

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz.

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA
ESTABLECER LA EFICIENCIA DEL EMBRAGUE EN VEHÍCULOS A
PROPULSIÓN”**

AUTORES:

ANDRÉS SANTIAGO CÓRDOVA VALVERDE
JOHNNY FABIÁN MONTENEGRO SIGÜENZA

TUTOR:

ING. FREDY TACURI MOSCOSO

**Cuenca-Ecuador
2018**

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Andrés Santiago Córdova Valverde con C.I. 0105996987 y Johnny Fabián Montenegro Sigüenza con C.I. 0105879266, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DEL EMBRAGUE EN VEHÍCULOS A PROPULSIÓN”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2018

ANDRÉS SANTIAGO CÓRDOVA VALVERDE
C.I.010599698-7

JOHNNY FABIÁN MONTENEGRO SIGÜENZA
C.I. 010587926-6

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DEL EMBRAGUE EN VEHÍCULOS A PROPULSIÓN”**, realizado por Andrés Santiago Córdova Valverde y Johnny Fabián Montenegro Sigüenza, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2018



ING. FREDY GONZALO TACURI MOSCOSO

TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Andrés Santiago Córdova Valverde con C.I. 0105996987, y Johnny Fabián Montenegro Sigüenza con C.I. 0105879266, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ESTABLECER LA EFICIENCIA DEL EMBRAGUE EN VEHÍCULOS A PROPULSIÓN”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2018



ANDRÉS SANTIAGO CÓRDOVA VALVERDE
C.I.010599698-7



JOHNNY FABIÁN MONTENEGRO SIGÜENZA
C.I. 010587926-6

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a toda mi familia en especial a mis padres, Francisco Córdova y Nancy Valverde, quienes siempre confiaron en mí, me apoyaron en todo y me dieron fuerzas para salir adelante y culminar mis estudios. También dedico esta tesis a mis hermanos, Francisco y Samantha quienes son parte fundamental de mi vida. Además, a mi querida abuelita Elvia Luzuriaga que me ha acompañado durante toda mi carrera universitaria, con su apoyo incondicional. Y finalmente a todos mis conocidos, compañeros y amigos con los que crecí.

ANDRÉS

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres quienes con mucho esfuerzo y sacrificio me han apoyado en el transcurso de toda mi carrera universitaria, gracias a ellos eh podido superar todas las dificultades que se me han presentado, llegando a cumplir una meta tan importante para mí.

A mi hermana por ser parte fundamental en mi vida, ya que ella ha sido quien me supo aconsejar, apoyar, valorar, brindarme sus conocimientos, su confianza, apoyo y cariño, gracias a ella hoy soy la persona que cumple un objetivo más en la vida.

JOHNNY

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo lo que me ha dado; por las fuerzas, valentía y sabiduría, por las oportunidades que me ha brindado, gracias por estar siempre conmigo en especial en esos momentos difíciles. A mis padres y hermanos por darme todo su amor y amistad a lo largo de mi vida; LOS AMO.

ANDRÉS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por apoyarme en toda mi vida estudiantil; a mi hermana por brindarme su amistad y sus consejos cuando lo eh necesito, a todos aquellos que hicieron de mi vida estudiantil la mejor experiencia de mi juventud.

JOHNNY

RESUMEN

El desarrollo del proyecto de titulación parte desde una perspectiva muy general hacia una más específica. Por tanto, el capítulo 1 recopila los datos de información encontrada en el manual del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX 2.4 sobre el embrague y la caja de cambios. Además, busca establecer una base de datos para el soporte informático del dispositivo, en donde se engloba las diferentes relaciones de transmisión de cada velocidad de la caja de cambios del vehículo antes mencionado.

El capítulo 2 presenta los cálculos correspondientes para definir la eficiencia del embrague que ayuda a determinar el diseño del dispositivo para que cumpla las condiciones de medición que se establecerán. Para lo cual se deberá conocer las fallas que el embrague puede ocasionar y así establecer una buena base teórica para la realización del dispositivo.

En el capítulo 3 se muestra en este apartado el diseño del dispositivo a través de un software CAD, el cual generará los planos del elemento para su posterior construcción, para esto, el capítulo está dividido en dos partes principales la primera dirigido hacia el diseño de las partes de sujeción del dispositivo al vehículo y la segunda que presentará la electrónica que dominará al dispositivo, así como la sistematización del mismo.

El capítulo 4 está dirigido la construcción del dispositivo a través de los planos generados mediante el software CAD, para esto, el apartado está dividido en dos partes principales, la primera dirigida hacia la elaboración de la carcasa del dispositivo, del expansor de la polea y el soporte del cardan y la segunda que presenta los componentes electrónicos, además de las piezas de sujeción del dispositivo al vehículo.

En el capítulo 5 se presenta la comprobación del funcionamiento del dispositivo de diagnóstico y la verificación de las lecturas obtenidas por el mismo, donde se incluye el protocolo a seguir que menciona las causas que servirán para descartar pruebas erróneas y obtener valores reales de la eficiencia del embrague, además se muestra la estadística proporcionada por el dispositivo en las pruebas realizadas, las cuales permiten obtener cuan efectivo será el dispositivo.

ABSTRACT

The development of the titling project starts from a very general perspective towards a more specific one. Therefore chapter 1 collects the information data found in the vehicle manual CHEVROLET LUV D-MAX 2.4 about the clutch and the gearbox. It also seeks to establish a database for computer support of the device, which includes the different transmission ratios of each speed of the gearbox of the aforementioned vehicle.

Chapter 2 presents the corresponding calculations to define the efficiency of the clutch that helps determine the design of the device so that it meets the measurement conditions that will be established. For which it is necessary to know the faults that the clutch can cause and thus establish a good theoretical basis for the realization of the device.

Chapter 3 shows the design of the device through CAD software, which will generate the plans of the element for its later construction, for this, the chapter is divided into two main parts, the first one directed towards the design of the parts of the subjection of the device to the vehicle and the second that will present the electronics that will dominate the device as well as the systematization of the same.

Chapter 4 is aimed at the construction of the device through the drawings generated by CAD software, for this, the section is divided into two main parts, the first directed towards the development of the housing of the device, the expander of the pulley and the support of the cardan and the second that presents the electronic components, in addition to the parts of subjection of the device to the vehicle.

Chapter 5 presents the verification of the functioning of the diagnostic device and the verification of the readings obtained by it, where the protocol to be followed is included, mentioning the causes that will serve to rule out erroneous tests and obtain real values of clutch efficiency, also shows the statistics provided by the device in the tests performed, which allow to obtain how effective the device will be.

CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
CONTENIDO.....	X
CONTENIDO DE TABLAS.....	XIII
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 IMPORTANCIA DE LA CAJA DE CAMBIOS.....	1
1.2 GRÁFICA DE VELOCIDADES	2
1.3 ENGRANAJE Y RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	4
1.3.1 EL ENGRANAJE.....	4
1.3.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	4
1.4 DESMULTIPLICACIÓN EN LA CAJA DE CAMBIOS.....	5
1.5 FLUJO DE MOVIMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS.....	6
1.5.1 MOVIMIENTO DE 1 ^{RA} MARCHA	6
1.5.2 MOVIMIENTO DE 2 ^{DA} MARCHA	7
1.5.3 MOVIMIENTO DE 3 ^{RA} MARCHA	7
1.5.4 MOVIMIENTO DE MARCHA DIRECTA	7
1.5.5 MOVIMIENTO DE 5 ^{TA} MARCHA.....	7
1.5.6 MOVIMIENTO DE REVERSA	7
1.6 DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET D'MAX 2.4	8
1.6.1 FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO.....	8
1.6.2 DATOS TÉCNICOS DEL EMBRAGUE	8
1.6.3 RELACIONES DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS.....	9
1.6.4 CÁLCULO DE LAS RPM DE CADA MARCHA	9
CAPITULO 2.....	11
2.1 EFICIENCIA.....	11
2.2 MISIÓN DEL EMBRAGUE	12
2.3 TIPOS DE EMBRAGUES.....	12
2.3.1 EMBRAGUE DE DISCO.....	12
2.4 MANDOS DEL EMBRAGUE	14
2.5 REGLAJE DEL EMBRAGUE.....	16
2.6 AVERÍAS DEL EMBRAGUE.....	17
2.7 CÁLCULOS DEL EMBRAGUE	18
2.7.1 APLICACIÓN DEL CÁLCULO DE LA FUERZA TANGENCIAL O DE ACOPLAMIENTO.....	21
2.7.2 CÁLCULO DE LA PRESIÓN SUPERFICIAL EN EL FORRO	23
2.7.3 CÁLCULO TEÓRICO DEL PATINAMIENTO DEL EMBRAGUE	23

2.7.4	EFICIENCIA TEÓRICA	24
2.7.5	VALORES DE EFICIENCIA EN BASE A LAS REVOLUCIONES.....	26
CAPÍTULO 3.....		29
3.1	ELEMENTOS DE SUJECIÓN DEL DISPOSITIVO	29
3.1.1	EXPANSOR DE LA POLEA DEL CIGÜEÑAL	29
3.1.2	BASE MAGNÉTICA DEL DISPOSITIVO	31
3.1.3	SOPORTE PARA EL CARDAN.....	32
3.1.4	CARCASA DEL DISPOSITIVO	34
3.2	DIAGRAMAS Y CONEXIONES ELÉCTRICAS	35
3.2.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	35
3.2.2	MICROPROCESADOR	36
3.2.3	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	37
3.2.4	SENSORES.....	37
3.2.5	TRANSMISOR DE DATOS.....	39
3.2.6	DISPOSITIVO MÓVIL	40
CAPÍTULO 4.....		42
4.1	CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN	42
4.1.1	EXPANSOR DE LA POLEA DEL CIGÜEÑAL	42
4.1.2	SOPORTE PARA EL CARDAN.....	44
4.1.3	CARCASA DEL DISPOSITIVO	45
4.2	ELEMENTOS DE SUJECIÓN DEL DISPOSITIVO	46
4.2.1	BASE MAGNÉTICA.....	46
4.2.2	IMANES.....	47
4.3	COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y CONEXIÓN DEL DISPOSITIVO	48
4.3.1	COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	48
4.3.2	CONEXIONES.....	49
4.4	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE INFORMÁTICO.....	50
4.5	APLICACIÓN MOVIL	52
CAPÍTULO 5.....		55
5.1	PRUEBA DE DIAGNÓSTICO.....	55
5.1.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	55
5.1.2	METODOLOGÍA PARA ADQUISICIÓN DE DATOS.....	56
5.1.2.1	MONTAJE DEL DISPOSITIVO EN EL VEHÍCULO	56
5.1.2.2	DESARROLLO DE LA PRUEBA PARA EVALUACION DEL EMBRAGUE	58
	DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA.....	60
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
5.2.1	CRITERIO DE VALIDACIÓN	61
5.3	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	65
5.4	RESULTADO DEL DISCO DE EMGRAGUE.....	65
6.CONCLUSIONES		67
7.RECOMENDACIONES		68
8.BIBLIOGRAFÍA		69
ANEXO A1 DIMENSIONES DEL EXPANSOR DE LA POLEA.....		72
ANEXO A2 DIMENSIONES DEL SOPORTE DEL CARDAN.....		73
ANEXO A3 DIMENSIONES DE LA CARCASA DEL DISPOSITIVO		74

ANEXO B CÓDIGO FUENTE DE LA PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO	75
ANEXO C CÓDIGO FUENTE DE LA PALICACIÓN DEL DISPOSITIVO	77

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1.1 CAJA DE CAMBIOS	1
FIGURA 1.2 GRÁFICA DE VELOCIDADES.....	2
FIGURA 1.3 DIAGRAMA DE ESFUERZOS DE TRACCIÓN Y VELOCIDAD.....	3
FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE CAPACIDAD DE ASCENSO	3
FIGURA 1.5 CONJUNTO DE ENGRANAJE	4
FIGURA 1.6 DISPOSICIÓN Y PERFIL DE LOS DIENTES DE UNA RUEDA DENTADA.....	5
FIGURA 1.7 ACOPLAMIENTO DE LAS VELOCIDADES.....	6
FIGURA 1.8 LUV D´MAX 2.4 AÑO 2006.....	8
FIGURA 2.1 TRANSFERENCIA DE ENERGÍA DE UN SISTEMA.....	11
FIGURA 2.2 PARTES DEL DISCO DE EMBRAGUE.....	13
FIGURA 2.3 MANDO MECÁNICO.....	14
FIGURA 2.4 MANDO HIDRÁULICO	15
FIGURA 2.5 REPRESENTACIÓN DEL EMBRAGUE.....	16
FIGURA 2.6 REGLAJES DEL EMBRAGUE	16
FIGURA 2.7 CÁLCULO FUERZA TANGENCIAL EN EL EMBRAGUE.....	18
FIGURA 2.8 RADIO DE APLICACIÓN R	21
FIGURA 2.9 EFICIENCIA PARA PRIMERA MARCHA	27
FIGURA 2.10 EFICIENCIA PARA CUARTA MARCHA	28
FIGURA 3.1 ESPACIO ENTRE LA POLEA Y EL VENTILADOR.....	29
FIGURA 3.2 ORIFICIOS PARA CENTRAR EL EXPANSOR A LA POLEA DEL CIGÜEÑAL.....	30
FIGURA 3.3 IMÁN TIPO PASTILLA.....	30
FIGURA 3.4 ESPACIO EN LA PARTE DELANTERA	31
FIGURA 3.5 ESPACIO EN LA PARTE POSTERIOR	31
FIGURO 3.6 BASE MAGNÉTICA.....	32
FIGURA 3.7 VARILLAJE	32
FIGURA 3.8 ESPACIO DEL SOPORTE DEL CARDAN	33
FIGURA 3.9 IMÁN TIPO PASTILLA DE 2.5 CM	33
FIGURA 3.10 SOPORTE PARA EL CARDAN.....	33
FIGURA 3.11 VELCRO.....	34
FIGURA 3.12 ABERTURAS DE LA PARTE INFERIOR DE LA CARCASA	34
FIGURA 3.13 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	36
FIGURA 3.14 ARDUINO UNO.....	36

FIGURA 3.15 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	37
FIGURA 3.16 SENSOR DE EFECTO HALL.....	38
FIGURA 3.17 CONEXIONES CON EL MICROPROCESADOR.....	39
FIGURA 3.18 BLUETOOTH.....	39
FIGURA 3.19 CONEXIÓN DEL MÓDULO BLUETOOTH.....	40
FIGURA 3.20 CELULAR CON SISTEMA ANDROID.....	41
FIGURA 3.21 LOGO DE LA APLICACIÓN	41
FIGURA 4.1 EXPANSOR DE LA POLEA DEL CIGÜEÑAL TERMINADA.....	44
FIGURA 4.2 SOPORTE PARA EL CARDAN TERMINADO	45
FIGURA 4.3 CARCASA	46
FIGURA 4.4 BASES MAGNÉTICAS UTILIZADAS	47
FIGURA 4.5 IMÁN PARA SUJECCIÓN DE LA CARCASA	48
FIGURA 4.6 COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	49
FIGURA 4.7 CONEXIONES INTERNAS.....	50
FIGURA 4.8 DISPOSICIÓN DEL DISPOSITIVO.....	50
FIGURA 4.9 SOFTWARE ARDUINO	51
FIGURA 4.10 SEÑAL DEL SENSOR HALL	51
FIGURA 4.11 ARDUINO	52
FIGURA 4.12 APLICACIÓN MÓVIL.....	52
FIGURA 4.13 VENTANA DEL PRIMER BOTÓN	53
FIGURA 4.14 VENTANA DEL SEGUNDO BOTÓN	53
FIGURA 4.15 VENTANA DEL TERCER BOTÓN.....	54
FIGURA 4.16 VENTANA DEL CUARTO BOTÓN.....	54
FIGURA 5.1 PRUEBA EN PENDIENTE.....	58
FIGURA 5.2 PANTALLA DE LA PRUEBA EN PENDIENTE	58
FIGURA 5.3 PRUEBA REALIZADA A 2490 RPM DEL MOTOR	59
FIGURA 5.4 PRUEBA REALIZADA A 2475 RPM DEL MOTOR	59
FIGURA 5.5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL MANEJO DEL DISPOSITIVO PARA MEDIR LA EFICIENCIA DEL EMBRAGUE	60
FIGURA 5.6 GRAFICA DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	63
FIGURA 5.7 GRAFICA DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	64
FIGURA 5.8 PRUEBA CON EMBRAGUE OBSOLETO.....	66

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1.1 DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO.....	8
TABLA 1.2 FICHA TÉCNICA DEL EMBRAGUE	8
TABLA 1.3 RELACIONES DE TRANSMISIÓN	9

TABLA 2.1 AVERÍAS DEL EMBRAGUE	17
TABLA 2.2 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA TANGENCIAL	22
TABLA 2.3 EFICIENCIA PARA PRIMERA MARCHA.....	26
TABLA 2.4 EFICIENCIA PARA CUARTA MARCHA.....	27
TABLA 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ARDUINO UNO	36
TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE EFECTO HALL	38
TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO BLUETOOTH	39
TABLA 4.1 DATOS TÉCNICOS DE LA POLIAMIDA (GRILÓN)	43
TABLA 4.2 DATOS TÉCNICOS DEL IMÁN FE-S-25-10.....	47
TABLA 5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO	56
TABLA 5.2 DATOS OBTENIDOS DE LAS DIFERENTES PRUEBAS	62
TABLA 5.3 DATOS OBTENIDOS DE LAS DIFERENTES PRUEBAS	64
TABLA 5.4 ESPESOR DEL DISCO EN BASE AL PORCENTAJE DE VIDA DEL DISPOSITIVO.....	66

CONTENIDO DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.1 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	5
ECUACIÓN 2.1 EFICIENCIA	11
ECUACIÓN 2.2 EFICIENCIA EN TERMINOS DE PORCENTAJE	12
ECUACIÓN 2.3 EFICIENCIA EN TÉRMINOS DE ENERGÍA	12
ECUACIÓN 2.4 DIFERENCIAL DE PAR MOTOR	18
ECUACIÓN 2.5FUERZA TANGENCIAL	18
ECUACIÓN 2.6 FUERZA NORMAL	19
ECUACIÓN 2.7 DIFERENCIAL DE FUERZA TANGENCIAL	19
ECUACIÓN 2.8 DIFERENCIAL DE FUERZA TANGENCIAL EN FUNCIÓN DE SUPERFICIE	19
ECUACIÓN 2.9 FUERZA TANGENCIAL EN FUNCIÓN DE INTEGRALES	19
ECUACIÓN 2.10 DIFERENCIAL DE PAR MOTOR EN FUNCIÓN DE SUPERFICIE	19
ECUACIÓN 2.11 DIFERENCIAL DE PAR EN FUNCIÓN DE INTEGRALES	19
ECUACIÓN 2.12 PAR MOTOR SOBRE UNA SUPERFICIE	20
ECUACION 2.13 PAR MOTOR SOBRE DOS SUPERFICIES	20
ECUACIÓN 2.14 PAR MOTOR EN FUNCIÓN DE LA FUERZA NORMAL	20
ECUACIÓN 2.15 PAR MOTOR EN FUNCIÓN AL RADIO MEDIO	21
ECUACIÓN 2.16 PAR MOTOR EN FUNCIÓN DE LA FUERZA TANGENCIAL	21
ECUACIÓN 2.17 PRESIÓN SUPERFICIAL	23
ECUACIÓN 2.18 EFICIENCIA EN BASE A REVOLUCIONES	24
ECUACIÓN 2.19 REVOLUCIONES DEL ÁRBOL DE TRANSMISIÓN	26

ECUACIÓN 5.1 MEDIANA	61
ECUACIÓN 5.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR	61
ECUACIÓN 5.3 VARIANZA.....	61
ECUACIÓN 5.4 ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	62
ECUACIÓN 5.5 ESPESOR DESEADO	65

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación que parte de la aplicación del método científico, este busca establecer una eficiencia que determine el desgaste producido en un disco de embrague para vehículos a propulsión. Además de recolectar información para, determinar el porcentaje de vida en la que se encuentra dicho elemento, ya que con la implementación de un dispositivo computarizado se procederá a cuantificar un valor de eficiencia que determina el estado del embrague con una mínima invasión.

Se establece la eficiencia según (Boylestad, 2004) como: la razón de potencia de salida a potencia de entrada, la cual asocia cualquier sistema que convierta la energía de una a otra forma. Esto implica agrupar las revoluciones producidas en el cigüeñal del motor de combustión con las revoluciones a la salida de la caja de cambios en el árbol de transmisión (cardan), de este modo el embrague al ser el elemento encargado de acoplar y desacoplar el giro de dichos sistemas sufre un desgaste que produce pérdidas que afectaran a todo el funcionamiento del tren de fuerza motriz, que, para poder realizar un diagnóstico es necesario desmontar el conjunto motriz, por lo cual se propone, desarrollar un dispositivo computarizado, capaz de comparar las revoluciones en el sistema de entrada, con respecto a las revoluciones de salida, que proporciona de esta manera la eficacia con la cual se transmite el giro.

II. PROBLEMA

El conjunto del embrague es fundamental para transmitir la potencia desde el motor de combustión hacia el tren de fuerza motriz. Es por tanto que el disco de embrague al acoplarse y desacoplarse constantemente sufre un desgaste por fricción imperceptible a la hora de manejo, ya que esto produce pérdida de potencia al transmitir el movimiento. Otro efecto son las vibraciones que genera un disco de embrague que se encuentra en mal estado de funcionamiento, lo cual perturba el confort del vehículo y esto a su vez produce incomodidad al conductor en la hora de manejo; además no se puede establecer un kilometraje concreto para determinar cuándo se desgasta o presenta alguna anomalía ya que existe una carencia de un dispositivo computarizado capaz de diagnosticar el estado y eficiencia que tiene el disco de embrague sin tener que realizar pruebas mecánicas sobre el mismo.

III. IMPORTANCIA Y ALCANCE

○ IMPORTANCIA

Se pretende diseñar y construir un dispositivo computarizado que permitirá conocer que tan eficiente es el embrague al momento de transmitir el giro desde el motor hacia el árbol de transmisión, ya que el mismo obtendrá un valor cuantitativo de la eficiencia del embrague, con lo cual se podrá diagnosticar el estado del mismo sin la necesidad de realizar pruebas mecánicas al vehículo; lo que facilitará el trabajo y ahorrará tiempo a los técnicos automotrices ya que sabrán en qué condición y estado se encuentra el mismo, si este pudiera presentar resbalamiento producido por desgaste, presencia de fluidos entre el volante de inercia y el disco de embrague, falta de resistencia en el diafragma del plato de presión, u otros factores que produzca pérdidas al transmitir el giro del motor a las ruedas.

○ ALCANCE

La realización de este proyecto beneficiará al grupo de investigación GIIT de la Universidad Politécnica Salesiana, a los talleres automotrices, y a los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz.

IV. DELIMITACIÓN

Mediante las relaciones de transmisión de Primera Marcha y Cuarta Marcha del vehículo Chevrolet D´MAX modelo 2006, las cuales se obtendrán del manual técnico del mismo, se determinará las revoluciones del árbol de transmisión (cardán), mediante la implementación de la fórmula que establece la relación de transmisión entre la caja de cambios y el motor, por medio de cálculo matemático. Para realizar la adquisición de datos en las distintas pruebas, se establecerán parámetros que evitarán lecturas incorrectas.

V. OBJETIVOS

○ OJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un dispositivo de diagnóstico computarizado para la verificación de funcionamiento del embrague en vehículos a propulsión.

○ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer una base de datos de relaciones de transmisión para el soporte informático del software.
- Determinar la eficiencia del embrague de fricción mediante cálculo matemático para la determinación del diseño del dispositivo.
- Diseñar el dispositivo a través de un software para la comprobación del sistema de diagnóstico.
- Construir el dispositivo de diagnóstico computarizado mediante elementos electrónicos para la verificación de la eficiencia de los embragues.
- Comprobar el dispositivo de diagnóstico mediante estadística para la verificación de su funcionamiento.

CAPÍTULO 1

Este capítulo compila los datos de información que se describe en el manual del vehículo CHEVROLET LUV D-MAX 2.4 sobre el tren de fuerza motriz.

Busca crear una base de datos para el embrague y la transmisión de dicho vehículo, se considera las dimensiones y espesor del disco, además de las relaciones de transmisión de la caja de cambios, lo cual servirá para los cálculos teóricos que se realizaran posteriormente, además toda esta recopilación será incorporada al soporte informático del mismo.

1.1 IMPORTANCIA DE LA CAJA DE CAMBIOS

Según (Cascajosa, 2006) la caja de cambios es el componente que mantiene la potencia entregada por el motor a un cierto número de revoluciones determinado, por lo que transforma el par motor en otro menor o mayor, que aumenta o disminuye el número de revoluciones, o también como inversor de giro. Un ejemplo de caja de cambios se presenta en la Figura 1.1.

Si no se situara la caja de velocidades, el número de revoluciones del motor se transferiría en su totalidad a las ruedas del vehículo, por lo cual el par del motor y el equivalente al par resistente en las ruedas deben ser iguales en todo momento, por lo tanto, el motor debería aumentar su potencia según los regímenes de carga que se originan en la conducción.

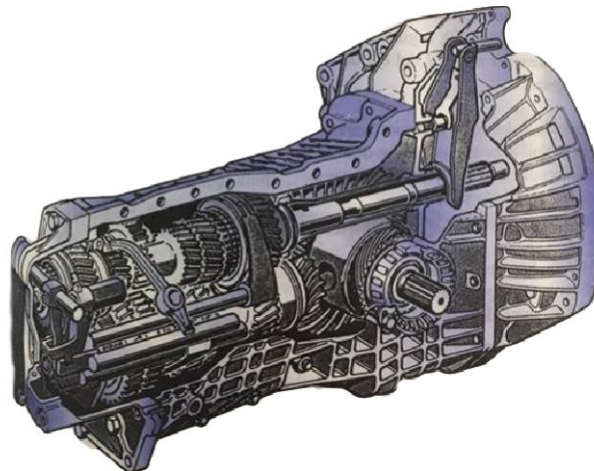


Figura 1.1 Caja de cambios. (Hermógenes & Martínez, 2010)

De aquí la importancia de tener un tren de engranajes intercalado entre el motor y el resto de los componentes de transmisión, el cual logra mantener condiciones óptimas de potencia generada por el motor de combustión interna, es por tanto que la caja de cambios actúa como un transformador de velocidad y par e inversor de giro. (Hermógenes & Martínez, 2010)

1.2 GRÁFICA DE VELOCIDADES

Según (Cascajosa, 2006) menciona que en la definición de las relaciones de transmisión influyen criterios técnicos tales como:

- Que los cambios se hagan sin dificultad, es norma generaliza que las marchas se escalonen y formen una progresión geométrica.
- Ligar prestaciones mínimas y marchas en las que se deseen conseguir.
- Que el motor funcione de forma casi constante en su zona de máximo rendimiento, es decir, en la zona alrededor de su máximo par.
- Que no se originen grandes saltos de vueltas, al pasar de una marcha a otra contigua.

Para esto (Dominguez & Ferrer, 2010) mencionan que: se debe realizar la gráfica de velocidades donde se marca en el eje horizontal la velocidad en Km/h, y las revoluciones por minuto del motor en el eje vertical, al igual que las rpm del par y la potencia máxima.

En donde se puede encontrar las velocidades que se puede alcanzar en cada marcha el vehículo a unas determinadas revoluciones del motor. Por lo tanto, la gráfica final de la caja de cambios del vehículo aparece en la Figura 1.2.

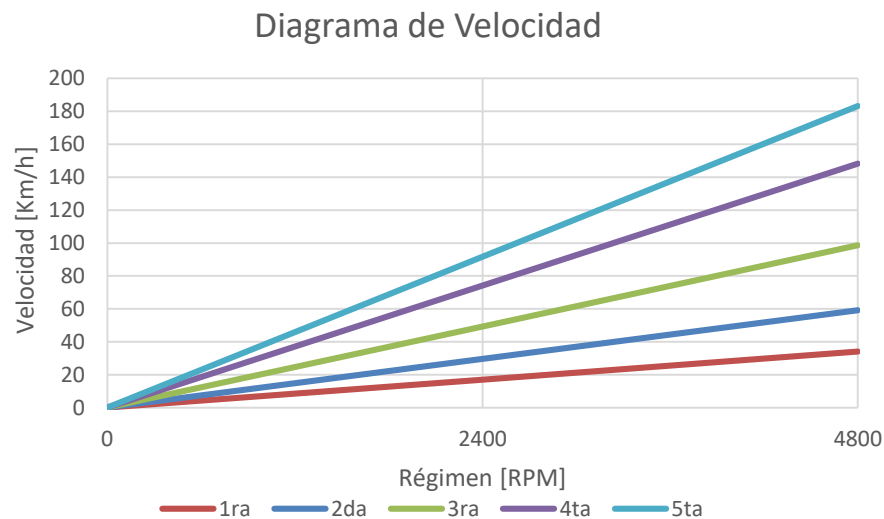


Figura 1.2 Gráfica de velocidades. (Autores)

Se debe tener presente que el que controla el momento del cambio de marcha es el conductor por lo que las líneas pueden variar según el momento que elija el conductor, a esto se le conoce como escalonamiento de marchas.

Además, se puede observar en la Figura 1.3 y 1.4 el comportamiento de cada marcha a un cierto tipo de pendiente.

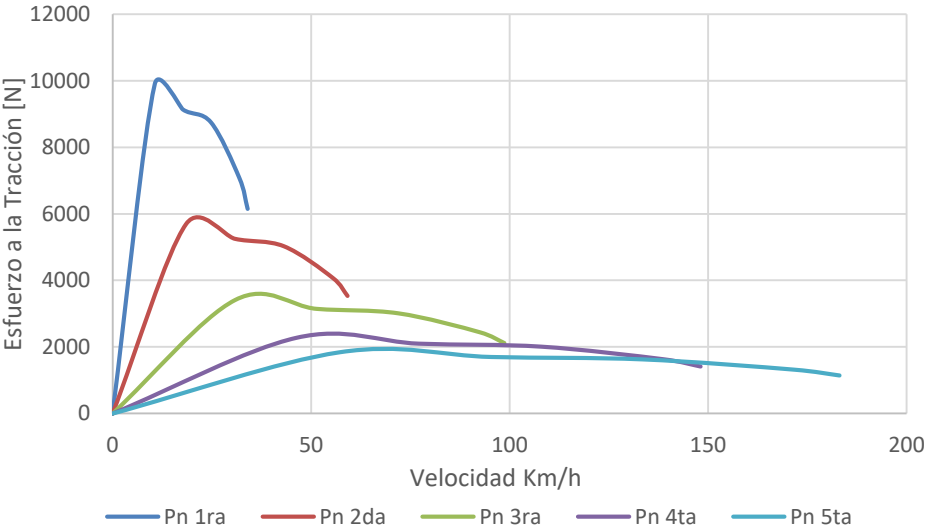


Figura 1.3 Diagrama de esfuerzos de tracción y velocidad. (Autores)

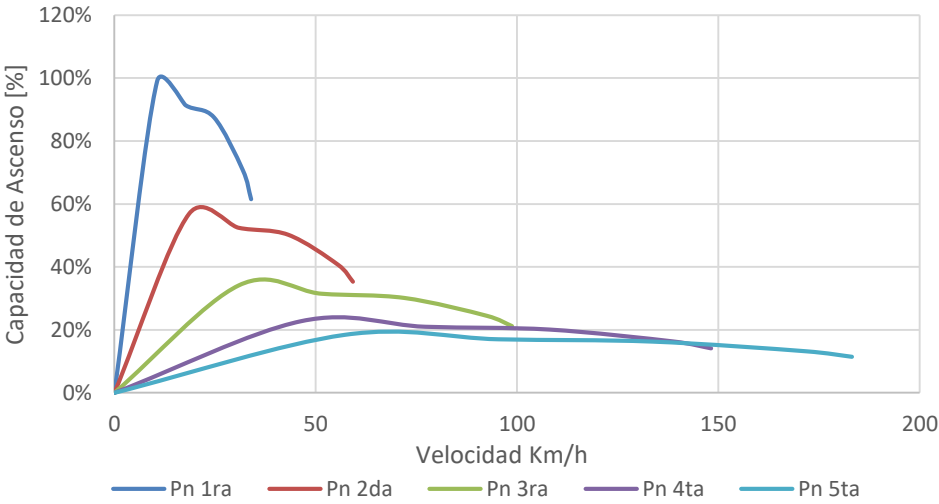


Figura 1.4 Diagrama de capacidad de ascenso. (Autores)

1.3 ENGRANAJE Y RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

1.3.1 EL ENGRANAJE

Es el conjunto de dos ruedas dentadas unidas entre sí, en cuyo contorno se han mecanizado un número determinado de dientes del mismo tamaño, en la Figura 1.5 se muestra el conjunto de un engranaje.

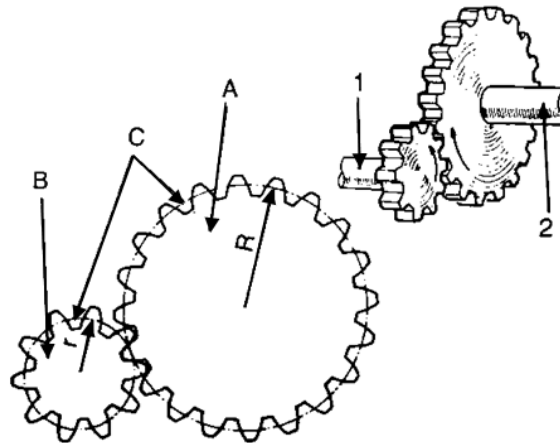


Figura 1.5 Conjunto de engranaje. (de Castro, 1998)

Visto el conjunto de frente se conoce la forma de los dientes y algunas de sus características básicas, en la Figura 1.5 se muestra como los dientes de una rueda se introducen dentro de los dientes de la otra, de forma que se impide el deslizamiento en su totalidad y el movimiento se transmite de forma íntegra, además se observa que los dientes están contruidos de tal forma que entran y salen entre ellos sin golpes ni impedimentos.

1.3.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Para definir la fórmula a utilizar en el cálculo en capítulos posteriores se utiliza la Figura 1.6 como referencia en la cual se establece una línea curva donde se produce el engrane esta línea curva establece el radio de la rueda, la circunferencia generada por la línea curva se la conoce como circunferencia primitiva la cual corresponde a las dos ruedas engranadas, para lo cual las circunferencias de ambas ruedas son tangentes.

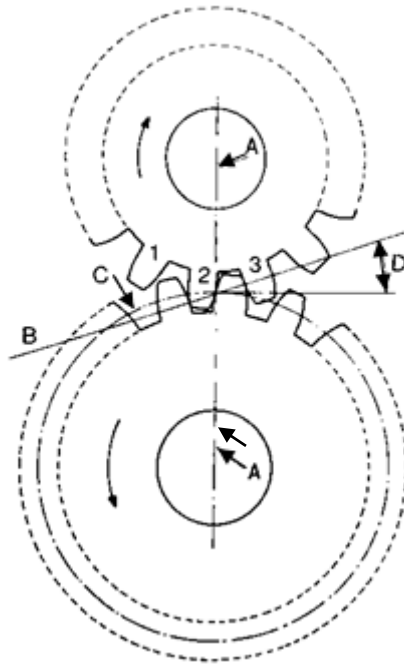


Figura 1.6 Disposición y perfil de los dientes de una rueda dentada. (de Castro, 1998)

Se tiene que el radio (R) de la primera rueda es proporcional al radio (r) de la segunda rueda entonces, si el radio R es más grande o más pequeño que el radio r , las ruedas girarán a diferentes velocidades. Con estas condiciones se establece que la velocidad de giro de dos ruedas es inversamente proporcional al número de dientes de cada una. (de Castro, 1998)

1.4 DESMULTIPLICACIÓN EN LA CAJA DE CAMBIOS

En el punto anterior según (de Castro, 1998) considera las condiciones para establecer una relación entre la rueda motriz y la rueda conducida, se tiene en cuenta que el par generado por el motor es inversamente proporcional al número de revoluciones de éste, por lo que las revoluciones del motor ($\omega_{entrada}$), partido por el número de revoluciones de salida (ω_{salida}) de la caja de velocidades es igual a la desmultiplicación conocida como relación de transmisión (r_t), la fórmula se establece como:

$$r_t = \frac{\eta_{entrada}}{\eta_{salida}} \quad (\text{ecu. 1.1})$$

1.5 FLUJO DE MOVIMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS

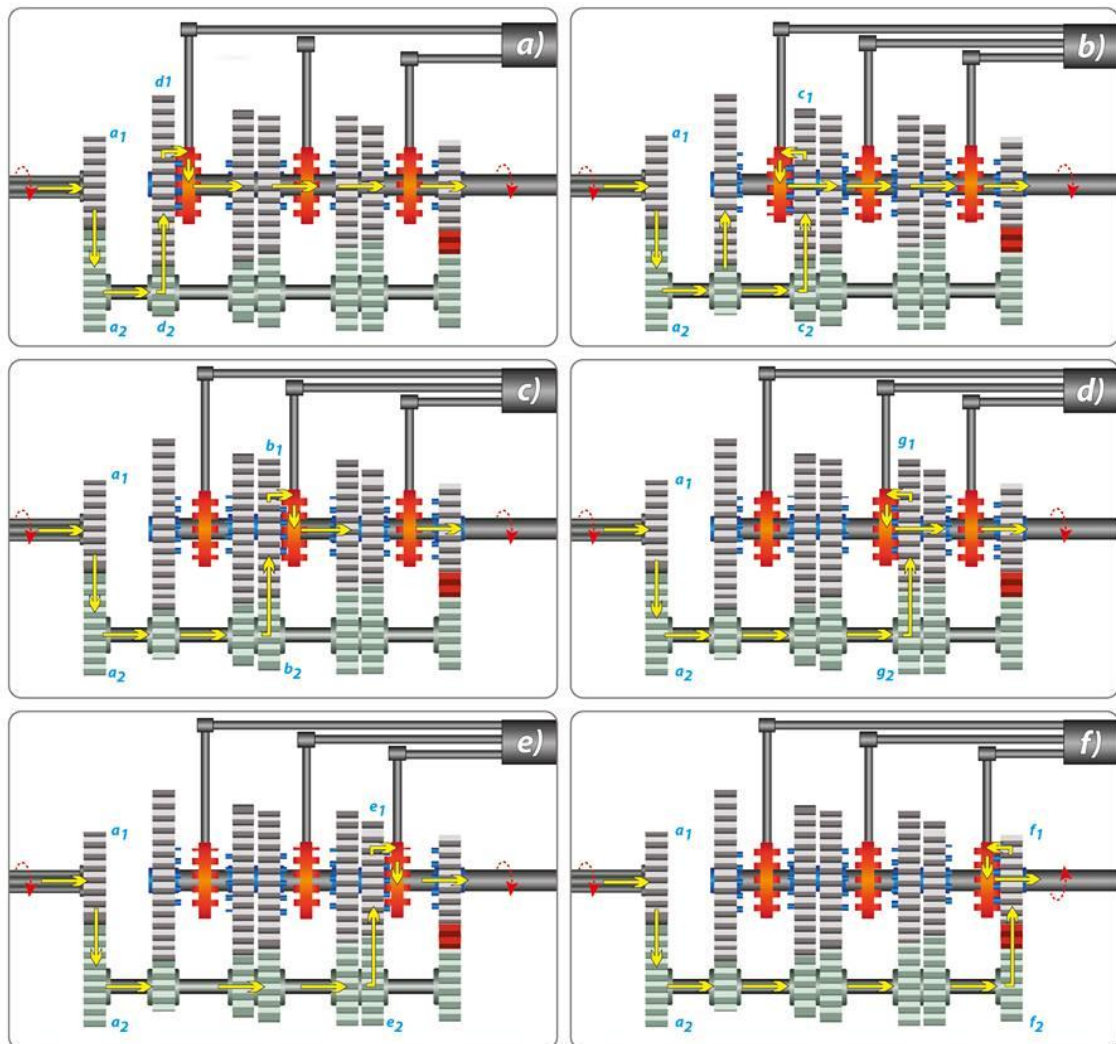


Figura 1.7 Acoplamiento de las velocidades. (Autores)

1.5.1 MOVIMIENTO DE 1^{RA} MARCHA

En la caja de cambios este movimiento se obtiene por la desmultiplicación constante del eje primario (\$a_1\$) y el piñón intermediario (\$a_2\$) con el acoplamiento de los engranes correspondientes a esta velocidad (\$d_1, d_2\$) como se muestra en la figura 1.7, se obtiene:

$$r_t = \frac{a_2}{a_1} * \frac{d_1}{d_2}$$

1.5.2 MOVIMIENTO DE 2^{DA} MARCHA

Este movimiento se obtiene al acoplar los piñones (c_1 y c_2) como se muestra en la figura 1.7 literal b, con lo que se obtiene:

$$r_t = \frac{a_2}{a_1} * \frac{c_1}{c_2}$$

1.5.3 MOVIMIENTO DE 3^{RA} MARCHA

Se obtiene por el desplazamiento del sincronizador correspondiente para el acoplamiento sobre el árbol secundario de los piñones (b_1 y b_2) como se muestra en la figura 1.7 literal c, de donde resulta:

$$r_t = \frac{a_2}{a_1} * \frac{b_1}{b_2}$$

1.5.4 MOVIMIENTO DE MARCHA DIRECTA

Se logra mediante el acoplamiento directo del árbol secundario con el árbol primario mediante el sincronizador de 3^{ra} y 4^{ta} marcha, en esta marcha no existe reducción que producen los pares de engranajes con lo que las revoluciones de la entrada son las mismas que las de la salida como se muestra en la figura 1.7 literal d. (Sanz, 1981)

$$r_t = \frac{1}{1}$$

1.5.5 MOVIMIENTO DE 5^{TA} MARCHA

Se produce al desplazar el sincronizador correspondiente para el acoplamiento sobre el árbol secundario de los piñones (e_1 y e_2) como se muestra en la figura 1.7 literal e, con lo que se obtiene:

$$r_t = \frac{a_2}{a_1} * \frac{e_1}{e_2}$$

1.5.6 MOVIMIENTO DE REVERSA

Se obtiene por el acoplamiento con el par correspondiente de un piñón adicional que gira loco en su eje y cuya misión es invertir el giro, no efectúa reducción alguna como se muestra en la figura 1.7 literal f, y resulta:

$$r_t = \frac{a_2}{a_1} * \frac{f_3}{f_2} * \frac{f_1}{f_3} = \frac{a_2}{a_1} * \frac{f_1}{f_2}$$

1.6 DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET D´MAX 2.4

1.6.1 FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO

En la Figura 1.8 se muestra el vehículo del cual se obtendrán las relaciones de transmisión.

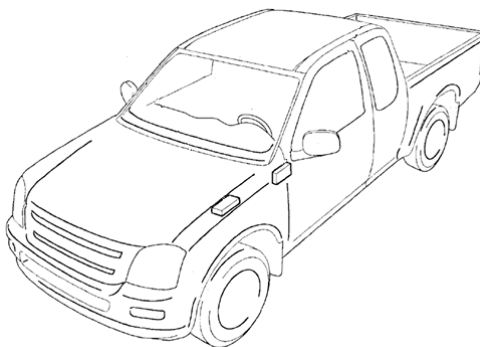


Figura 1.8 Luv D´max 2.4 año 2006. (Isuzu, 2006)

Tabla 1.1 Datos técnicos del vehículo. (Isuzu, 2006)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Motor	C24SE.
Combustible	Gasolina
Cilindrada (cm^3)	2405
Potencia (Hp@rpm)	124@4800
Par (Nm@rpm)	195@3600
Tracción	Posterior
Caja de Cambios	Manual de 5 velocidades
Neumáticos	225/70R15
Peso (kg)	1450

1.6.2 DATOS TÉCNICOS DEL EMBRAGUE

Tabla 1.2 Ficha técnica del embrague. (Isuzu, 2006)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Motor	C24SE
Disco	Plato único seco con diafragma
Espesor mm (plg.)	
Libre	8.7 (0.342)
Comprimido	8.0 (0.315)
Cilindro maestro Diámetro x Carrera	15.87 x 35 / (0.625 x 1.38)
Cilindro esclavo Diámetro x Carrera	19.05 x 23 / (0.749 x 0.906)

1.6.3 RELACIONES DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS

Las relaciones de transmisión presentadas en la tabla 1.1 se encuentran mencionadas en el manual técnico del vehículo, ya que en el mismo no se encontró el número de dientes de los piñones, por lo que se obvia el cálculo de relación de transmisión mediante dientes de piñones.

Tabla 1.3 Relaciones de transmisión. (Isuzu, 2006)

VELOCIDAD	RELACIONES DE TRANSMISIÓN	SIMBOLOGÍA
1 ^{ra}	4.357:1	R ₁
2 ^{da}	2.502:1	R ₂
3 ^{ra}	1.501:1	R ₃
4 ^{ta}	1.05:1	R ₄
5 ^{ta}	0.809:1	R ₅
REVERSA	3.970:1	R _R

1.6.4 CÁLCULO DE LAS RPM DE CADA MARCHA

Para efectuar los cálculos correspondientes a las revoluciones del vehículo para cada marcha se procede a utilizar la fórmula presentada en (ecu 1.1), para efecto se tiene que para primera marcha será:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{R_1}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{4.357}$$

$$\eta_{salida} = 573.789 \text{ Rpm}$$

Donde R₁ la relación de transmisión de primera marcha.

Ahora para obtener las revoluciones de salida de segunda marcha se ocupa R₂ que es la relación correspondiente a esta marcha, entonces se tiene que:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{R_2}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{1.501}$$

$$\eta_{salida} = 999.2 \text{ Rpm}$$

Ahora se procede a realizar el cálculo para tercera marcha de donde se tiene que:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{r_t}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{2.502}$$

$$\eta_{salida} = 1665.556 \text{ Rpm}$$

Donde R_3 es la relación de tercera marcha del vehículo correspondiente:

Para realizar el cálculo de revoluciones de salida de cuarta marcha o marcha directa se ocupará el dato asignado a R_4 que corresponde a la relación de transmisión de esta marcha, se obtiene:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{R_4}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{1.05}$$

$$\eta_{salida} = 2380.953 \text{ Rpm}$$

Se procede a realizar el cálculo para quinta marcha de donde se tiene que:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{R_5}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{0.809}$$

$$\eta_{salida} = 3090.235 \text{ Rpm}$$

Donde R_5 la relación de transmisión de quinta marcha.

Por último se realiza el cálculo para reversa de donde se tiene que:

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{R_R}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{3.97}$$

$$\eta_{salida} = 629.723 \text{ Rpm}$$

Donde R_R : la relación de transmisión de reversa.

CAPITULO 2

En este apartado se presenta los cálculos correspondientes para definir la eficiencia del embrague que ayuda a determinar el diseño del dispositivo para que cumpla las condiciones de medición que se establecerán. Para lo cual se deberá conocer las fallas que el embrague puede ocasionar y así establecer una buena base teórica para la creación del dispositivo.

2.1 EFICIENCIA

Según (Boylestad, 2004) Define la eficiencia (η) como: “Razón de potencia de salida a potencia de entrada que proporciona información inmediata sobre las características de conversión de energía de un sistema.”

La eficiencia se asocia a los sistemas que convierta, la energía de una, a otra forma, como muestra la figura 2.1. Que demuestra el nivel de energía proporcionado a la salida de cualquier sistema debe ser menor de la energía a la entrada de dicho sistema, debido a que se producen pérdidas y almacenamiento dentro del sistema.

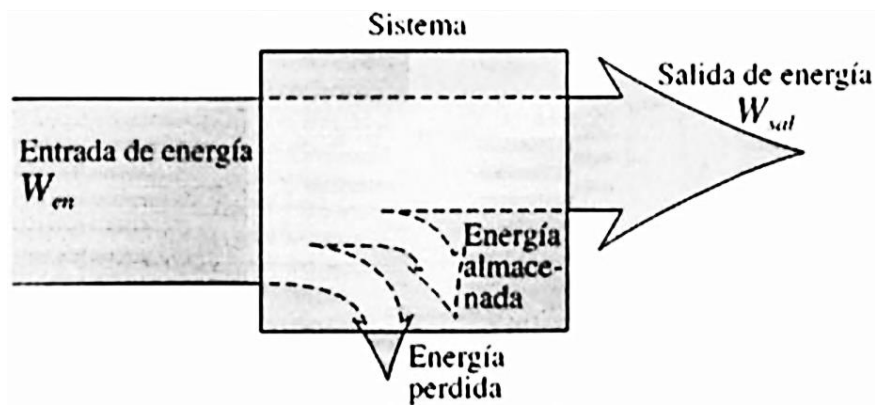


Figura 2.1 Transferencia de energía de un sistema. (Boylestad, 2004)

La eficiencia simbolizada por la letra griega en minúscula eta (η), se determina mediante la siguiente ecuación

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{salida de potencia}}{\text{entrada de potencia}}$$

$$\eta = \frac{p_o}{p_i} \quad (\text{ecu. 2.1})$$

Donde η es un número decimal. Expresada como un porcentaje

$$\eta\% = \frac{p_o}{p_i} \times 100\% \quad (\text{ecu. 2.2})$$

En función de la energía de entrada y de salida, la eficiencia en porcentaje es expresada por:

$$\eta\% = \frac{W_o}{W_i} \times 100\% \quad (\text{ecu. 2.3})$$

2.2 MISIÓN DEL EMBRAGUE

Según (ARIAS-PAZ, 2006) define que el embrague es el elemento delegado para unir y separar a voluntad el giro entre el motor de combustión, de explosión o diésel y la transmisión. Debido a que el motor una vez que alcanza el par motor necesario para vencer la inercia del vehículo debe transmitirlo a las ruedas, por ello que el movimiento no puede acoplarse violentamente a los elementos de transmisión que al quedar en reposo ofrecen una gran resistencia al giro, por lo que la función del embrague es la de desplazarse o amortiguar en los momentos iniciales del par transmitido por el motor, y genera el acoplamiento de manera suave y progresiva.

El embrague ubicado en prolongación del cigüeñal, se encuentra entre el motor y la caja de velocidades, el cual aleja o une según el conductor desee al pisar o no el pedal del embrague desde el habitáculo del vehículo. Normalmente el motor esta solidario al eje primario de la caja de cambios debido a que esta acoplado el giro entre los dos sistemas (embragado), una vez que el conductor presiona el pedal desacopla el giro, es decir el motor queda desembragado de la caja de cambios. (ARIAS-PAZ, 2006)

2.3 TIPOS DE EMBRAGUES

Según (ARIAS-PAZ, 2006) se clasifican en:

- De disco de fricción: monodisco, de muelles o de diafragma; multidisco, en baño de aceite o en seco.
- Hidráulico.
- Magnético.

2.3.1 EMBRAGUE DE DISCO

El embrague utilizado en la mayoría de los vehículos como se muestra en la Fig. 2.2. Este es el encargado de transferir el movimiento proveniente del motor a la caja de cambios.



Figura 2.1 Partes del Disco de Embrague (FERRER, 2016)

Donde sus componentes son los siguientes:

- Mecanismo automático de reajuste.
- Soporte del pedal.
- Cojinete de empuje.
- Placa de Presión del Embrague.
- Disco con sus Forros.
- Pedal del Embrague.
- Cable del Embrague.
- Cojinete de Empuje.

En embrague, trabaja con resbalamiento unos instantes entre la superficie del volante y el plato o placa de presión, a causa de las diferentes velocidades de giro, una vez ocurrido el resbalamiento para igualar las velocidades de los elementos antes mencionados, debe estar sujeto sin resbalamiento una vez embragado los dos sistemas, su área debe ser rugosa y adherente, ya que ella transmite todo el par o energía del motor. (ARIAS-PAZ, 2006)

Al soltar el pedal, transmite el torque motor a través del disco de embrague hacia el eje primario de la caja de cambios, lo cual provoca que el par de transmisión dependa de:

- El factor de rozamiento
- Presión de contacto
- Área de contacto

- Diámetro del disco

Además, las características que ah de reunir el sistema del embrague son:

- Resistencia Mecánica: para transmitir todo el par motor a las ruedas.
- Resistencia Térmica: para poder absorber el calor generado por la fricción.
- Progresividad y elasticidad: para que el su movimiento se transmita sin brusquedad ni tirones.
- Adherencia: para que no pueda patinar y pierda fuerza de transmisión.
- Rapidez de maniobra: que permita embragar y desembragar con facilidad.

2.4 MANDOS DEL EMBRAGUE

Según (D. & Martínez , 2010) el acoplamiento del embrague se realiza por medio de la acción directa del pedal, o a su vez de forma automática. Para el primer argumento la acción del pedal es asistida mediante un sistema de varillaje, cables, o un sistema hidráulico.

2.4.1 ACOPLAMIENTO MECÁNICO

Los componentes del mando del sistema de embrague son: el pedal (1), el cable (2), la palanca de desembrague (3) y el cojinete de empuje (4). Estos componentes se muestran en la Figura 2.3.

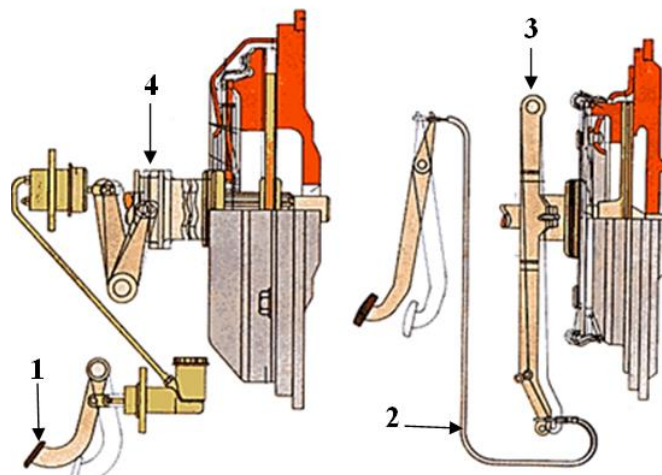


Figura 2.3 Mando mecánico (Elherrerillo, 2012)

En la mayoría de automóviles están equipados mediante embragues de membrana, en donde el cojinete descansa sobre las lengüetas. En este sistema el pedal no cuenta con ningún tope en la parte superior, esta es la causa por lo que se desgasta el embrague por lo cual aumenta el juego, debido a que la tensión es mayor en las lengüetas del diafragma. (D. & Martínez , 2010)

2.4.2 SISTEMA DE MANDO HIDRÁULICO

En embragues que requieren un mayor esfuerzo de presión, o el recorrido desde el pedal al espacio que ocupa el embrague es muy prolongada, se utiliza un mando hidráulico Fig. 2.4, que está formado por:

- Un cilindro principal. (2)
- Un cilindro secundario. (5)
- Un depósito de líquido hidráulico. (1)
- La tubería.

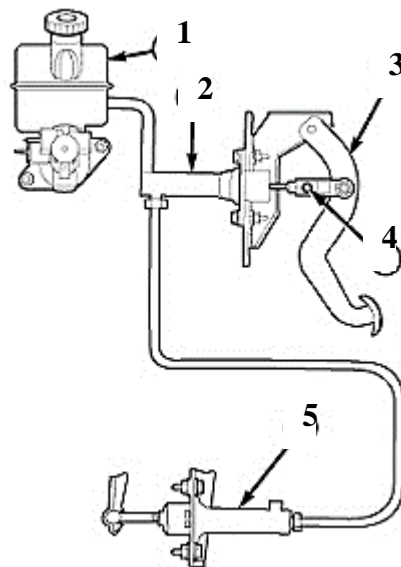


Figura 2.4 Mando hidráulico (OMAR, 2015)

El cilindro principal, al ser accionado desde el pedal, envía un fluido bajo presión hacia el cilindro secundario sujetado en la carcasa de la caja de cambios, este a su vez se encarga de accionar la horquilla articulada sobre una rotula, desliza el manguito y presiona el diafragma con lo que se produce el desembragado del motor y el sistema de transmisión. (D. & Martínez , 2010)

2.5 REGLAJE DEL EMBRAGUE

Con el uso del embrague, los forros del disco tienden a desgastarse, según (ARIAS-PAZ, 2006) debe existir un juego de 1.5 a 2.5 milímetros entre la horquilla (1) y el rodillo separador (2) Fig. 2.5, si este juego se anula, ambas piezas rozarán constantemente, lo que hará que exista un desgaste prematuro, lo que ocasionara que el plato de presión retenga al rodillo separador, esto causa que el disco empiece a patinar.

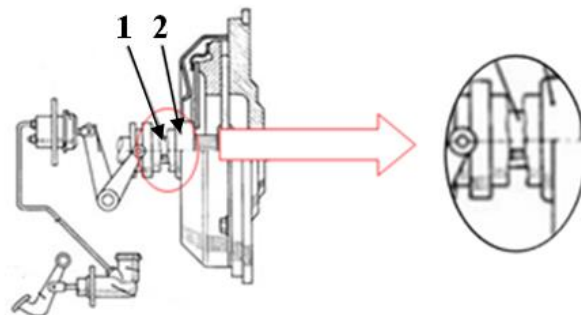


Figura 2.5 Representación del embrague (Meganeboy, 2014)

Además debe existir un recorrido de seguridad en el pedal del embrague que según (ARIAS-PAZ, 2006) debe ser de 1.5 a 3 cm, y para comprobarlo se debe ajustar con un dedo el espacio del pedal hasta que los muelles se sienta la resistencia. En caso de que el recorrido fuese menor a 1.5 centímetros o mayor a 3 cm, mediante la tuerca B se ajusta la varilla de mando de la horquilla para su calibración según la Figura. 2.6, también el pedal no debe tocar el piso del habitáculo, que presenta una distancia mínima de 2 cm, que se puede regular con el tornillo en el apoyo A.

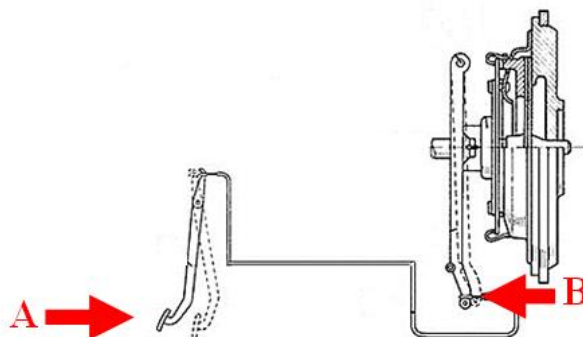


Figura 2.6 Reglajes del embrague (Meganeboy, 2014)

2.6 AVERÍAS DEL EMBRAGUE

Según (ARIAS-PAZ, 2006) cita las siguientes averías que presenta un embrague en mal estado.

Tabla 2.1 Averías del Embrague. (ARIAS-PAZ, 2006)

AVERIAS	CAUSAS
El embrague patina	Mal reglaje en el pedal.
	Forros engrasados.
	Forros desgastados.
	Muelles del embrague roto o desgastado.
	Los mandos de accionamiento cedidos.
El vehículo arranca bruscamente, o da saltos.	soporte del bloque del motor puede estar roto
	Mala regulación de las palancas del embrague.
	Marcas de aceite en los forros.
	Forros desgarrados, escamados o muy desgastados.
	El plato de presión torcido.
	El espejo del volante motor corroído.
Disco adherido o pegado	la causa posible es la oxidación del volante o plato de inercia, efectuado por aceite o agua.
Desembrague parcial	el cambio de marchas es difícil y genera ruido
	Exceso de espacios en el pedal y varillaje.
	Eje primario de la caja de cambios sucio o con imperfectos en las ranuras.
	Disco torcido o forros sucios, pegajosos o desprendidos.
Embrague ruidoso	Con presionar el pedal en su espacio de seguridad hasta la compresión de los resortes, lo que provoca esta causa
	Resorte del pedal suelto.
	Falta de holgura en el mando del embrague.
	Alambre de sujeción en las palancas suelto o roto.
Resbalamiento del embrague	Resbalamiento causado por falta de aceite
	Arrastre en ralentí o resbalamiento parcial, causado por una inadecuada calidad del líquido.
	Perdidas de aceite por deterioro del empaque de los apoyos.
	Vibraciones, causadas por cambiar algún tapón de llenado, o tuercas incorrectas, que desequilibra en ambos casos el volante de inercia.
El pedal duro	Defecto en la timonería
	Incrustación del rodillo separador en las lengüetas del diafragma.

2.7 CÁLCULOS DEL EMBRAGUE

Según (Camerena Lillo, 2011) demuestra la ecuación de los esfuerzos transmitidos en el acoplamiento del embrague el cual supone que la presión ejercida por el plato es constante, además la fuerza que tiene que transmitir se reduce a la multiplicación de la fuerza tangencial por la distancia. Con lo cual se genera un diferencial de área del forro, luego se calcula este diferencial y posteriormente se integra a la totalidad del forro. En la Figura 2.7 se muestra gráficamente lo mencionado.

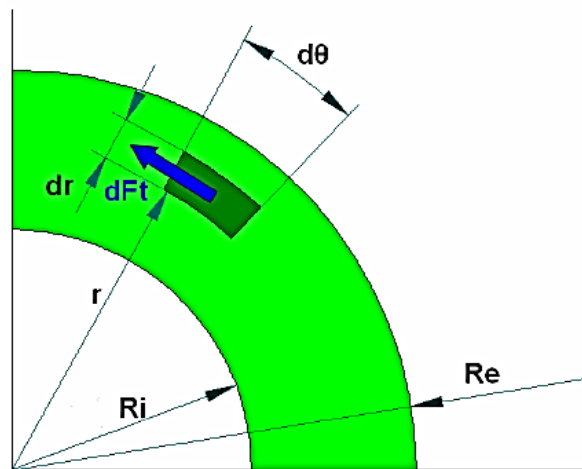


Figura 2.7 Cálculo fuerza tangencial en el embrague. (Camerena Lillo, 2011)

Por lo tanto el par que transmite este diferencial queda expresado de la siguiente manera:

$$dC = dF_t * r \quad (\text{ecu. 2.4})$$

Donde:

- dF_t : es la fuerza tangencial.
- r : es el radio de aplicación o radio medio.
- dC : es el diferencial de torque o par motor.

Se debe establecer la fuerza tangencial y obtener la relación entre el par transmitido y las dimensiones del forro, queda definida como:

$$F_t = F_n * \mu \quad (\text{ecu. 2.5})$$

Donde:

- μ : el coeficiente de fricción del disco.

- F_n : es la fuerza normal.

Para el caso que se analiza en este tema, la fuerza normal es:

$$F_n = p * S \quad (\text{ecu. 2.6})$$

Donde:

- p : presión realizada por el plato.
- S : área del forro.

Para obtener el diferencial sobre el forro se reemplaza la ecuación 2.5 en la ecuación 2.4 se obtiene:

$$dF_t = p * dS * \mu \quad (\text{ecu. 2.7})$$

Se sabe que:

$$dS = dr * r * d\theta$$

Se introduce la expresión equivalente de dS en la ecuación 2.6 y se consigue:

$$dF_t = p * \mu * dr * r * d\theta \quad (\text{ecu. 2.8})$$

Se integra la ecuación 2.8 la cual hace referencia a todo el forro del embrague y se tiene:

$$F_t = \int_0^{2\pi} \int_{R_i}^{R_e} p * \mu * dr * r * d\theta \quad (\text{ecu. 2.9})$$

El resultado de resolver la integral presentada en la ecuación 2.8 es:

$$F_t = p * \mu * \pi * (R_e^2 - R_i^2)$$

Donde:

- R_e : radio exterior del forro.
- R_i : radio interior del forro.

Se reemplaza la ecuación 2.7 en la ecuación 2.3 para obtener:

$$dC = p * \mu * dr * r * d\theta * r \quad (\text{ecu. 2.10})$$

Se integra esta expresión para todo el forro y se tiene:

$$dC = \int_0^{2\pi} \int_{R_i}^{R_e} p * \mu * dr * r^2 * d\theta \quad (\text{ecu. 2.11})$$

Se resuelve la integral para obtener la relación entre el par transmitido y las dimensiones del forro expresado como:

$$C = \frac{2}{3} * p * \mu * \pi * \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2} \quad (\text{ecu. 2.12})$$

La expresión obtenida en la ecuación 2.11 es válida solo para una superficie del forro, Por lo tanto, al existir dos caras de contacto en el embrague se debe multiplicar por 2 a la ecuación 2.11 por lo que la expresión quedaría como:

$$C = 2 * \frac{2}{3} * p * \mu * \pi * \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2} \quad (\text{ecu. 2.13})$$

Se obtiene la relación entre el par del embrague y la fuerza normal que se ejercer sobre el plato del disco:

$$dF_t = p * dS = p * r * dr * d\theta$$

Se usa esta expresión y las ecuaciones 2.3 y 2.4 y se tiene:

$$dC = p * r * dr * d\theta * \mu * r$$

Se integra esta expresión final para obtener la ecuación que asemeja la fuerza normal con el par, que define la ecuación 2.14:

$$C = 2 * \frac{2}{3} * \mu * \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2} * F_n \quad (\text{ecu. 2.14})$$

Se hace uso de la ecuación 2.13 con la cual se puede determinar la dimensión idónea del disco. Para esto se define a R como el radio de aplicación mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{2}{3} * \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2}$$

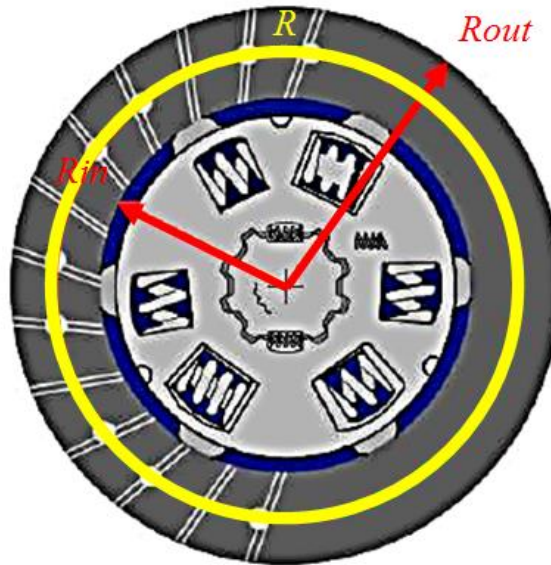


Figura 2.8 Radio de aplicación R. (Camerena Lillo, 2011)

En la figura 2.8 se puede observar R que se reemplaza en la ecuación 2.13 y se tiene el par en función de F_n entonces se expresa como:

$$C = 2 * \mu * R * F_n \quad (\text{ecu. 2.15})$$

De la ecuación 2.4 se conoce que:

$$F_t = F_n * \mu$$

Se sustituye F_t en la ecuación 2.14 y se tiene:

$$C = 2 * R * F_t \quad (\text{ecu. 2.16})$$

La expresión presentada en la ecuación 2.15 es la fórmula que los autores Cascajosa y Sanz mencionan en sus libros respectivamente.

2.7.1 APLICACIÓN DEL CÁLCULO DE LA FUERZA TANGENCIAL O DE ACOPLAMIENTO

Con las ecuaciones del punto 2.7 se procede a calcular los datos del vehículo de para la obtención de la fuerza tangencial, aplicada para el disco del embrague del vehículo antes mencionado.

Tabla 2.2 Datos para el cálculo de la fuerza tangencial. (Autores)

DENOMINACIÓN	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Diámetro exterior	De	240	Mm
Diámetro Interior	Di	160	Mm
Cubo estriado	-	24	Dientes
Torque Motor	C	195	N*m
Coeficiente de Rozamiento	μ	0.3	-

De la ecuación 2.15 se define a R como:

$$R = \frac{\frac{D_i}{2} + \frac{D_e}{2}}{2}$$

Entonces se reemplaza los valores para obtener que R es igual a:

$$R = \frac{\frac{160mm}{2} + \frac{240mm}{2}}{2}$$

$$R = 0.1m$$

Se reemplaza el valor de R en la ecuación 2.15

$$C = 2 * 0.1m * F_t$$

$$C = 0.2m * F_t$$

De la expresión obtenida en la ecuación 2.16 si se despeja F_t y se obtiene lo siguiente:

$$F_t = \frac{C}{0.2m}$$

Como el valor de C es conocido se lo reemplaza en la ecuación obtenida y se obtiene el valor de:

$$F_t = \frac{195N * m}{0.2m}$$

$$F_t = 975 N$$

De la ecuación 2.4 se despeja F_n :

$$F_t = F_n * \mu$$

$$F_n = \frac{F_t}{\mu}$$

Se reemplaza los valores correspondientes y se obtiene el valor:

$$F_n = 975 \text{ N} * 0.3$$

$$F_n = 292.5 \text{ N}$$

2.7.2 CÁLCULO DE LA PRESIÓN SUPERFICIAL EN EL FORRO

De la misma manera con las ecuaciones determinadas en el punto 2.7, se realiza el cálculo de la presión que ejerce la superficie del forro del disco de embrague.

Para este cálculo se ocupara la ecuación 2.5 de la cual se despeja p :

$$F_n = p * S$$

$$p = \frac{F_n}{S} \quad (\text{ecu. 2.17})$$

Antes de obtener el valor de p se debe definir a S mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{\pi * (D_e)^2}{4} - \frac{\pi * (D_i)^2}{4}$$

Se reemplaza los valores de los diámetros exterior e interior del embrague y se obtiene el valor de S que es:

$$S = \frac{\pi * (240\text{cm})^2}{4} - \frac{\pi * (16\text{cm})^2}{4}$$

$$S = 251.33 \text{ cm}^2$$

Ahora se reemplaza los valores en la ecuación 2.17 para obtener p con lo que se tiene:

$$p = \frac{292.5 \text{ N}}{251.33 \text{ cm}^2}$$

$$p = 1.16 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

2.7.3 CÁLCULO TEÓRICO DEL PATINAMIENTO DEL EMBRAGUE

Para el caso del patinamiento del embrague se da debido a que el disco de embrague se encuentra desgastado es por ello que la presión superficial máxima que ejerce el plato de presión no es la suficiente con lo que se provoca un resbalamiento en el disco del embrague debido a la falta de espesor de los forros.

Se parte de la ecuación 2.6 donde:

$$F_n = p_{max} * S$$

Donde $p_{max} < p_{deseada}$:

En este caso al existir un espesor del disco de embrague menor al necesario, la presión máxima ejercida por el plato de presión no es suficiente para acoplar el disco y transmitir el movimiento necesario, lo que provoca un resbalamiento al transmitir dicho movimiento.

2.7.4 EFICIENCIA TEÓRICA

Para el desarrollo de la eficiencia del embrague se realizará el cálculo teórico basado en la ecuación de la eficiencia dispuesta en el punto 2.1 y en la Fig. 2.1, y en base a las revoluciones del volante de inercia y a las revoluciones de salida de la caja de velocidades, Se obtiene la eficiencia teórica que el disco del embrague ejerce como se demuestra a continuación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{revoluciones de salida}}{\text{revoluciones de entrada}}$$

$$\eta = \frac{RPM_{out}}{RPM_{in}} \quad (\text{ecu. 2.18})$$

Donde:

η : Eficiencia del embrague.

RPM_{in} : Revoluciones del motor.

RPM_{out} : Revoluciones del cardan.

Para poder obtener las RPM de la salida de la caja de cambios se parte de la ecuación de la relación de transmisión dispuesta en el capítulo 1. En donde se describe la siguiente ecuación.

$$r_t = \frac{\eta_{entrada}}{\eta_{salida}}$$

Donde:

r_t : es la relación de transmisión de la marcha.

$\eta_{entrada}$: son las revoluciones provenientes del motor

η_{salida} : son las revoluciones al final de la caja de marchas.

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{r_t}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{4.357}$$

$$\eta_{salida} = 573.789 \text{ Rpm}$$

Donde la eficiencia para la primera marcha:

$$\eta_1 = \frac{RPM_{out}}{RPM_{int}}$$

$$\eta_1 = \frac{573.789}{2500}$$

$$\eta_1 = 0.2295$$

$$\eta_1 = 22.95\%$$

Para el estudio se considerará que el 22.95% de eficiencia, resultado entre las revoluciones de entrada y salida de la primera marcha, es equivalente al 100% de eficiencia del embrague que tomara como referencia el software del dispositivo. Para el desarrollo de este proyecto únicamente se basará en la eficiencia de primera y cuarta marcha del automotor, por lo cual se procede de la misma manera al cálculo para la cuarta marcha.

$$\eta_{salida} = \frac{\eta_{entrada}}{r_t}$$

$$\eta_{salida} = \frac{2500 \text{ Rpm}}{1.0}$$

$$\eta_{salida} = 2500 \text{ Rpm}$$

Para el desarrollo del cálculo de la eficiencia en cuarta marcha se procede de la misma manera se parte de la ecuación 2.19, con lo cual se tiene una eficiencia como se demuestra a continuación.

$$\eta_4 = \frac{RPM_{out}}{RPM_{int}}$$

$$\eta_4 = \frac{2500}{2500}$$

$$\eta_4 = 1$$

$$\eta_4 = 100\%$$

En el caso de la cuarta marcha al ser una relación de transmisión directa, es decir el movimiento proveniente del motor no sufre ninguna desmultiplicación o multiplicación de giro, se obtiene una eficiencia del 100% de manera teórica y práctica para el estudio.

2.7.5 VALORES DE EFICIENCIA EN BASE A LAS REVOLUCIONES

Según la eficiencia establecida en el punto 2.7.4 que equivaldrá al 100% del sistema empleado en el vehículo y así obtener los valores presentados en la tabla 2.3 que son para el sistema informático, donde se emplea la ecuación 2.20.

$$RPM_{Salida} = \frac{\eta_d * B}{100} \quad (\text{ecu. 2.19})$$

Donde:

A: Revoluciones de salida.

η_d : Eficiencia del embrague

A: Revoluciones teóricas para el 100% de eficiencia

Tabla 2.3 Eficiencia para primera marcha. (Autores)

Revoluciones de salida (RPM)	Eficiencia del dispositivo (%)
573.789	100
516,41	90
459,031	80
401,65	70
344,27	60
286,89	50

En la Figura 2.9 se muestra la curva de la eficiencia obtenida para primera marcha.

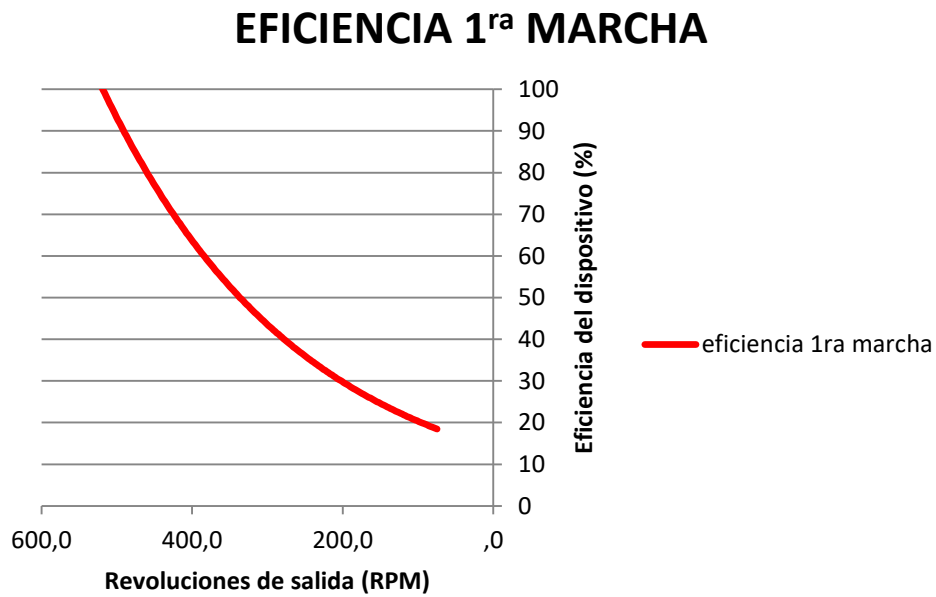


Figura 2.9 Eficiencia para primera marcha. (Autores)

Para el cálculo de las revoluciones de salida en base a la eficiencia deseada para el caso de cuarta marcha se emplea de la misma manera con la ecuación 2.20, mediante la tabla 2.4. se establecen los respectivos valores.

Tabla 2.4 Eficiencia para Cuarta marcha. (Autores)

Revoluciones de salida (RPM)	Eficiencia del dispositivo (%)
2380,953	100
2142,857	90
1904.762	80
1666,667	70
1428,571	60
1415,476	50

En la Figura 2.10 se muestra la curva de la eficiencia obtenida para cuarta marcha.

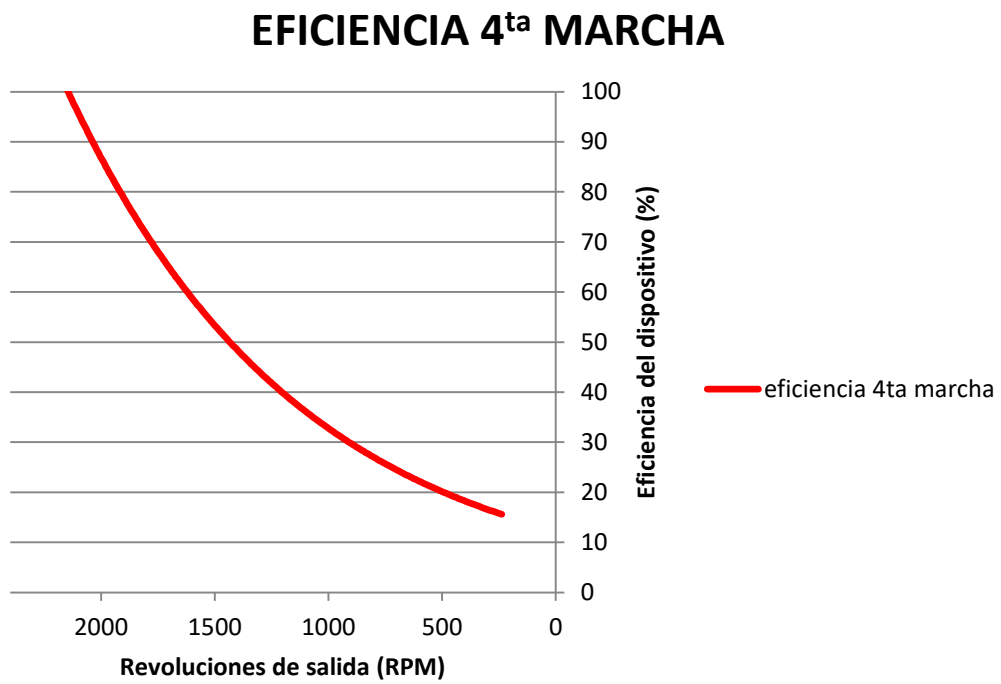


Figura 2.10 Eficiencia para Cuarta marcha. (Autores)

CAPÍTULO 3

Se presenta en este apartado el diseño del dispositivo para medir la eficiencia del embrague, a través de un software CAD, el cual generará los planos del elemento, para esto, el capítulo está separado en dos partes, la primera dirigida hacia el diseño de las partes de sujeción hacia el vehículo y la segunda que presentará la parte electrónica, así como la sistematización del mismo.

3.1 ELEMENTOS DE SUJECIÓN DEL DISPOSITIVO

El dispositivo debe asegurar la obtención correcta de los datos, por lo que cuenta con varias partes que son:

- Expansor de la polea del cigüeñal.
- Base Magnética del dispositivo.
- Soporte para el cardan.
- Carcasa del dispositivo.

3.1.1 EXPANSOR DE LA POLEA DEL CIGÜEÑAL

Para diseñar este elemento se debe tener en cuenta el espacio que existe entre la polea del cigüeñal y el ventilador del vehículo, la cual es de 28 mm como se muestra en la Figura 3.1 literal (A).

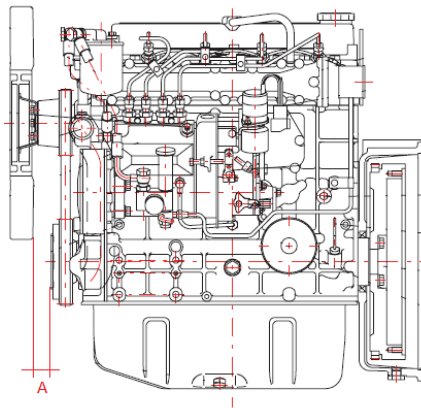


Figura 3.1 Espacio entre la polea y el ventilador. (Isuzu, 2006)

Por lo que el expansor debe tener un ancho máximo de 26 mm, además se deberá tener presente las siguientes consideraciones de diseño:

- Debe soportar temperaturas entre los 80 a 100 C°.

- El material a utilizar deberá ser maleable, con buena resistencia física y química, además debe ser de bajo costo.
- La temperatura de flexión bajo carga debe ser menor a 70 C° o $18,5\text{ Kg/cm}^2$.

Por lo tanto, el expansor debe tener un ancho máximo de 26 mm, con esta medida ya establecida por las condiciones del vehículo y el espacio que se tiene, se emplea el software INVENTOR para diseñar este elemento, el cual servirá para obtener las revoluciones del motor.

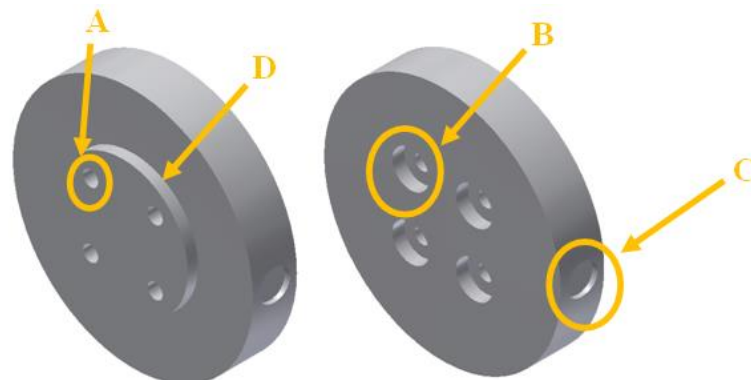


Figura 3.2 Orificios para centrar el expansor a la polea del cigüeñal. (Autores)

En la cara frontal de este elemento se encuentra una serie de orificios pasantes que son excéntricos al punto medio del mismo los cuales tienen una medida de 9 mm como se observa en la Figura 3.2 literal (A)

En la cara posterior del expansor se encuentra que los orificios del literal (A) son de mayor tamaño debido a que son para las cabezas de los pernos de sujeción, como se observa en la Figura 3.2 literal (B) El cual tiene una medida de 18 mm y profundidad de 3 mm. El orificio presentado en (C) sirve de habitáculo en donde se encontrará un imán tipo pastilla de medidas 18 mm de ancho y 2 mm de diámetro el cuál se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Imán tipo pastilla. (Autores)

En la cara posterior del expansor se encuentra un saliente de diámetro 77 mm, como se muestra en la Figura 3.2 apartado (D). El cual tiene la misión de centrar el elemento con la polea del cigüeñal, además ayuda a que el expansor no se mueva de su posición.

Con estas características el expansor tendría las medidas que presenta su respectivo plano presentado en el Anexo “A1”

3.1.2 BASE MAGNÉTICA DEL DISPOSITIVO

Para el soporte del dispositivo se utiliza una base magnética la cual será colocada en el chasis del vehículo, Se debe tener en cuenta la ubicación y el espacio disponible tanto para la parte delantera (1), como para la parte posterior (2), como se muestran en las Figuras 3.4 y 3.5.

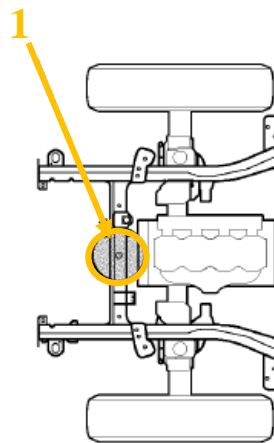


Figura 3.4 Espacio en la parte delantera. (Isuzu, 2006)

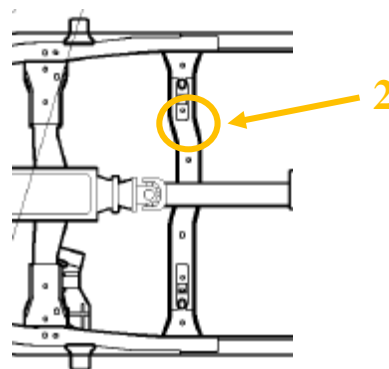


Figura 3.5 Espacio en la parte posterior. (Isuzu, 2006)

En la Figura 3.6 se muestra la base magnética a ser utilizada en la parte frontal como en la posterior. La cual servirá de apoyo y fijación para los demás elementos que conforman el dispositivo.



Figuro 3.6 Base Magnética (Autores)

Para que el sensor de efecto hall pueda llegar cerca de los imanes se emplea un sistema de varillas, las cuales permitirán colocar el sensor en la posición deseada con mayor precisión y rapidez, estas varillas se muestran en la Figura 3.7 respectivamente con sus soportes.



Figura 3.7 Varillaje. (Autores)

3.1.3 SOPORTE PARA EL CARDAN

Al diseñar un soporte para el cardan se debe tener en cuenta el espacio que existe en el mismo por lo tanto como se muestra en la Figura 3.8, literal (A) el espacio donde se encontrara es de forma circular.

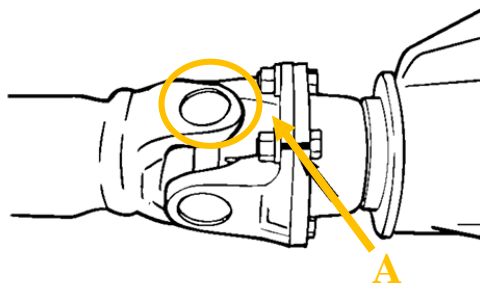


Figura 3.8 Espacio del soporte del cardan. (Isuzu, 2006)

En este espacio presentado en la Figura 3.8 se colocará un imán que tiene una medida de 2.5 cm que se muestra a continuación en la Figura 3.9.

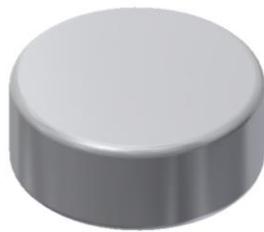


Figura 3.9 Imán tipo pastilla de 2.5 cm. (Autores)

Para este espacio se crea la pieza presentada en la Figura 3.10, la cual ayudara a sujetar el imán grande mostrado en la Figura 3.9, por lo que se debe tener en cuenta una arista para que el imán se mantenga siempre en la misma posición. Las dimensiones de este elemento se encuentran en el Anexo “A2”.

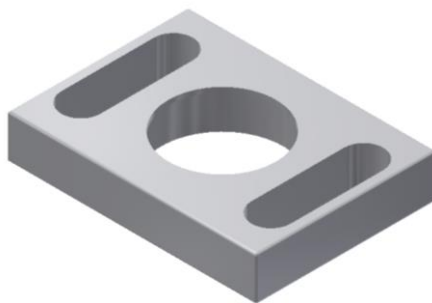


Figura 3.10 Soporte para el cardan. (Autores)

Para mantener en su posición al soporte se debe utilizar velcro, el cual asegura una fijación correcta al cardan, se presenta en la Figura 3.11.



Figura 3.11 Velcro. (Autores)

3.1.4 CARCASA DEL DISPOSITIVO

Este objeto es el que contendrá al Arduino, al bluetooth y la base magnética, es por tanto que la carcasa debe tener ciertas aberturas en sus caras para facilitar tanto las conexiones como la ubicación de los elementos como se muestra en la Figura 3.12.

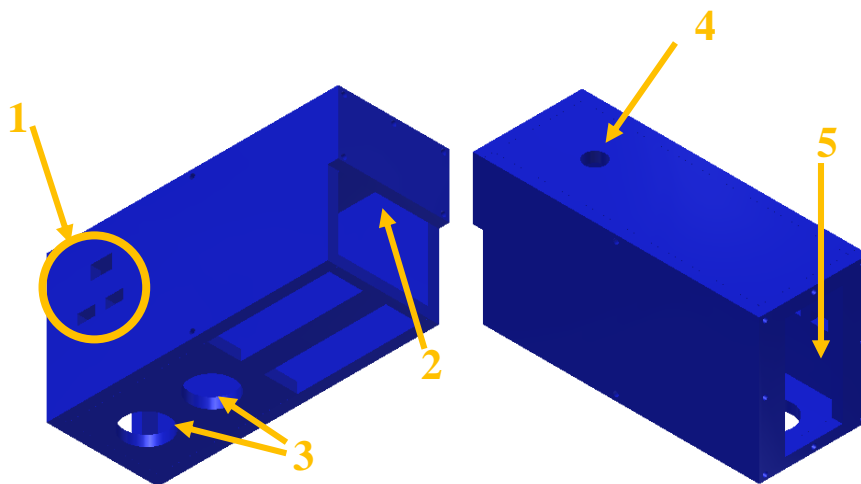


Figura 3.12 Aberturas de la parte inferior de la carcasa. (Autores)

En la cara lateral, se tiene tres orificios presentados en (1) rectangulares que servirán para un interruptor y puertos de conexión rápida para los sensores.

En la misma imagen se observa en (2) que tiene una abertura cuadrada que permite el acceso a la palanca de encendido de la base magnética.

También, en (3) existen dos aberturas en forma circular que son los alojamientos que tendrá la carcasa para dos imanes tipo pastilla grande que miden 2.5 cm de diámetro y 1cm de alto, además cuenta con dos rectángulos donde estará asentada la base magnética.

Además, se muestra en (4) parte un agujero que permite al varillaje salir del contenedor, además un orificio presentado en (5) donde se colocara una porta baterías para alimentar a todos los componentes electrónicos.

Las dimensiones de este dispositivo están basadas en el tamaño de la base magnética, y el plano del mismo en el Anexo “A3,” ya que el espacio que se tiene en el puente fijo, es el suficiente para abarcar esta carcasa con la base magnética y los componentes electrónicos que irán en la parte interior.

3.2 DIAGRAMAS Y CONEXIONES ELÉCTRICAS

En este apartado se detallará mediante un diagrama de bloques lo que pretende realizar el conjunto eléctrico del dispositivo, además se detallaran las conexiones de cada componente eléctrico a incorporarse, de tal motivo que sea didáctico al momento de realizar la construcción.

3.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La implementación de un diagrama de bloques que se presenta en la Figura 3.13, permite la descripción fácil de lo que el circuito electrónico pretende hacer, que es la recopilación de los datos que proporcionara las revoluciones a las que se encuentra el motor de combustión interna, y a su vez las revoluciones de giro en el sistema cardan.

Se comienza con la parte de la alimentación que implementará una batería de 9 volts de corriente continua, con lo cual se pondrá en marcha la programación del micro controlador que se encarga de realizar todas las lecturas de los sensores de efecto hall localizados en el expansor de la polea del cigüeñal (Motor) y en la junta homocinética (Cardan), después de procesar toda la información esta será transmitida hacia un dispositivo móvil mediante un módulo bluetooth.

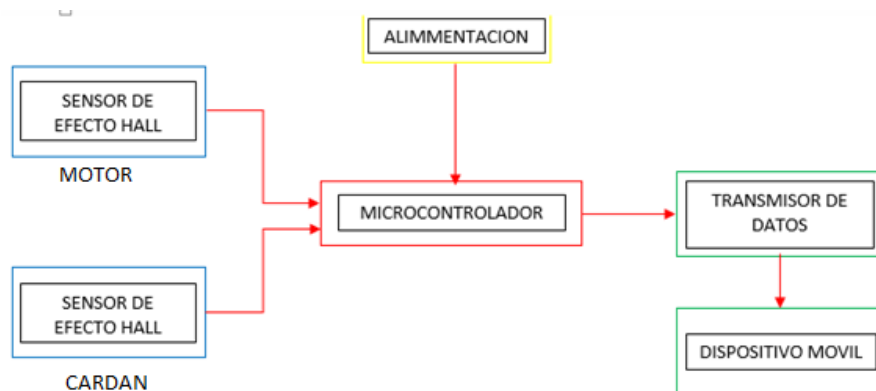


Figura 3.13 Diagrama de bloques del sistema eléctrico. (Autores)

3.2.2 MICROPROCESADOR

El microcontrolador a utilizar es el de un Arduino UNO que se muestra en la Figura 3.14, en el cual será el encargado de, recibir la información de los sensores, procesar la información recibida y transmitir mediante un módulo Bluetooth hacia un dispositivo móvil.

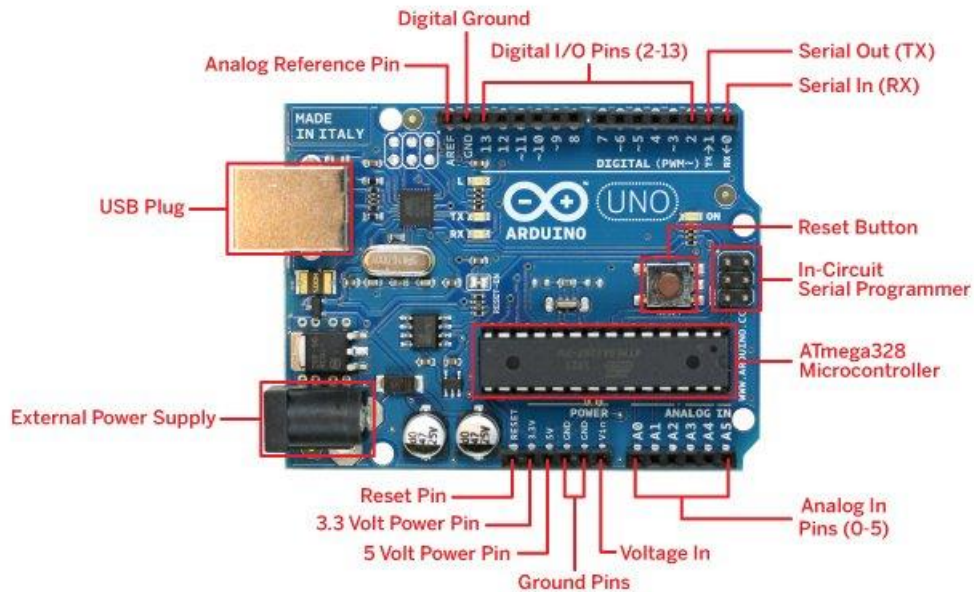


Figura 3.14 Arduino UNO. (ARDUINO, 2018)

Características del módulo:

Tabla 3.1 Características del Arduino uno (Arduino, 2018)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) (0.5 KB used by bootloader)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 Mhz

3.2.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para la alimentación del sistema se implementará una batería de 9 volts de corriente continua que se la podrá instalar mediante los pines V_{in} y Gnd que se encuentran en el lado izquierdo en la parte superior del microprocesador Arduino UNO, de otra manera también se puede utilizar un adaptador para la batería con una entrada de tipo conector macho, como se muestra en la figura 3.15.

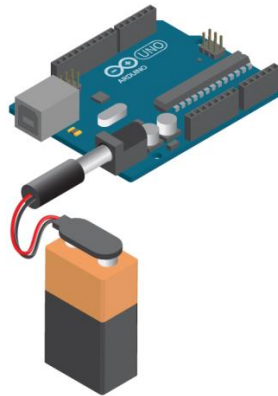


Figura 3.15 Sistema de alimentación. (AB, 2018)

3.2.4 SENSORES

Los sensores a implementar son los de efecto hall A3144 con un módulo de amplificación Lm393 que se visualiza en la figura 3.16, que serán los encargados de recibir la información de manera digital, ya que cuando este sensor percibe un campo magnético corta la señal y viceversa.



Figura 3.16 Sensor de efecto hall. (Robótica, 2018)

Características de los sensores:

Tabla 3.2 Características del Sensor de efecto Hall. (Future, 2018)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Voltaje de alimentación	0-5 Vdc
Salidas	Digital y analógica
Peso	5g
Dimensiones	4.2x1.6x1.4cm
Aplicaciones	Proyectos de electrónica robótica y automatización por sus aplicaciones como sensor de posición no invasivo

Este sensor cuenta con 4 pines los cuales son A₀ para señales analógicas, el pin D₀ para señales digitales, el pin V_{cc} de alimentación positiva del sensor, y el pin Gnd que será el de masa o tierra del sensor.

Para las conexiones con el microprocesador Arduino, únicamente se utilizará los últimos 3 pines mencionados anteriormente, es decir D₀, V_{cc} y Gnd. Para el circuito será necesario la implementación de dos sensores por lo cual se emplean 4 pines del microprocesador, los cuales son los pines 2 y 3 del boque digital del procesador y los pines de alimentación 5v y Gnd como se muestra en la Figura 3.17.

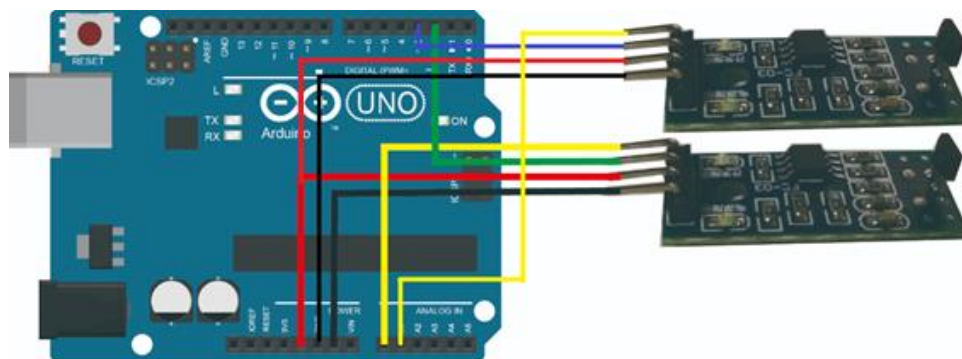


Figura 3.17 Conexiones con el microprocesador. (Autores)

3.2.5 TRANSMISOR DE DATOS

Para poder transmitir los datos ya procesados por el microcontrolador, se visualiza en la figura 3.18 un módulo Bluetooth HC-06 que va a ser el encargado de emitir los datos hacia un dispositivo móvil que se encargara de recibir y mostrar al usuario la información.

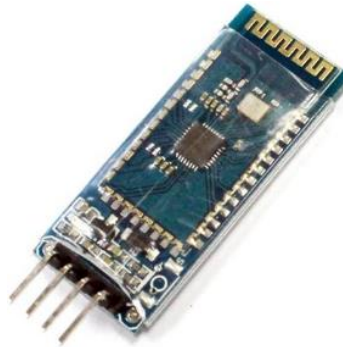


Figura 3.18 bluetooth. (Tostatronic, 2018)

Características:

Tabla 3.3 Características del Módulo Bluetooth. (Electronicos, 2013)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Chip de radio	CSR BC417143
Frecuencia	2.4 GHz, banda ISM
Modulación	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Potencia de emisión	≤ 6 dBm, Clase 2 Alcance 5 m a 10 m
Sensibilidad	≤ -80 dBm a 0.1% BER
Velocidad	2 Mbps (max.)/160 kbps, sincrónica: 1 Mbps/1 Mbps
Seguridad	Autenticación y encriptación
Perfiles	Puerto serial Bluetooth
Consumo de corriente	30 mA a 40 mA
Voltaje de operación	3.6 V a 6 V
Dimensiones totales	1.7 cm x 4 cm
Temperatura de operación	-25 °C a +75 °C

El modo Bluetooth cuenta con cuatro pines los cuales son, el pin de alimentación de 3.3 a 6 volts, el pin GND que corresponde a la masa o tierra del módulo, el pin T_x, que es el pin de transmisión de datos y el pin R_x que es el pin de recepción de los datos provenientes del microcontrolador.

En las conexiones con el microprocesador corresponde a los pines 0 y 1 del bloque digital, estos pines los correspondientes a transmisión de datos, que conecta el pin T_x al pin 0 y el pin R_x al pin 1, estos se deben conectar de manera contraria para que se pueda llegar a obtener una conexión correcta, como se muestra en la figura 3.19.

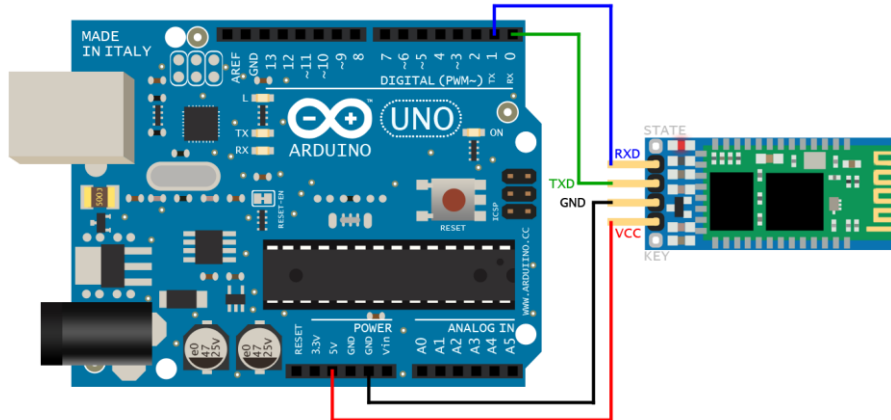


Figura 3.19 Conexión del módulo bluetooth. (HETPRO/TUTORIALES, 2018)

3.2.6 DISPOSITIVO MÓVIL

La incorporación de una aplicación al dispositivo móvil que se presenta en la figura 3.20 con el sistema operativo Android, la cual será la encargada de mostrar la información final al usuario, quien podrá interactuar mediante el uso de dicha aplicación.



Figura 3.20 Celular con sistema Android. (Kalofoné, 2017)

Para el diseño de la aplicación se utilizará el software de Android Studio, la cual es una herramienta que permite desarrollar la aplicación para dispositivos móviles con el sistema operativo Android.

El primer paso para crear la aplicación es tener un diseño previamente realizado el cual, para la implementación de la medición de la eficiencia se elaboró el diseño que se muestra en la Figura 3.21.



Figura 3.21 logo de la aplicación. (Rabbit, 2016)

En el cual se ha optado por el diseño con un que identifica los propósitos a los cuales está dirigida la aplicación, un pequeño cuadro de texto donde se indica que es solo con fin investigativo, y con cuatro botones que llevaran a diferentes ventanas, las cuales son:

- **La ventana de Método de Instalación:** la cual describe los pasos para instalar el dispositivo.
- **La ventana de las Condiciones de Uso:** la cual indica bajo qué condiciones se puede realizar las pruebas.
- **La ventana de Prueba Pendiente:** la cual mostrara las revoluciones tanto del motor, cardan y la eficiencia que este presenta durante la prueba en una pendiente.
- **La ventana de Prueba Carretera:** esta indica las revoluciones del motor, cardan y la eficiencia que este presenta durante la prueba en carretera.

CAPÍTULO 4

Se presenta en este capítulo la construcción del dispositivo para medir la eficiencia del embrague, a través de los planos generados mediante el software CAD, mediante procesos de manufactura para la elaboración de la carcasa del dispositivo, del expansor de la polea y el soporte del cardan, también presenta los componentes electrónicos y muestra la elaboración de las conexiones de instalación eléctricas y el soporte informático.

4.1 CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

4.1.1 EXPANSOR DE LA POLEA DEL CIGÜEÑAL

Para realizar la construcción este elemento a ser utilizado, se debe tener presente la temperatura que va a estar expuesto que es aproximadamente entre 80 y 100 grados Celsius, en este rango se da la temperatura promedio de funcionamiento de los motores de combustión interna, y como se demuestra en la tabla 4.1 las características del plástico de poliamida 6 (Grilón), que es un material de bajo peso, con buena resistencia a la tracción, a la flexión y a la rotura, y una temperatura de fusión superior a los 220 °C. Es por tanto que se elige el Grilón como material para este expansor, ya que es fácil de procesar y de bajo costo de fabricación a comparación de un metal.

Para elaborar la construcción de esta pieza se utilizan dos procesos de manufactura los cuales son:

Torneado: Es un proceso de manufactura con arranque de viruta, el cual permite dar forma a elementos cilíndricos empleado para obtener el diámetro deseado para el expansor.

Taladrado: Es un proceso de manufactura con arranque de viruta que permite realizar agujeros de diferentes tamaños en la cara frontal y posterior del expansor diseñado según los planos del Anexo “A1” como se demuestra en la Figura 4.1

Tabla 4.1 Datos técnicos de la Poliamida (Grilón) (JQ, Industrias JQ Plásticos de Ingeniería, 2016)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA			
	unidad	Astm.	Din.	valores
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C				
Peso específico	Gr/cm ³	D-792	53479	1.14
Resist. A la tracc.(fluencia / rotura)	Kg/cm ²	D-638	53455	450 / --
Res. A la compresión (1 y 2 % def.)	Kg/cm ²	D-695	53454	150 / 280
Resistencia a la flexión	Kg/cm ²	D-790	53452	400
Res. Al choque sin entalla	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	No rompe
Alargamiento a la rotura	%	D-638	53455	200
Modulo de elasticidad (tracción)	Kg/cm ²	D-638	53457	14000
Dureza	Shore d	D-2240	53505	72 - 76
Coef. De roce estático s/acero		D-1894		0.31 a 0.54
Coef. De roce dinámico s/acero		D-1894		0.27a0.43
Res. Al desgaste por roce				Buena
Propiedades térmicas	Unidad	Astm	Din	Valores
Calor específico	Kcal/kg.°c	C-351		0.4
Temp. De flex. B/carga (18.5kg/cm ²)	°c	D-648	53461	70
Temp. De uso continuo en aire	°c			-40 a 90
Temp. De fusión	°c			220
Coef. De dilatación lineal de 23 a 100°C	Por °c	D-696	52752	0.000105
Coef. De conducción térmica	Kcal/m.h.°c	C-177	52612	0.23
Propiedades eléctricas	Unidad	Astm	Din	Valores
Constante dieléctrica a 60 hz		D-150	53483	7,4
Constante dieléctrica a 1 khz		D-150	53483	--
Constante dieléctrica a 1 mhz		D-150	53483	3,8
Absorción de humedad al aire	%	D-570	53472	2,5
Resistencia superficial	Ohm	D-257	53482	> 10 a la 12
Resistencia volumétrica	Ohms-cm	D-257	53482	> 10 a la 12
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	D-149		16
Propiedades químicas			Observaciones	
Resistencia a hidrocarburos			Muy buena	
Resistencia a ácidos débiles a temp. Ambiente			Regular	
Resistencia a álcalis débiles a temp. Ambiente			Buena	
Resistencia a prod. Químicos definidos			Consultar	
Efecto de los rayos solares			Lo afectan	
Aprobado para contacto con alimentos			No	
Comportamiento a la combustión			Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama			Auto-extinguible	
Comportamiento al quemarlo			Funde gotea y se descompone	



Figura 4.1 Expansor de la polea del cigüeñal terminada. (Autores)

4.1.2 SOPORTE PARA EL CARDAN

Este soporte que será presentado en la Figura 4.2, contendrá al imán que permitirá obtener las revoluciones de salida en el cardan, por tanto, se lo construye en una placa metálica de acero al carbón, debido a que al ser una pieza de un tamaño pequeño su producción será de menor costo a comparación del expansor de la polea en este tipo de material.

Para elaborar la construcción de esta pieza se utilizan dos procesos de manufactura los cuales son:

Fresado: es un proceso de manufactura con arranque de viruta que permite dar forma a la pieza que será el soporte de la junta homocinética ubicada en el cardan, que permite la forma rectangular deseada, ya que la maquina trabaja en cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar, también permite realizar las ranuras en donde se ubicara una correa para asegurar el dispositivo en los extremos de este elemento.

Taladrado: permite realizar agujeros pasantes en el elemento presentado en la Figura 4.2 que se utilizara para la sujeción del imán.



Figura 4.2 Soporte para el cardan terminado. (Autores)

4.1.3 CARCASA DEL DISPOSITIVO

Para la construcción de la carcasa del dispositivo se implementa un proceso de maquinado CNC por corte laser, donde se incorpora los planos a la maquina CNC, esta realizaría los cortes exactos en el material seleccionado, de esta manera solo se incorporan las 6 placas entre sí, mediante un proceso de ensamblado.

Para elaborar la construcción de esta pieza se utilizan dos procesos de manufactura los cuales son:

Corte láser: es un proceso de manufactura especial térmico no convencional sin arranque de viruta en el cual se da forma mediante un láser al acrílico.

Ensamblado: permite dar forma al habitáculo del dispositivo para medir la eficiencia del embrague, mediante la implementación de tornillos los cuales sujetan entre si las distintas partes de la carcasa,

La carcasa del dispositivo como se muestra en la figura 4.3, está basada en los planos presentados en el anexo A.



Figura 4.3 Carcasa. (Autores)

4.2 ELEMENTOS DE SUJECIÓN DEL DISPOSITIVO

4.2.1 BASE MAGNÉTICA

Para sujetar el dispositivo en el puente rígido tanto delantero como posterior, se utiliza una base magnética que se presenta en la Figura 4.4, donde se emplea dos bases que se utilizan y forman parte de los elementos del dispositivo.



Figura 4.4 Bases magnéticas utilizadas. (Autores)

4.2.2 IMANES

En el interior de la carcasa del dispositivo se utilizan dos imanes de neodimio de 25mm de diámetro por 10mm de espesor que corresponde un imán FE-S-25-10 en donde se muestra su ficha técnica en la imagen 4.5, este se implementará en la ayuda a la sujeción de la misma hacia el puente rígido del vehículo, además este imán será el implementado para obtener las señales o campos magnéticos que el sensor de efecto hall captará. En la Figura 4.5 se presenta el imán a ser utilizado.

Tabla 4.2 Datos Técnicos del Imán FE-S-25-10. (GmbH, 2012)

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICA
Código del artículo	FE-S-25-10
Material	Ferrita
Forma	Disco
Diámetro	25mm (+/- 0,1mm)
Alto	10mm (+/- 0,1mm)
Sentido de magnetización	Axial (paralelo al alto)
Revestimiento	Sin revestimiento
Tipo de fabricación	Sinterizado
Fuerza de sujeción	Aprox. 1.5 Kg (aprox. 14,7 N)
Temperatura de servicio máxima	250 °C
Peso	23,8074 g
Temperatura de Curie	450 °C



Figura 4.5 Imán para sujeción de la carcasa. (Autores)

4.3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y CONEXIÓN DEL DISPOSITIVO

Para realizar la instalación de los componentes electrónicos que se encontraran dentro de la carcasa y elementos de sujeción, se debe basar en los esquemas de conexión del capítulo 3, sección 3.2.

4.3.1 COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Una vez obtenidos todos los componentes del punto 3.2, como se muestra en la Figura 4.6, se procederá a realizar la instalación de las conexiones eléctricas, y ubicación de los distintos componentes como el cableado (1), Los acoples (2), el Modulo Bluetooth (3), los sensores de efecto hall (4), el Micro controlador Arduino Uno (5), el porta baterías (6) y la batería (7) dentro de la carcasa y piezas de sujeción, según el diseño.

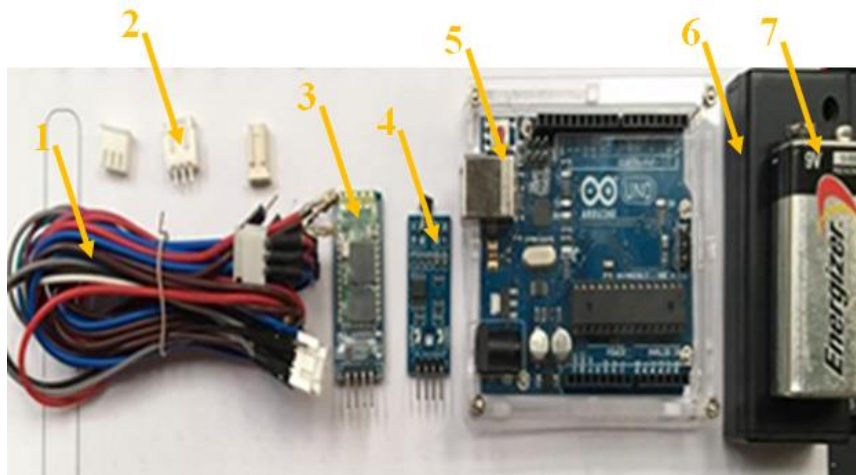


Figura 4.6 Componentes electrónicos. (Autores)

4.3.2 CONEXIONES

Como primer punto se procede a introducir el micro procesador Arduino Uno, el modulo Bluetooth, el sistema de alimentación de 9 volts y el respectivo cableado, se sigue los esquemas de conexión del capítulo 3, y mediante soques se extiende el cableado hacia los distintos sensores ubicados en la polea del cigüeñal y cardan del vehículo, apreciados en la Figura 4.7 y 4.8.



Figura 4.7 Conexiones internas. (Autores)



Figura 4.8 Disposición del dispositivo. (Autores)

4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE INFORMÁTICO

En el soporte informático se utiliza el software libre de Arduino que se visualiza en la figura 4.9, se procedió a realizar toda la programación que se encontrara en el Anexo “B”, el código de programación será el encargado de recibir la información proporcionada por los sensores de efecto hall, para que el micro controlador realice las operaciones informáticas, así se obtendrán las revoluciones a las que el motor y el cardan del vehículo giran, esta información será transmitida mediante un módulo Bluetooth, que será el encargado de transmitir los datos hacia la aplicación móvil, en donde se podrá visualizar toda la información que el usuario necesita sobre el dispositivo.



Figura 4.9 Software Arduino (Arduino, 2018)

En las dos primeras líneas de la programación se declara dos variables de tipo “volatile” que se utilizan para almacenar la información dentro de la memoria del micro controlador, después se declara todas las variables que se utilizan dentro del código de programación.

Dentro de lo que es la parte de inicialización del código de programación que corresponde al “Void Setup”, se inicia con la declaración del puerto serie a 9600 baudios que será la velocidad de muestreo, además se declara los pines 2 y 3 del micro procesador como pines de lectura que captan una señal cada flanco de bajada como se muestra en la Figura 4.10, ya que al momento de que el imán cruce el campo magnético del sensor de efecto hall provocara una interrupción que será almacena dentro de la memoria del micro procesador.

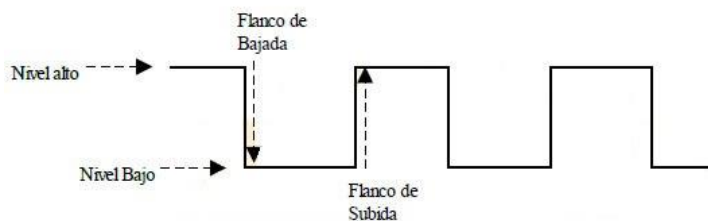


Figura 4.10 Señal del sensor hall. (Aprendiendo con Arduino, 2018)

Dentro del apartado del “Void Loop” que es el encargado de realizar todas las acciones y operaciones necesarias para controlar el micro procesador, en este apartado se llegara a comparar las revoluciones obtenidas tanto del motor como del cardan, para de esta manera mediante operaciones matemáticas detalladas en el capítulo 2 e incorporadas en la programación se llega a la obtención de la eficiencia el embrague, además en este apartado se inicia la comunicación del módulo Bluetooth con la aplicación móvil, proporciona de esta

manera que se puedan transmitir los datos desde el micro controlador de la figura 4.11, hacia el dispositivo móvil.

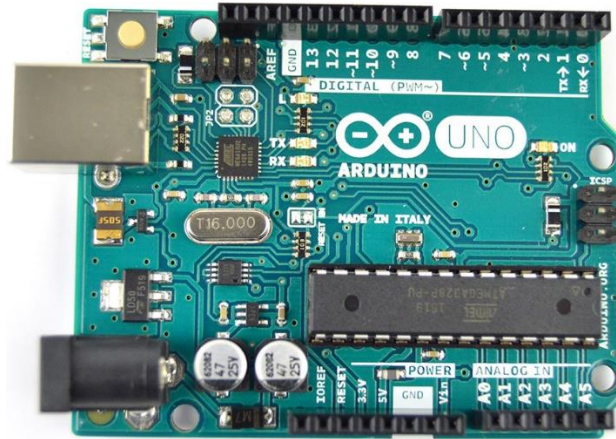


Figura 4.11 Arduino. (ARDUINO, 2018)

4.5 APLICACIÓN MOVIL

La aplicación móvil se realizó en el software libre Android Studio, basado en el diseño propuesto en el capítulo anterior en la sección 3.2.6, para ello mediante la programación en Java que se encuentra en el Anexo C, se obtuvo el siguiente resultado, como se muestra en la Figura 4.12.

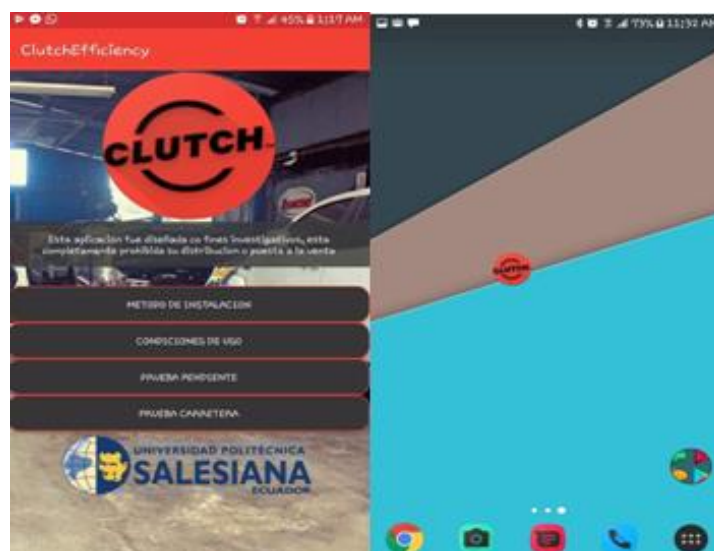


Figura 4.12 Aplicación Móvil. (Autores)

La cual presenta una interfaz muy sencilla de operar ya que presenta cuatro botones que llevan a diferentes ventanas según sea la necesidad de uso de la misma.



Figura 4.13 Ventana del primer Botón. (Autores)

El primer botón indicara el método en el cual el dispositivo tiene que ser instalado en el vehículo como se muestra en la Figura 4.13.

El segundo botón, indicara las condiciones en las que el vehículo debe de estar para poder realizar las diferentes pruebas como se muestra en la Figura 4.14.

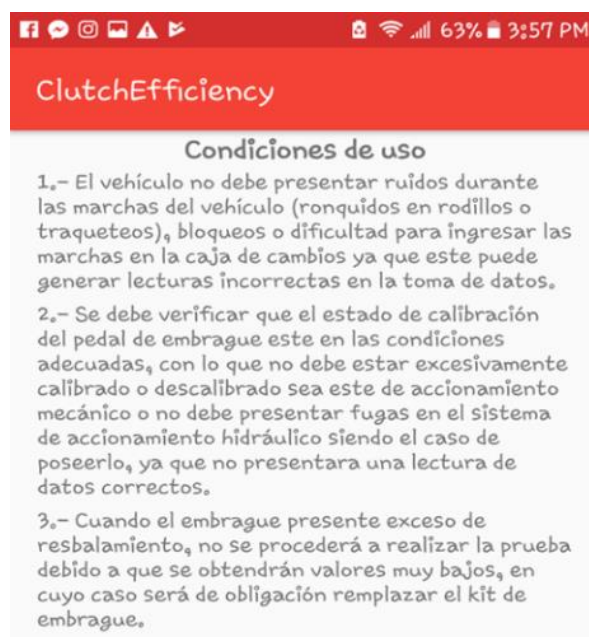


Figura 4.14 Ventana del Segundo Botón. (Autores)

El tercer botón, iniciara la prueba en pendiente, una vez ya instalado y colocado el dispositivo, este mostrara las revoluciones del motor y del cardan, además de la eficiencia que este presenta durante la prueba, como se muestra en la Figura 4.15.



Figura 4.15 Ventana del Tercer Botón. (Autores)

El cuarto botón iniciara la prueba en carretera, la cual detalla de igual manera las revoluciones del motor y cardan, además de la eficiencia del embrague durante esta prueba, como se muestra en la Figura 4.16.

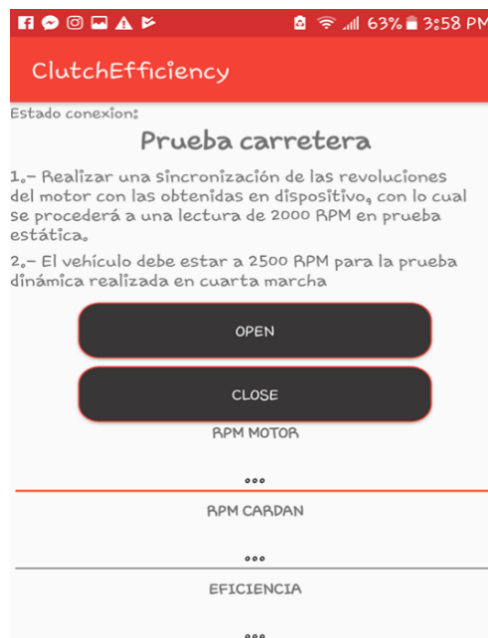


Figura 4.16 Ventana del Cuarto Botón. (Autores)

CAPÍTULO 5

En el apartado número cinco se presenta la comprobación del funcionamiento del dispositivo de diagnóstico mediante un análisis estadístico, además incluye el procedimiento de inspección previa del vehículo, la correcta instalación y montaje de los diferentes elementos que se incorporan al chasis del automotor y las causas que servirán para descartar pruebas erróneas, se obtiene el tipo de prueba que muestra los mejores resultados para el diagnóstico de la eficiencia del embrague.

5.1 PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

5.1.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Para realizar la adquisición de datos del diseño experimental en las distintas pruebas se considera los siguientes parámetros de tipo mecánico, físico y ambiental:

Condiciones mecánicas

El vehículo no debe presentar ruidos durante las marchas del vehículo (ronquidos en rodillos o traqueteos), bloqueos o dificultad para ingresar las marchas en la caja de cambios ya que este puede generar lecturas incorrectas en la toma de datos.

Se debe verificar que el estado de calibración del pedal de embrague este en las condiciones adecuadas, con el ajuste correcto, sea este de accionamiento mecánico, o no debe presentar fugas en el sistema de accionamiento hidráulico para el caso de poseerlo, ya que no presentara una lectura de datos correctos.

Una vez comprobado el estado de calibración del pedal, si presenta excesiva dureza o muestre falta de resistencia al provocar el desembrague, no se procederá a realizar los ensayos ya que el plato de presión podría encontrarse en un estado ineficiente

Cuando el embrague presente exceso de resbalamiento, no se procederá a realizar la prueba debido a que se obtendrán valores muy bajos, en cuyo caso será de obligación remplazar el kit de embrague. El vehículo no debe presentar fugas de aceite dentro del todo conjunto de la transmisión.

Condiciones físicas

Realizar una sincronización de las revoluciones del motor con las obtenidas en dispositivo, con lo cual se procederá a una lectura de 2000 RPM en prueba estática.

El vehículo debe estar sometido a una carga en pendiente a 2500 RPM durante la prueba en primera marcha.

El vehículo debe estar a 2500 RPM para la prueba dinámica realizada en cuarta marcha.

Condiciones ambientales


Si existe clima lluvioso, lodo o excesivo polvo en el lugar seleccionado, no se procederá a realizar las pruebas ya que pueden afectar al dispositivo y deteriorarlo.




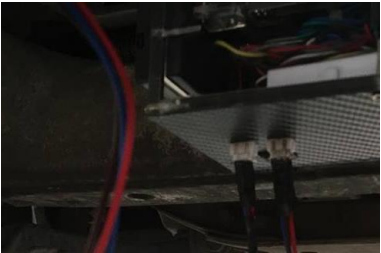

5.1.2 METODOLOGÍA PARA ADQUISICIÓN DE DATOS

5.1.2.1 MONTAJE DEL DISPOSITIVO EN EL VEHÍCULO

Para lograr de manera fácil el montaje del dispositivo y obtener el menor tiempo posible, se debe seguir los siguientes pasos que se detallan a continuación:

Tabla 5.1 Procedimiento para la instalación del dispositivo. (Autores)

PASO	FIGURA	TIEMPO (minutos)
1) Retirar los protectores del ventilador		2
2) Retirar dos de los cuatro pernos de la polea del cigüeñal del vehículo, con dado torx hembra número 10.		1

<p>3) Ubicar el expansor en la polea del cigüeñal, y remplazar los pernos de tipo torx por unos M10x1.25 de tipo Allen número 7 que se incluyen para la fijación del mismo.</p>		<p>5</p>
<p>4) Colocar el adaptador del cardán sobre la junta homocinética que se encuentra más próxima al final del eje de la caja de marchas, y fíjela mediante la correa de velcro</p>		<p>2</p>
<p>5) Ubicar las bases magnéticas tanto en el puente delantero como en el puente posterior del vehículo en las posiciones adecuadas.</p>		<p>2</p>
<p>6) Realizar las conexiones del cableado desde la base magnética del puente delantero, hacia la base magnética del puente posterior.</p>		<p>1</p>
<p>7) Realizar la calibración de la altura de los distintos sensores con respecto al expansor de la polea y al adaptador del cardan y así poder obtener la adquisición de datos.</p>		<p>2</p>
<p>TIEMPO TOTAL DE MONTAJE</p>		<p>15</p>

5.1.2.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA PARA EVALUACION DEL EMBRAGUE

Para el desarrollo de evaluación del embrague del vehículo de diseñaron dos tipos de pruebas que se detallaran a continuación.

a. PRUEBA EN PENDIENTE: Para esto se establece una pendiente de prueba dentro de un rango de entre 10 a 12 grados de inclinación como se visualiza en la Figura 5.1.

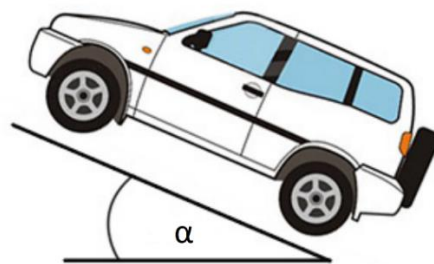


Figura 5.1 Prueba en pendiente. (S.A., 2018)

Para poder ejecutar la prueba se debe seguir los pasos que muestra la aplicación del teléfono a utilizar, La cual menciona las siguientes características como muestra la Figura 5.2, es decir verificar que el motor y la aplicación muestren una sincronización con las revoluciones, después de ello se somete el vehículo a la pendiente a 2500 revoluciones durante la primera marcha.

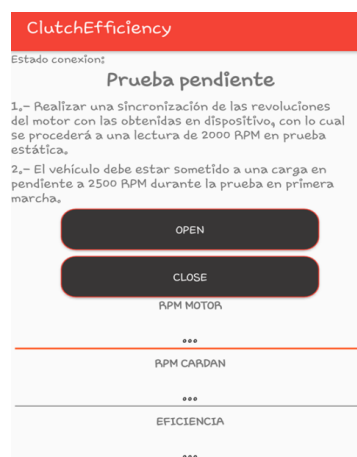


Figura 5.2 Pantalla de la prueba en pendiente. (Autores)

A continuación, se procede a realizar la toma de datos de la prueba, para esto se deberá pulsar el botón de “OPEN” con lo cual la aplicación empezará a mostrar datos en su pantalla como se muestra en la Figura 5.3



Figura 5.3 Prueba realizada a 2490 rpm del motor. (Autores)

Una vez alcanzadas las 2500 revoluciones con el vehículo en la pendiente se procede a pulsar el botón de “CLOSE” con lo cual se asegura la adquisición de la eficiencia y evita errores.

b. PRUEBA EN CARRETERA: Esta prueba se debe desarrollar en una carretera se puedan alcanzar 2500 revoluciones del motor con el vehículo en cuarta marcha, para realizar esta prueba se procederá de la misma manera dentro de la aplicación como se demuestra en el punto “a”. La Figura 5.4 muestra un ensayo realizado a 2475 rpm del motor.



Figura 5.4 Prueba realizada a 2475 rpm del motor. (Autores)

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA

Mediante el uso del diagrama de flujos como se demuestra en la figura 5.5 se detalla el procedimiento para el manejo del dispositivo; se comienza desde la instalación en el vehículo hasta la adquisición de los datos al momento de realizar indistintamente las pruebas.

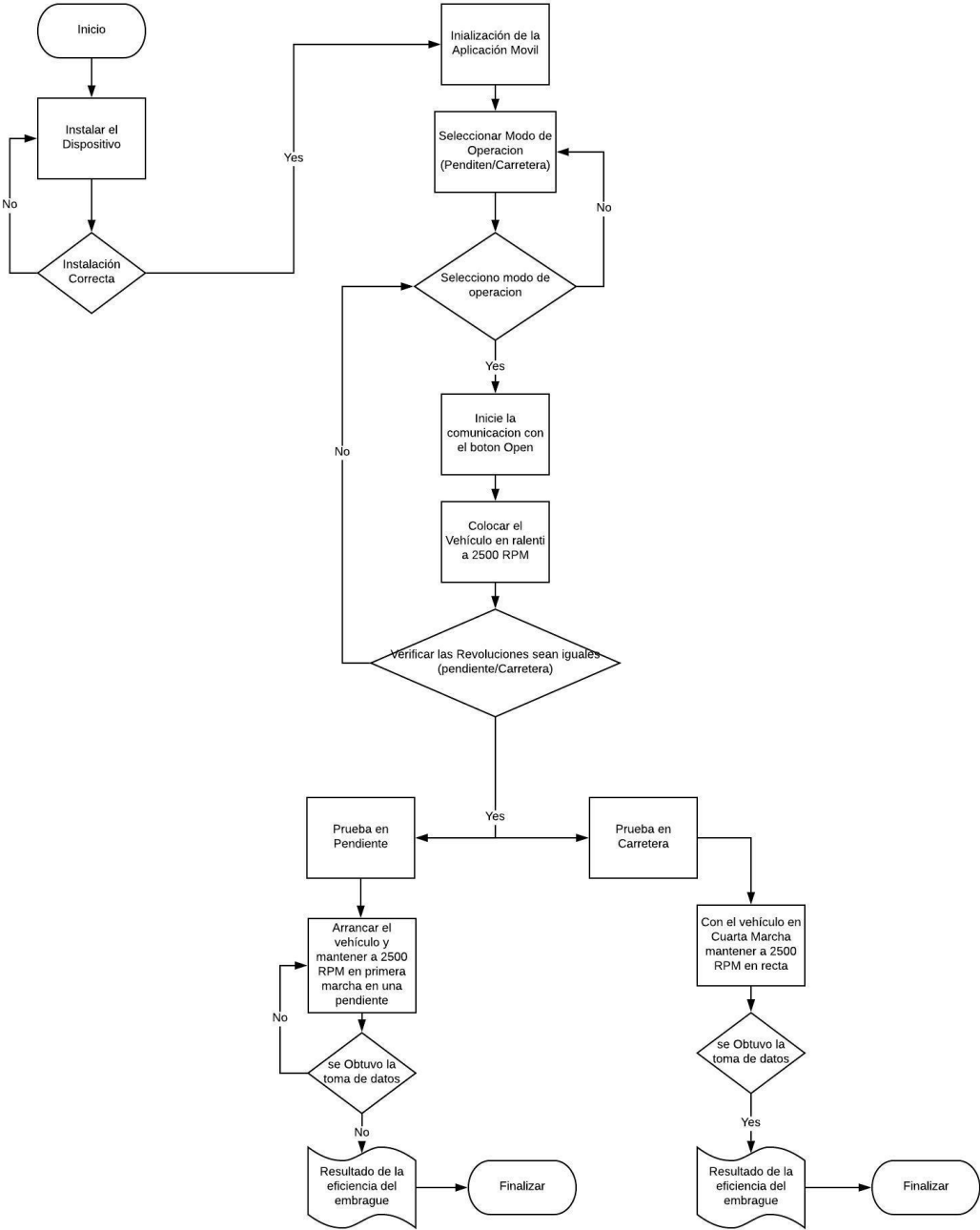


Figura 5.5 Diagrama de flujo para el manejo del dispositivo para medir la eficiencia del embrague. (Autores)

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la adquisición de datos del dispositivo se procedió a realizar un mínimo de 10 tomas de datos en cada tipo de prueba, para poder realizar los debidos ajustes del equipo, además de obtener el porcentaje de error del que dispone al momento de realizar las mediciones.

5.2.1 CRITERIO DE VALIDACIÓN

PRUEBA EN PENDIENTE

Para obtener un buen resultado se realizan diez pruebas en pendiente las cuales se muestran en la Tabla 5.2 con sus respectivos valores.

Con la ecuación 5.1 se calcula la media geométrica la cual indicara el promedio de la eficiencia dentro de las 10 pruebas realizadas, con un valor de 81.8%.

$$\text{media Aritmetica} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (\text{ecu 5.1})$$

Dónde: N = número de muestras.

Luego se procede a obtener la desviación de los datos obtenidos para verificar que tan dispersos están los puntos con respecto a la media geométrica y poder saber si las muestras están correctas. Para esto se utiliza la fórmula de la ecuación 5.2 con lo que se obtiene el valor de 4.4978, que indica que las pruebas están ligeramente dispersadas con respecto a la media obtenida por lo que los datos obtenidos son correctos.

$$\text{desviación estandar} = S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{ecu 5.2})$$

Dónde: x_i = valor inicial de la muestra

Después se procede al cálculo de la varianza con la ecuación 5.3, que mide qué tan dispersos están los datos alrededor de la media. La varianza es igual a la desviación estándar elevada al cuadrado. Monitorear la varianza es esencial, porque con la reducción de la varianza proceso aumenta la precisión y disminuye el número de defectos, con un valor obtenido de 20.230, lo que indica que la prueba no es tan precisa.

$$\text{varianza} = S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{ecu. 5.3})$$

Por último, se presenta el error estándar de la media con la ecuación 5.4, esta es una medida del error que se comete al tomar la media calculada en una muestra como estimación de la media, la cual da un valor de 1.42 que refleja un error significativo de la adquisición de los datos.

$$\text{Error estandar de la media} = SE_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (\text{ecu. 5.4})$$

Tabla 5.2 Datos obtenidos de las diferentes pruebas. (Autores)

PRUEBAS	RPM IN (rpm)	RPM OUT (rpm)	EFICIENCIA (%)
1	2460	450	78,43
2	2460	450	78,43
3	2490	500	87,14
4	2490	500	87,14
5	2505	500	87,14
6	2505	450	78,43
7	2520	450	78,43
8	2520	450	78,43
9	2520	450	78,43
10	2550	500	87,14
MEDIA			81,804
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			4,498
VARIANZA			20,230
RAÍZ			3,162
ERROR ESTÁNDAR DE LA MEDIA			1,422

Si se representa gráficamente las revoluciones del motor con la eficiencia, se obtiene la Figura 5.6.

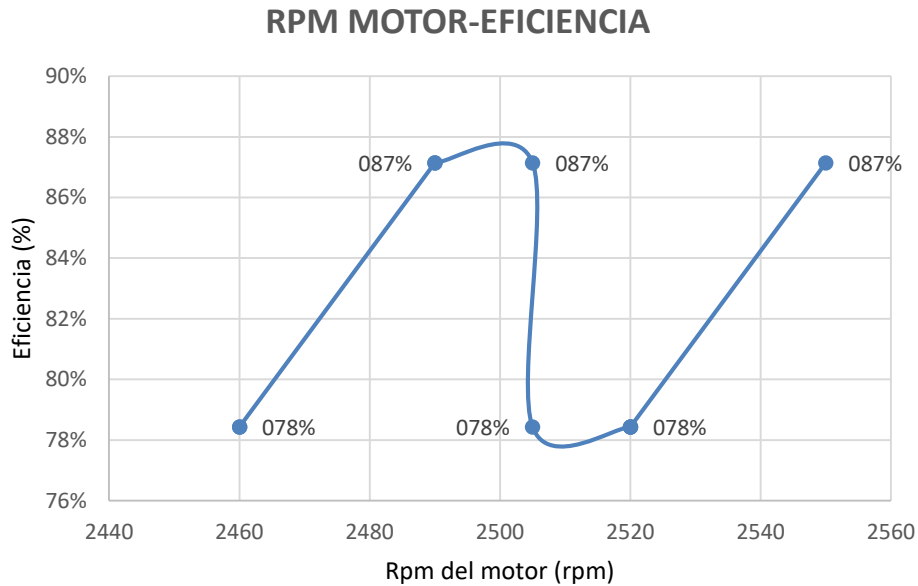


Figura 5.6 Grafica de los datos obtenidos. (Autores)

PRUEBA EN CARRETERA

Para esta prueba se procede de igual que en el punto anterior, que para obtener un buen resultado se realizan diez pruebas en carretera las cuales se muestran en la Tabla 5.3 con sus respectivos valores.

Con la ecuación 5.1 se calcula la media geométrica la cual indicara el promedio de la eficiencia dentro de las 10 pruebas realizadas, con un valor de 83.649%.

Luego se procede a obtener la desviación de los datos obtenidos para verificar que tan dispersos están los puntos con respecto a la media geométrica con la ecuación 5.2 con lo que obtiene el valor de 1.059, que indica que las pruebas no tienen dispersión con respecto a la media obtenida.

Después se procede al cálculo de la varianza con la ecuación 5.3, que mide qué tan dispersos están los datos alrededor de la media, con un valor obtenido de 1.122.

Tabla 5.3 Datos obtenidos de las diferentes pruebas. (Autores)

PRUEBAS	RPM IN (rpm)	RPM OUT (rpm)	EFICIENCIA (%)
1	2490	2050	82
2	2490	2050	82
3	2505	2075	83
4	2520	2100	84
5	2520	2100	84
6	2535	2100	84
7	2535	2100	84
8	2535	2100	84
9	2550	2125	85
10	2550	2125	85
MEDIA			83,694
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			1,059
VARIANZA			1,122
RAÍZ			3,162
ERROR ESTÁNDAR DE LA MEDIA			0,335

Si se representa gráficamente las revoluciones del motor con la eficiencia, se obtiene la Figura 5.7.

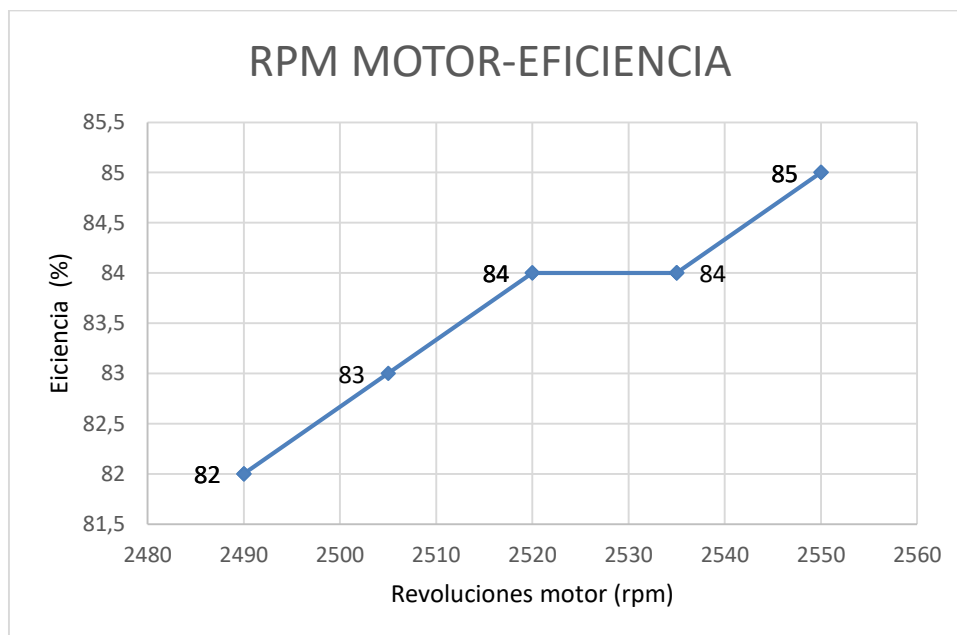


Figura 5.7 Grafica de los datos obtenidos. (Autores)

5.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En las pruebas realizadas en pendiente se obtuvo una media de 81.804% de eficiencia del embrague por lo que el error producido de estas pruebas es de 1,422%, mientras que en las pruebas de carretera se consiguió una media de 83,694% lo que generó un error de 0.335%, con lo cual se determina las muestras obtenidas de cada prueba existe una diferencia de 1,89%, lo que demuestra un error cercano al 2% entre las distintas pruebas.

Donde el factor principal es el análisis de la varianza, ya que, al presentar un valor elevado de 20.230 en la prueba en pendiente, en comparación con un valor de 1.122 en la prueba en carretera. Resultado menor al obtenido que en la prueba en pendiente, se sabe que con la reducción de la varianza en un proceso se aumenta la precisión y disminuye el número de defectos. Por lo cual esta prueba será de mayor validez al momento de demostrar la eficiencia del embrague ya que al ser una relación directa en la caja de cambios la tolerancia de pérdidas es menor ya que no se generan excesivos esfuerzos como en primera marcha.

5.4 RESULTADO DEL DISCO DE EMGRAGUE

Según el análisis del punto 5.3 se considera los resultados de la prueba en carretera, se sabe que está es la más confiable, por ello se analizará el estado actual en el que se encuentra el disco de embrague de vehículo Luv D´max del año 2006, en base a los resultados obtenidos en dicha prueba, para lo cual se establecerá en la tabla 5.4, el espesor del disco de embrague en base al porcentaje de vida útil según la ecuación 5.5.

$$espesor_{deseado} = \frac{e * \eta}{100} \quad (\text{ecu 5.5})$$

Donde:

e = Espesor del disco según (Isuzu, 2006)

η = eficiencia

Tabla 5.4 Espesor del Disco en Base a la eficiencia. (Autores)

RPM MOTOR	EFICIENCIA (%)	ESPESOR DEL DISCO (mm)
2500	100	8,7
2250	90	7,83
2000	80	6,96
1750	70	6,09
1500	60	5,22
1250	50	4,35
1000	40	3,48
750	30	2,61
500	20	1,74
250	10	0,87

Para el caso del disco de embrague evaluado se obtuvo un valor de vida útil equivalente al 86% que se muestra en la figura 5.14, y mediante el uso de la tabla 5.3, al interpolar los valores comprendidos entre el 90% y el 80% se presenta el aproximado a 7.482 mm de espesor del disco, con este valor se indica que el disco de embrague se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.

Es recomendable que para valores inferiores al 60% como se muestra en la figura 5.16, se cambie el disco debido a que según (Isuzu, 2006) el espesor máximo tolerable entre el remache y el espesor del forro sea de 2 mm, que al ser dos caras del disco más, la separación entre cada cara, representa un valor de espesor del disco de entre 5 a 5.2 mm, por lo cual al obtener este valor el disco se encontraría completamente obsoleto. En la figura 5.8 se visualiza un ensayo con embrague deteriorado.



Figura 5.8 Prueba con embrague obsoleto. (Autores)

6.CONCLUSIONES

- Al término de este trabajo de titulación, se logró la fabricación del dispositivo capaz de establecer la eficiencia de un disco de embrague para un vehículo a propulsión, además utiliza una base de datos que contiene las relaciones de transmisión de cada marcha del automotor elegido.
- Como resultado del diseño y la construcción del dispositivo, se implementa un nuevo método de diagnóstico para el desgaste del embrague, el cual es capaz de evaluar el rendimiento de este componente de difícil acceso; sí se compara el resultado de 7.482 mm procedente de la prueba ejecutada, con el espesor máximo tolerable de 5.2 mm que menciona (Isuzu, 2006), cumple con lo permitido por el fabricante del vehículo.
- Mediante la resolución de los ensayos en pendiente y en carretera se obtuvo una media de 81.804% y de 83,694% respectivamente de eficiencia del embrague, lo que demuestra un error cercano al 2% entre sí, de la misma forma el factor principal para el análisis es la varianza, por esta razón se elige la prueba en carretera ya que presenta un menor valor según los resultados.
- La finalidad del dispositivo es dar una respuesta rápida y confiable del estado del embrague, por ende, si se considera al dispositivo como un elemento de mantenimiento predictivo, demuestra que su uso ahorra en un 85% el tiempo de diagnóstico del embrague.
- Si al momento de realizar las pruebas se obtienen valores por debajo del 60% puede ser generado por los siguientes fallos: culminación de la vida útil del disco de embrague por desgaste; por la incorporación de algún lubricante en la superficie de contacto del disco de embrague; por la falta de la resistencia del diafragma del plato de presión; y si el disco de embrague esta carbonizado debido a un sobrecalentamiento provocado por el mal uso del mismo.

7.RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con el estudio del proyecto, ya que con la implantación de este dispositivo de medición de eficiencia del embrague se abre un campo nuevo de investigación mediante dispositivos computarizados, con lo que se llega a determinar el estado que presente el disco no solo en cuanto a desgaste sino también poder comprobar si existen otros tipos de fallos.
- Se recomienda realizar una validación del dispositivo en diferentes vehículos de propulsión, con lo que se agrega mayor información a la base de datos del sistema de diagnóstico.

8.BIBLIOGRAFÍA

AB, A. V. (10 de Junio de 2018). *Creative Technologies* . Obtenido de <http://ctc-dev.verkstad.cc/es/course-literature/que-es-arduino/>

Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., Navarro, J. M., & Gómez Morales, T. (2002). *Fundamentos tecnológicos del Automovil*. Madrid: Paraninfo.

Aprendiendo con Arduino. (24 de Junio de 2018). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/flanco/>

Arduino. (2018). *Arduino*. Obtenido de Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

ARDUINO. (10 de Junio de 2018). *ARDUINO*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

Arias Paz, M. (2006). *Manual de Automóviles*. Madrid: Dossat 2000 S.L.

ARIAS-PAZ, M. (2006). EMBRAGUE. En M. ARIAS-PAZ, *MANUAL DE AUTOMOVILES* (pág. 683). MADRID: DOSSAT 2000 S.L.

ASTROS, I. J. (14 de Septiembre de 2015). *Monografias.com*. Obtenido de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos107/metodo-trabajo-fabricacion-engranajes-metalmecanica/metodo-trabajo-fabricacion-engranajes-metalmecanica.shtml>

Astudillo, M. O. (2010). *Tecnología del automóvil*. Madrid: Paraninfo.

Bohner, M., Gerschler, H., Gobweiler, H., Leyer, S., Pichler, W., Sair, W., . . . Zwickel, H. (1985). *tecnología del Automóvil Tomo 2*. Barcelona: Reverté.

Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automovil*. Alemania.

Boylestad, R. L. (2004). *Introducción al Análisis de Circuitos*. Mexico: Pearson.

Camerena Lillo, F. (2011). *Diseño del embrague de un vehículo*. Madrid: Repositorio INstitucional de la Universidad Carlos III de Madrid.

Cascajosa, M. (2006). *INGENIERÍA DE VEHÍCULOS Sistemas y Cálculos*. Madrid: Tébar.

D., H., & Martínez , G. (2010). MANDOS DEL EMBRAGUE . En H. D., & G. Martínez, *MANUAL PRACTICO DEL AUTOMOVIL* (pág. 775). MADRID: CUTURAL S.A.

Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2010). *Sistemas de Transmisión y frenado*. Madrid: Editex.

Electronicos, C. (2013). *Electronicos Caldas*. Obtenido de Electronicos Caldas: <https://www.electronicoscaldas.com/modulos-rf/482-modulo-bluetooth-hc-06.html>

Elherrerillo. (MARZO de 2012). *CLUBJAPO*. Obtenido de <http://foro.clubjapo.com/t/que-es-el-embregue-tipos/25457>

FERRER, A. (16 de MARZO de 2016). *AUTONOCION*. Obtenido de <https://www.autonocion.com/funcionamiento-tipos-y-averias-del-embrague-entiende-todo-para-no-romperlo/>

Font Mezquita, J., & Dols Ruíz, J. F. (2001). *tratado sobre automóviles*. México D.F: Alfaomega.

Future, E. (2018). *Future Electronics*. Obtenido de Future Electronics: <https://store.futureelectronics.com/products/hall-effect-sensor-module-analog-digital>

GmbH, W. (29 de Julio de 2012). *SUPERMAGNETE*. Obtenido de SUPERMAGNETE: https://www.supermagnete.es/data_sheet_FE-S-25-10.pdf

Hermógenes, D., & Martínez, G. (2010). *MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMOVIL*. Madrid: Cultural S.A.

HETPRO/TUTORIALES. (2018). *hetpro*. Obtenido de <https://hetprostore.com/TUTORIALES/bluetooth-hc-06-app-arduino/>

Isuzu. (2006). *Manual de servicio serie TF*. Japón: International Service & Parts.

JQ, I. (20 de julio de 2016). *Industrias JQ Plasticos de Ingenieria*. Obtenido de Industrias JQ Plasticos de Ingenieria: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Poliamida6/Poliam6/dtecnicos.htm>

Kalofoné. (2017). *Kalofoné*. Obtenido de <http://www.kalofone.com/tablets/2053-tablet-samsung-tab-3-lite-7-sm-t113-negro.html>

Luque, P., Álvarez, D., & Vera, C. (2005). *Ingeniería del Automovil*. Madrid: Paraninfo.

Meganeboy, D. (2014). *AFICIONADOS POR LA MECANICA*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-embrague.htm>

OMAR. (22 de AGOSTO de 2015). *MECANICABASICA*. Obtenido de <https://mecanicabasicacr.com/transmision/pedal-del-embragueclutch-sin-presion.html>

Rabbit, W. (20 de Julio de 2016). *White Rabbit*. Obtenido de White Rabbit: <http://www.whiterabbitcannabis.com/grandaddy-purple/clutch-cannabis-logo>

Robótica, A. (10 de junio de 2018). *Ardobot*. Obtenido de <https://www.ardobot.com/modulo-sensor-de-efecto-hall.html>

S.A., S. C. (19 de Septiembre de 2018). *Spain Car*. Obtenido de <http://www.spaincar.es/documentacion/normas-uso-todoterrenos/>

Sanz, A. (1981). *TECNOLOGIA AUTOMOCIÓN 5*. Barcelona: Ediciones Don Bosco.

Schwoch, W. (1749). *Manual Práctico del Automóvil*. Barcelona: Reverté.

Slideplayer. (26 de Marzo de 2018). Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/1067551/>

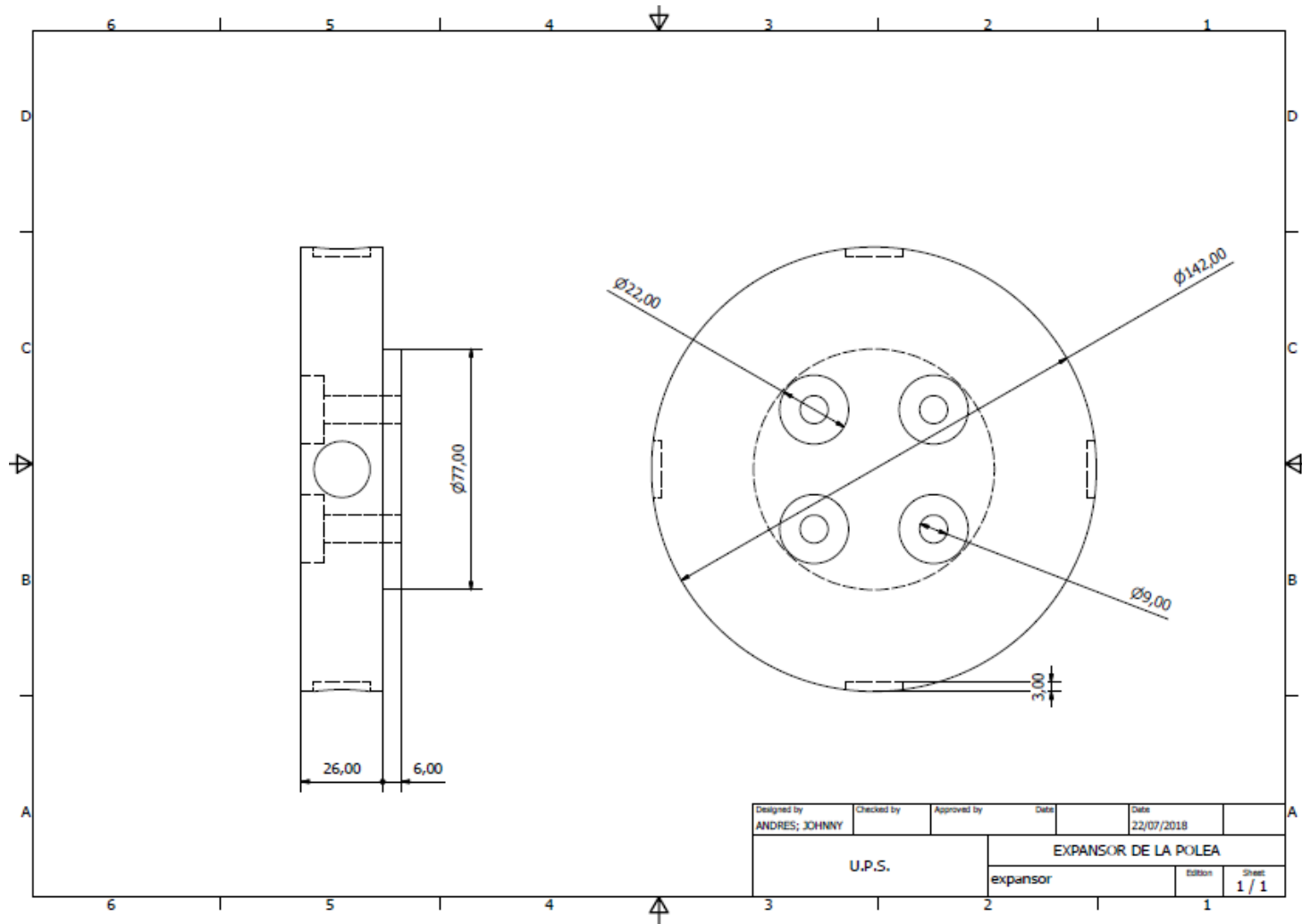
Tostatronic. (10 de junio de 2018). *Tostatronic*. Obtenido de <http://tostratronic.com/store/arduino/36-bluetooth-master-hc-05-arduino.html>

VENEMEDIA. (OCTUBRE de 2011). *CONCEPTO DE DEFINICION*. Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/eficiencia/>

Vicente, M. d. (1998). *NUEVA ENCICLOPEDIA DEL AUTOMOVIL transmisiones y bastidor*. Barcelona: Grupo Editorial Ceac, S.A.

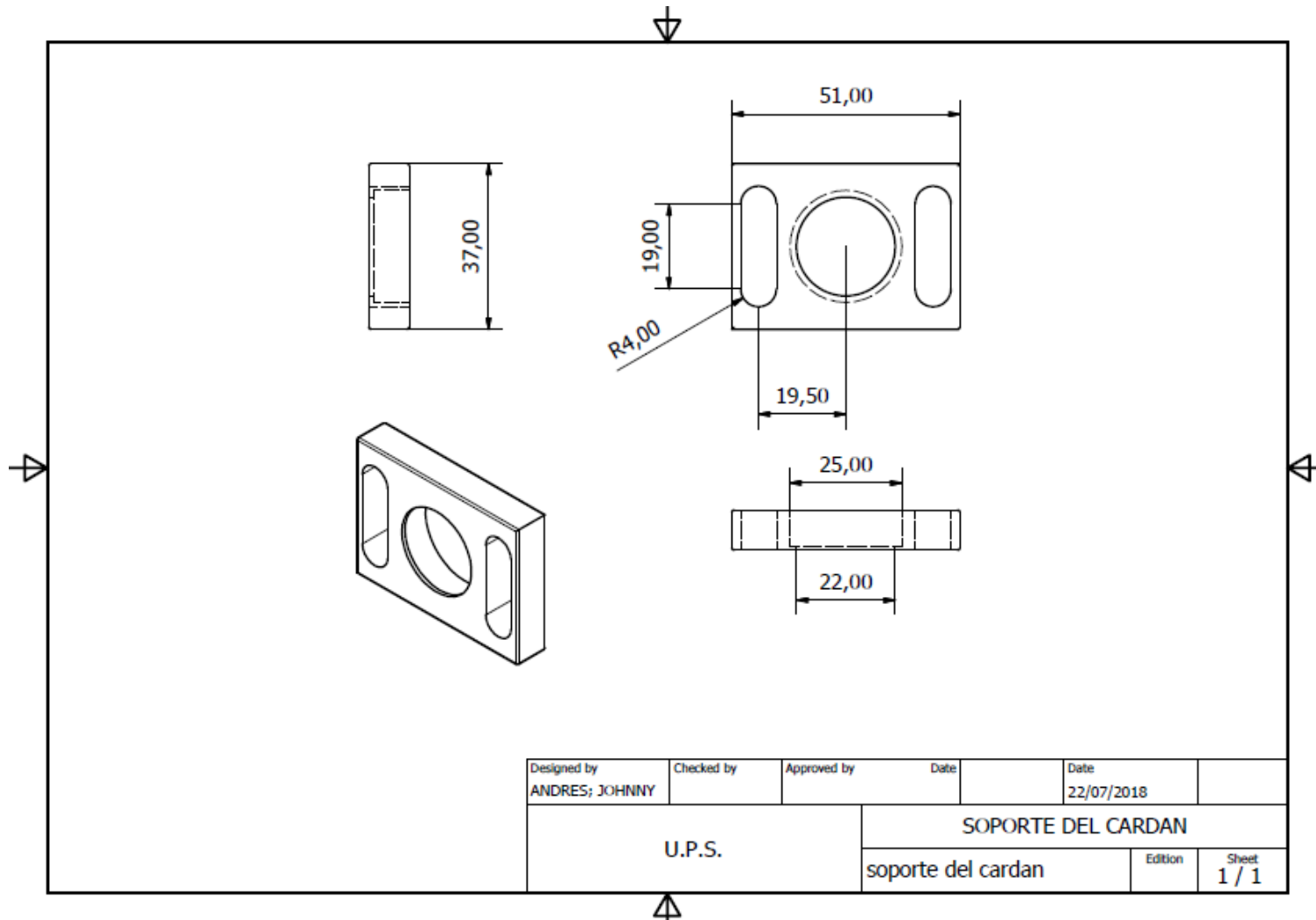
ANEXO A1

DIMENSIONES DEL EXPANSOR DE LA POLEA



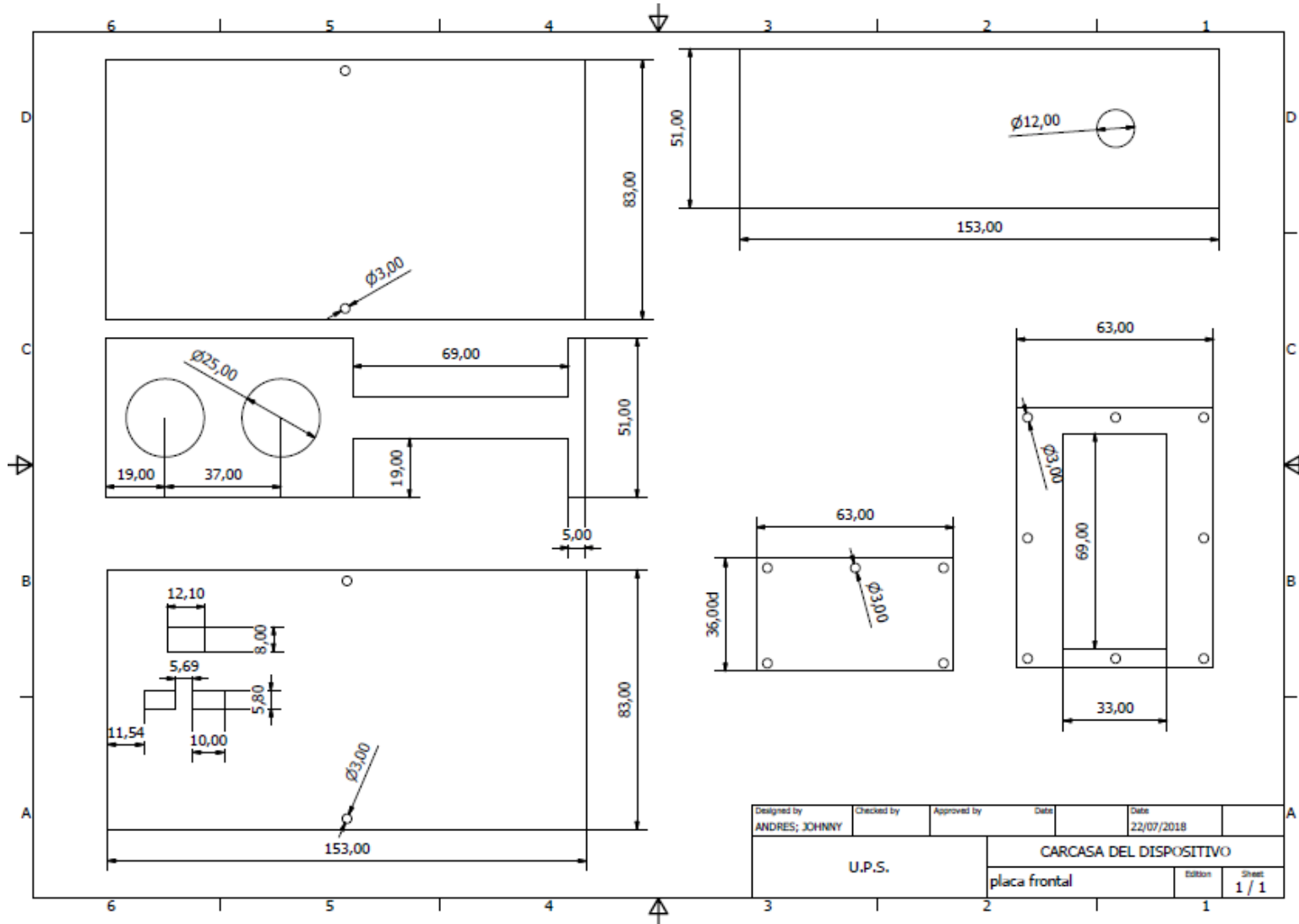
ANEXO A2

DIMENSIONES DEL SOPORTE DEL CARDAN



ANEXO A3

DIMENSIONES DE LA CARCASA DEL DISPOSITIVO



ANEXO B

CÓDIGO FUENTE DE LA PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO

```
volatile int contadormotor = 0;

volatile int contadorcardan = 0;

int RPMOTOR;

int RPMCARDAN;

int nImanes = 2;

int Frecuencia = 60/nImanes;

double Rt1 = 4.357;

double RpmTeorica;

double Eficiencia;

double Eficiencia4ta;

void setup()

{

Serial.begin(9600);

attachInterrupt(0,interrupcion0,RISING); //pin de conexion 2

attachInterrupt(1,interrupcion1,RISING); // pin de conexion 3

}

String enviar = "";

void loop()

{

RPMOTOR = contadormotor*15;

contadormotor = 0;

RPMCARDAN = contadorcardan*25;

contadorcardan = 0;

RpmTeorica = (573.79);
```

```

double RpmTeorica2 = (2500.00);

Eficiencia = (RPMCARDAN / RpmTeorica)*100;

Eficiencia4ta = ( RPMCARDAN / RpmTeorica2 ) *100;

enviar = RPMOTOR;

enviar.concat("/");

enviar.concat(RPMCARDAN);

enviar.concat("/");

enviar.concat(Eficiencia);

enviar.concat("/");

enviar.concat(Eficiencia4ta);

enviar.concat("*");

Serial.print(enviar);

delay(999);

}

void interrupcion0()

{

contadormotor++;

}

void interrupcion1()

{

contadorcardan++;

}

```

ANEXO C

CÓDIGO FUENTE DE LA PALICACIÓN DEL DISPOSITIVO

MAIN ACTIVITY/ACTIVIDAD PRINCIPAL

```
package com.example.teolopez37.clutchefficiency;

import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.widget.Button;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {
    Button btnCondicion, btnPruebaPendiente, btnPruebaCarretera;
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        btnCondicion = (Button) findViewById(R.id.btnCondicionesUso);
        btnCondicion.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                Intent ActCondUso = new Intent(getApplicationContext(), CondicionesUso.class);
                startActivity(ActCondUso);
            }
        });
        btnPruebaPendiente = (Button) findViewById(R.id.btnPruebaPendiente);
        btnPruebaPendiente.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                Intent ActCondUso = new Intent(getApplicationContext(), PruebaPendiente.class);
                startActivity(ActCondUso);
            }
        });
        btnPruebaCarretera = (Button) findViewById(R.id.btnPruebaCarretera);
```

```

btnPruebaCarretera.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        Intent ActCondUso = new Intent(getApplicationContext(), PruebaCarretera.class);
        startActivity(ActCondUso);
    }
});
}
}

```

CONDICIONES DE USO

```

package com.example.teolopez37.clutchefficiency;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
public class CondicionesUso extends AppCompatActivity {
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_condiciones_uso);
    }
}

```

METODO DE INSTALACION

```

package com.example.teolopez37.clutchefficiency;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
public class MetodoInstalacion extends AppCompatActivity {
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_metodo_instalacion);
    }
}

```

PRUEBA CARRETERA


```

package com.example.teolopez37.clutchefficiency;
import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.bluetooth.BluetoothSocket;
import android.content.Intent;
import android.os.Handler;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.OutputStream;
import java.util.Set;
import java.util.UUID;
public class PruebaCarretera extends AppCompatActivity {
    TextView myLabelC;
    EditText myTextboxC,txtMotorC,txtCardanC,txtEficienciaC;
    BluetoothAdapter mBluetoothAdapter;
    BluetoothSocket mmSocket;
    BluetoothDevice mmDevice;
    OutputStream mmOutputStream;
    InputStream mmInputStream;
    Thread workerThread;
    byte[] readBuffer;
    int readBufferPosition;
    int counter;
    volatile boolean stopWorker;
    // Texto de fin de escucha
    String delimitador = "*";
    // Texto recibido

```

```

String textoRecibido = "";
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_prueba_carretera);
    Button openButton = (Button)findViewById(R.id.openC);
//    Button sendButton = (Button)findViewById(R.id.send);
    Button closeButton = (Button)findViewById(R.id.closeC);
    myLabelC = (TextView)findViewById(R.id.labelC);
//    myTextbox = (EditText)findViewById(R.id.entry);
    txtMotorC = (EditText)findViewById(R.id.txtMotorC);
    txtCardanC = (EditText)findViewById(R.id.txtCardanC);
    txtEficienciaC = (EditText)findViewById(R.id.txtEficienciaC);
//Open Button
    openButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener()
    {
        public void onClick(View v)
        {
            try
            {
                findBT();
                openBT();
            }
            catch (IOException ex) { }
        }
    });
//Close button
    closeButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener()
    {
        public void onClick(View v)
        {
            try
            {
                closeBT();
            }
        }
    });
}

```

```

        }
        catch (IOException ex) { }
    }
});
}
void findBT()
{
    mBluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
    if(mBluetoothAdapter == null)
    {
        myLabelC.setText("No bluetooth adapter available");
    }
    if(!mBluetoothAdapter.isEnabled())
    {
        Intent enableBluetooth = new
Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
        startActivityForResult(enableBluetooth, 0);
    }
    Set<BluetoothDevice> pairedDevices = mBluetoothAdapter.getBondedDevices();
    if(pairedDevices.size() > 0)
    {
        for(BluetoothDevice device : pairedDevices)
        {
            if(device.getName().equals("HC-06"))
            {
                mmDevice = device;
                break;
            }
        }
    }
    myLabelC.setText("Bluetooth Device Found");
}
void openBT() throws IOException
{

```



```

        mmOutputStream.close();
        mmInputStream.close();
        mmSocket.close();
        myLabelC.setText("Bluetooth Closed");
    }
}

```

PRUEBA PENDIENTE

```

package com.example.teolopez37.clutchefficiency;

import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.bluetooth.BluetoothSocket;
import android.content.Intent;
import android.os.Handler;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.OutputStream;
import java.util.Set;
import java.util.UUID;

public class PruebaPendiente extends AppCompatActivity {
    TextView myLabel;
    EditText myTextbox,txtMotor,txtCardan,txtEficiencia;
    BluetoothAdapter mBluetoothAdapter;
    BluetoothSocket mmSocket;
    BluetoothDevice mmDevice;
    OutputStream mmOutputStream;
    InputStream mmInputStream;
}

```

```

Thread workerThread;
byte[] readBuffer;
int readBufferPosition;
int counter;
volatile boolean stopWorker;
// Texto de fin de escucha
String delimitador = "*";
// Texto recibido
String textoRecibido = "";
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_prueba_pendiente);

    Button openButton = (Button)findViewById(R.id.open);
//    Button sendButton = (Button)findViewById(R.id.send);
    Button closeButton = (Button)findViewById(R.id.close);
    myLabel = (TextView)findViewById(R.id.label);
//    myTextbox = (EditText)findViewById(R.id.entry);
    txtMotor = (EditText)findViewById(R.id.txtMotor);
    txtCardan = (EditText)findViewById(R.id.txtCardan);
    txtEficiencia = (EditText)findViewById(R.id.txtEficiencia);
//Open Button
    openButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener()
    {
        public void onClick(View v)
        {
            try
            {
                findBT();
                openBT();
            }
            catch (IOException ex) { }
        }
    }

```

```

    });
//Close button
    closeButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener()
    {
        public void onClick(View v)
        {
            try
            {
                closeBT();
            }
            catch (IOException ex) { }
        }
    });
}
void findBT()
{
    mBluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
    if(mBluetoothAdapter == null)
    {
        myLabel.setText("No bluetooth adapter available");
    }
    if(!mBluetoothAdapter.isEnabled())
    {
        Intent enableBluetooth = new
Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
        startActivityForResult(enableBluetooth, 0);
    }
    Set<BluetoothDevice> pairedDevices = mBluetoothAdapter.getBondedDevices();
    if(pairedDevices.size() > 0)
    {
        for(BluetoothDevice device : pairedDevices)
        {
            if(device.getName().equals("HC-06"))
            {

```



```

        mmDevice = device;
        break;
    }
}
}
myLabel.setText("Bluetooth Device Found");
}
void openBT() throws IOException
{
    UUID uuid = UUID.fromString("00001101-0000-1000-8000-00805F9B34FB");
//Standard SerialPortService ID
    mmSocket = mmDevice.createRfcommSocketToServiceRecord(uuid);
    mmSocket.connect();
    mmOutputStream = mmSocket.getOutputStream();
    mmInputStream = mmSocket.getInputStream();
    beginListenForData();
    myLabel.setText("Bluetooth Opened");
}
void beginListenForData()
{
    final Handler handler = new Handler();
    final byte delimiter = 10; //This is the ASCII code for a newline character
    stopWorker = false;
    readBufferPosition = 0;
    readBuffer = new byte[1024];
    workerThread = new Thread(new Runnable()
    {
        public void run()
        {
            int bytes; // bytes returned from read()
            while(!Thread.currentThread().isInterrupted() && !stopWorker)
            {
                try {
                    bytes = mmInputStream.read(readBuffer);

```



```
void sendData() throws IOException
{
    String msg = myTextbox.getText().toString();
    msg += "\n";
    mmOutputStream.write(msg.getBytes());
    myLabel.setText("Data Sent");
}
void closeBT() throws IOException
{
    stopWorker = true;
    mmOutputStream.close();
    mmInputStream.close();
    mmSocket.close();
    myLabel.setText("Bluetooth Closed");
}
}
```