247 kN Dif.: 8 % Dif.Máx.: 15 % O.Izq.: 9 % O.Der.: 15 % F. PEDAL: ---- N Peso: 888 kg Efic.: 30 % R.R.I.: 0,126 kNR.R.D.: 0,203 kN

## ANEXO 3

### DESCRIPCION FUNCIONAL DE LOS PIN DEL PIC16F84A

Nombre	Nº	Tipo	Descripción
OSC1/CLKIN	16	I	Entrada del oscilador a cristal/Entrada de la fuente de reloj externa
OSC2/CLKOUT	15	O	Salida del oscilador a cristal. En el modo RC, es una salida con una frecuencia de $\frac{1}{4}$ OSC1
MCLR	4	I/P	Reset/Entrada del voltaje de programación.
RA0	17	I/O	Puerto A bidireccional, bit 0
RA1	18	I/O	Puerto A bidireccional, bit 1
RA2	1	I/O	Puerto A bidireccional, bit 2
RA3	2	I/O	Puerto A bidireccional, bit 3
RA4/T0CKI	3	I/O	También se utiliza para la entra de reloj para el TMR0
RB0/INT	6	I/O	Puerto B bidireccional, bit 0 Puede seleccionarse para entrada de interrupción externa
RB1	7	I/O	Puerto B bidireccional, bit 1
RB2	8	I/O	Puerto B bidireccional, bit 2
RB3	9	I/O	Puerto B bidireccional, bit 3
RB4	10	I/O	Puerto B bidireccional, bit 4 Interrupción por cambio de estado
RB5	11	I/O	Puerto B bidireccional, bit 5 Interrupción por cambio de estado
RB6	12	I/O	Puerto B bidireccional, bit 6 Interrupción por cambio de estado
RB7	13	I/O	Puerto B bidireccional, bit 7 Interrupción por cambio de estado
Vss	5	P	Tierra de referencia
Vdd	14	P	Alimentación

# ANEXO 4

## DATASHEET DEL PIC16F84A



# PIC16F84A

## 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

### High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTE<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

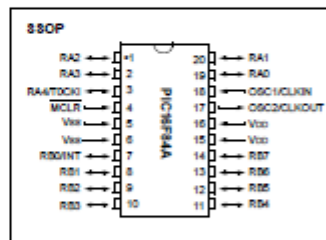
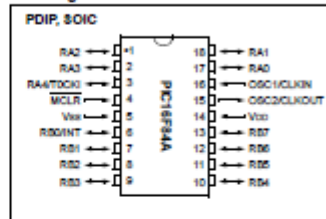
### Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

### Special Microcontroller Features:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

### Pin Diagrams



### CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 µA typical standby current @ 2V



## ANEXO 5

### LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA CONFIGURACIÓN EL PIC16F84A

```
===== INICIO =====

#define __16f84
LIST P = 16F84A ;Comando que indica el pic usado

===== Etiquetas =====

PC EQU 0X02 ;Dirección del reg. PC en hex
ESTADO EQU 0x03 ;Dirección del reg. ESTADO
PORT_A EQU 0x05 ;Dirección del puerto A
PORT_B EQU 0x06 ;Dirección del puerto B
w EQU 0x00 ;w = 0
REG_1 EQU 0x0C ;Dirección del registro REG_1
REG_2 EQU 0x0D ;Dirección del registro REG_2
REG_3 EQU 0x0E ;Dirección del registro REG_3
VALOR1 EQU 0x05 ;Valor que se asigna a VALOR1
VALOR2 EQU 0x05 ;Valor que se asigna a VALOR2
VALOR3 EQU 0x05 ;Valor que se asigna a VALOR3
AUX EQU 0x0F ;Dirección del registro AUX
DIEZ EQU d'100'

===== Programa =====

ORG 0 ;Vector de reset
goto inicio ;Salto a inicio
ORG 5

inicio call config ;Llamada a la rutina config
off movlw 0x00 ;w = 0x00
movwf AUX ;AUX = w, AUX = 0x00
movwf PORT_B ;PORT_B = 0x00
pulsa btfscc PORT_A,0 ;¿PORT_A<0> = 0?
goto arranca ;Si, salto a arranca
goto pulsa ;No, salto a pulsa

arranca movlw b'10000000' ;Carga w con b'10000000'
movwf PORT_B ;PORT_B = w

call conteo ;Llamada a la rutina conteo

movlw 0x00 ;w = 0x00
movwf PORT_B ;PORT_B = w, PORT_B = 0x00
call retar2 ;Llamada a la rutina retar2
call retar2 ;Llamada a la rutina retar2
call retar2 ;Llamada a la rutina retar2
movlw b'01000000' ;w = b'01000000'
movwf PORT_B ;PORT_B = w, PORT_B = b'01000000'
clrf AUX ;Borra el contenido de AUX
call conteo ;Llamada a la rutina conteo

movlw 0x00 ;w = 0x00
movwf PORT_B ;PORT_B = w, PORT_B = 0x00
sleep ;El PIC se duerme
```

```

config  bsf      ESTADO,5    ;Se pone en 1 el bit 5 del reg. ESTADO
        movlw   b'00011111' ;Carga w con el dato b'00011111'
        movwf   PORT_A     ;Configura el puerto A como entradas
        movlw   b'00000000' ;Carga w con el dato b'00000000'
        movwf   PORT_B     ;Configura el puerto B como salidas
        bcf     ESTADO,5    ;Se pone en 0 el bit 5 del reg. ESTADO
        return              ;Retorno desde subrutina

retardo  movlw   VALOR1     ;Carga w con el número 30 (VALOR1)
        movwf   REG_1      ;Mueve w al registro REG_1
tres     movlw   VALOR2     ;Carga w con el número 40 (VALOR2)
        movwf   REG_2      ;Mueve w al registro REG_2
dos      movlw   VALOR3     ;Carga w con el número 50 (VALOR3)
        movwf   REG_3      ;Mueve w al registro REG_3
uno      decfsz  REG_3       ;Decrementa el valor de REG_3 en 1
        goto    uno        ;Salto a uno
        decfsz  REG_2       ;Decrementa el valor de REG_2 en 1
        goto    dos        ;Salto a dos
        decfsz  REG_1       ;Decrementa el valor de REG_1 en 1
        goto    tres       ;Salto a tres
        return              ;Retorno desde subrutina

retar2   call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        call    retardo    ;Llamada a la rutina retardo
        return              ;Retorno desde subrutina

conteo   btfss   PORT_A,4    ;¿El boton esta oprimido?
        goto    conteo     ;No (salto a boton)
        call    retardo    ;Si (Llamada a la rutina retardo)
boton2   btfss   PORT_A,4    ;¿El boton sigue oprimido?
        goto    sigue     ;No (salto a sigue)
        goto    boton2     ;Si (salto a boton2)
sigue    incf    AUX,1      ;Incrementa AUX (AUX = AUX + 1)
        movf    AUX,w      ;Mueve AUX a w
        xorlw   DIEZ       ;Funcion Xor (¿es igual a 100?)
        btfsc   ESTADO,2   ;¿AUX = DIEZ? (ESTADO<2> = 0)
        goto    para       ;Salto a borra (ESTADO<2> <> 0)
        goto    conteo     ;Salto a bucle (ESTADO<2> = 0)
para     return

```

;===== Fin =====

end

```

conteo  btfss  PORT_A,4    ;¿El boton esta oprimido?
        goto  conteo     ;No (salto a boton)
        call  retardo    ;Si (Llamada a la rutina retardo)
boton2  btfss  PORT_A,4    ;¿El boton sigue oprimido?
        goto  sigue     ;No (salto a sigue)
        goto  boton2    ;Si (salto a boton2)
sigue   incf  AUX,1      ;Incrementa AUX (AUX = AUX + 1)
        movf  AUX,w      ;Mueve AUX a w
        xorlw DIEZ      ;Funcion Xor (¿es igual a 100?)
        btfsc ESTADO,2  ;¿AUX = DIEZ? (ESTADO<2> = 0)
        goto  para      ;Salto a borra (ESTADO<2> <> 0)
        goto  conteo    ;Salto a bucle (ESTADO<2> = 0)
para    return

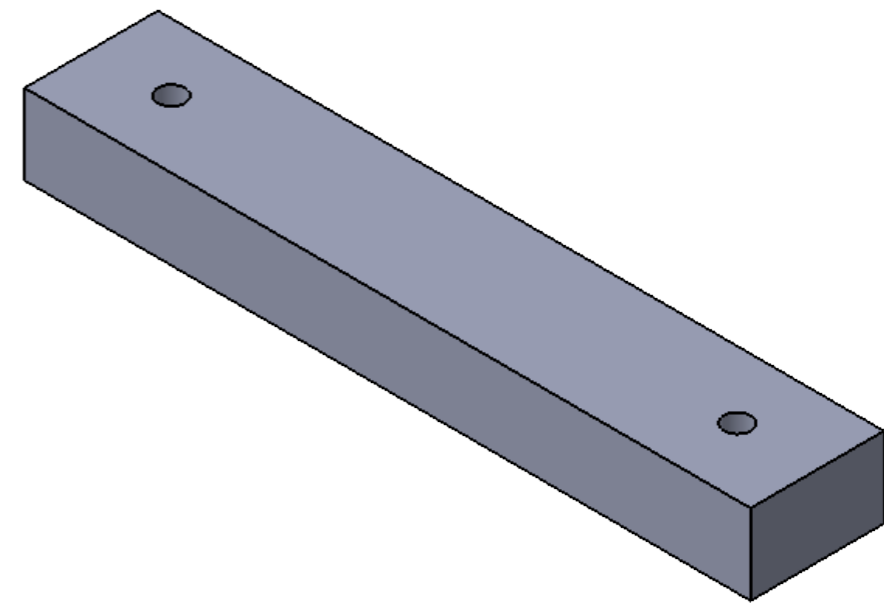
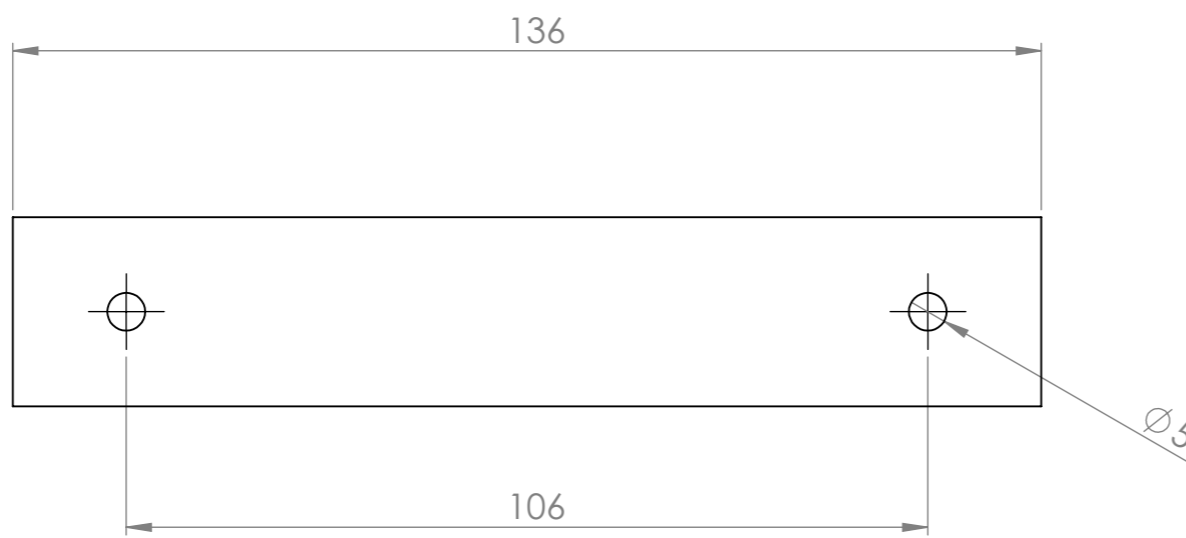
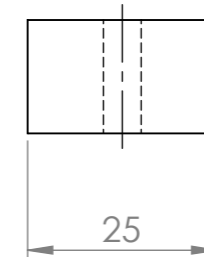
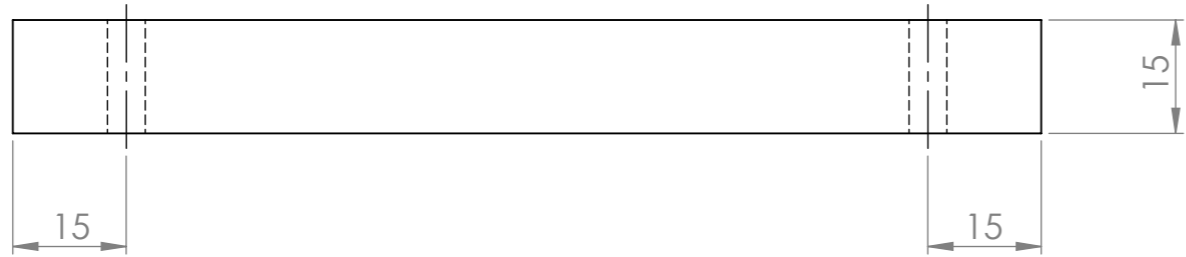
;===== Fin =====

        end

```

## **ANEXO 6**

### **PLANO BRAZO DE ALUMINIO**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO SUPERFICIAL: Pulido		UTE	REVISIÓN
						Ciencias de la Ingeniería
						TÍTULO:
						Brazo de aluminio
						N.º DE DIBUJO
						DIM - 001
						A3
						ESCALA:1:1
						HOJA 1 DE 1

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.	Quinga Elvis		09/06/2016		
VERIF.					
APROB.	Ing. Guzman Alex		09/06/2016		
FABR.					
CALID.					
			MATERIAL:		
			ALUMINIO 2014 T6		
			PESO:		

