

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIDÁCTICO
DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO**

SUNTAXI SUNTAXI VÍCTOR GIOVANNI

HARO DELGADO ROBERTO ANDRÉS

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado
de

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, Víctor Giovanni Sntaxi Sntaxi y Roberto Andrés Haro Delgado, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica de Ejército, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Víctor Giovanni Sntaxi Sntaxi

Roberto Andrés Haro Delgado

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por VÍCTOR GIOVANNI SUNTAXI SUNTAXI y ROBERTO ANDRÉS HARO DELGADO, bajo nuestra supervisión.

Ing. Oscar Arteaga

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Juan Castro

CODIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. INTRODUCCIÓN A LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS	1
1.2.TIPOS DE CONFIGURACIONES DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO	3
1.2.1.SERIE	3
1.2.2.PARALELO	5
1.2.3.SERIE- PARALELO	6
1.2.4.COMPARACIÓN DE LOS TIPOS DE CONFIGURACIONES	7
1.2.5.VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN EN UN HÍBRIDO	8
1.3.COMPONENTES PRINCIPALES Y FUNCIONES BÁSICAS	9
1.3.1.MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	10
1.3.1.1.CICLO ATKINSON.....	13
1.3.2.MOTO-GENERADORES	15
1.3.2.1.GENERADOR (MG1).....	15
1.3.2.2.MOTOR ELÉCTRICO	15
1.3.3.SISTEMA DE CONTROL DE ENERGÍA.....	16
1.3.3.1.EL INVERSOR CONVERTIDOR	16
1.3.3.2.ELEVADOR DE TENSIÓN.....	19
1.3.3.3.MÓDULO IPM (INTELLIGENT POWER MODULE).....	19

1.3.3.4.CONDENSADORES DEL CIRCUITO INVERSOR	20
1.3.3.5.CONJUNTO DE RESISTENCIAS	21
1.3.3.6.TRANSISTORES IGBT	21
1.3.4.BATERÍA DE ALTA TENSIÓN.....	22
1.3.5.FRENO REGENERATIVO	24
1.4.TRANSEJE HÍBRIDO	26
1.4.1.TREN EPICICLOIDAL.....	25
1.4.2.EXPLICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO	30
1.5.AMORTIGUADOR Y EJE REDUCTOR	34
1.6.DIFERENCIAL, SUSPENSIÓN.....	35
CAPÍTULO 2.....	36
RELACIONES DE TRANSMISIÓN	36
2.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO	36
2.2. ANÁLISIS DEL FLUJO DE FUERZAS.....	37
2.2.1. VEHÍCULO DETENIDO	42
2.2.2. ARRANQUE DEL VEHÍCULO	43
2.2.3. CONDUCCIÓN NORMAL	43
2.2.4. ACELERACIÓN FUERTE	44
2.2.5. DESACELERACIÓN Y FRENO REGENERATIVO.....	45

2.2.6. REVERSA.....	45
2.3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO	46
2.3.1. MOTOR PARADO Y EN CONTACTO	46
2.3.2. MOTOR PARADO CON MOTOR A GASOLINA.....	47
2.3.3. ARRANCANDO CON MOTOR ELÉCTRICO.....	47
2.3.4. RODANDO CON DOS MOTORES	47
2.3.5. CARGANDO LA BATERÍA.....	48
2.3.6. FRENO REGENERATIVO	48
2.3.7. MARCHA ATRÁS	49
2.3.8. NEUTRO.....	49
2.3.9. DIAGRAMA DE ELEMENTOS.....	50
CAPÍTULO 3.....	52
DISEÑO MECÁNICO.....	52
3.1. ENGRANAJES.....	52
3.1.1. CLASIFICACIÓN DE ENGRANAJES	54
3.1.1.1. SEGÚN LA SITUACIÓN RELATIVA DE LOS ÁRBOLES	54
3.1.2. CLASES DE ENGRANAJES.....	55
3.1.3. TRANSMISIÓN MEDIANTE CADENA O CORREA DENTADA.....	56
3.1.4. CLASIFICACIÓN POR LA FORMA DE TRANSMITIR.....	56

3.1.5. CLASIFICACIÓN POR APLICACIONES ESPECIALES	56
3.2. ENGRANAJES INTERIORES.....	57
3.3. PARTES DE UN ENGRANAJE (NOMENCLATURA)	58
3.3.1. CÍRCULO DE PASO.....	59
3.3.2. PASO.....	59
3.3.3. PASO CIRCULAR.....	59
3.3.4. PASO DIAMETRAL	60
3.3.5. MÓDULO	60
3.3.6. CABEZA O ADDENDUM.....	60
3.3.7. RAÍZ O DEDENDUM	61
3.3.8. DIÁMETRO EXTERIOR.....	61
3.3.9. DIÁMETRO DE INTERIOR	61
3.3.10. ESPESOR DE DIENTE.....	61
3.3.11. ESPACIO DE DIENTE	61
3.3.12. ANCHO DE CARA	61
3.3.13. DISTANCIA CENTRAL	61
3.3.14. ÁNGULO DE PRESIÓN.....	62
3.4. TRENES DE ENGRANES	62
3.4.1. RELACIÓN DE VELOCIDAD	63
3.4.2. TRENES EPICICLOIDALES SIMPLES	63

3.4.3. VARIANTES CONSTRUCTIVAS DE TRENES EPICICLOIDALES SIMPLES	64
3.5. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE ENGRANAJES	66
3.6. DESARROLLO DEL CÁLCULO DE ENGRANES.....	66
3.7. ANÁLISIS DE ENGRANAJES.....	71
3.7.1. UNIDADES UTILIZADAS.....	72
3.7.2. PROPIEDADES DEL MATERIAL	73
3.7.3. INFORMACIÓN DE MALLA.....	73
3.7.4. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CORONA.....	74
3.7.4.1. TENSIONES	75
3.7.4.2. DESPLAZAMIENTO	75
3.7.4.3. DEFORMACIONES UNITARIAS	76
3.7.4.4. FACTOR DE SEGURIDAD	76
3.7.4.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO.....	77
3.7.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PLANETARIO	77
3.7.5.1. TENSIONES	78
3.7.5.2. DESPLAZAMIENTOS.....	78
3.7.5.3. DEFORMACIONES UNITARIAS	79
3.7.5.4. FACTOR DE SEGURIDAD	79
3.7.5.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO.....	80

3.7.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS SATÉLITES	80
3.7.6.1. TENSIONES	81
3.7.6.2. DESPLAZAMIENTOS	81
3.7.6.3. DEFORMACIONES UNITARIAS	82
3.7.6.4. FACTOR DE SEGURIDAD	82
3.7.6.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO.....	83
3.8. DISEÑO DE EJES	83
3.8.1. EJES	83
3.8.2. MATERIAL PARA EJES	84
3.8.3. DISEÑO DE EJE.....	84
3.8.4. DISEÑO AXIAL DE LOS COMPONENTES	85
3.8.5. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR UN EJE	86
3.8.6. DISEÑO DEL EJE DEL PROTOTIPO.....	88
3.8.7. LISTA DE DIÁMETROS DE EJES	98
CAPÍTULO 4.....	101
DISEÑO ELECTRÓNICO	101
4.1. EL TACÓMETRO.....	101
4.2. EL MICRO CONTROLADOR.....	101
4.3. EL MICRO CONTROLADOR PIC.....	102

4.4. ARQUITECTURA DEL MICRO CONTROLADOR PIC	102
4.4.1. ARQUITECTURA VON NEUMMAN	103
4.4.2. ARQUITECTURA HARVARD	104
4.5. MEMORIA DE PROGRAMA.....	106
4.5.1. EEPROM	106
4.5.2. MEMORIA DE DATOS.....	107
4.6. EL MICRO CONTROLADOR PIC 16F877A	109
4.6.1. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL PIC 16F877A	109
4.6.2. PINES DE I/O (ENTRADA/SALIDA)	110
4.7. LCD.....	113
4.8. SENSORES.....	115
4.8.1.1. FUNCIONAMIENTO	118
4.8.1.2. DISTANCIA DE SENSADO	120
4.8.1.3. ESTADOS DEL SENSOR INDUCTIVO	121
4.8.1.4. MODELOS DE SENSORES INDUCTIVOS	122
4.9. DISEÑO DEL PROTOTIPO	124
4.9.1.1. PIC 16F877A	124
4.9.1.2. MOTOR ELÉCTRICO 2(MT1).....	124
4.9.1.3. LCD.....	124
4.9.1.4. SINAMICS G110 (VARIADOR DE VELOCIDAD MOTOR2).....	125

4.10. ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS A UTILIZARSE	127
4.11. DISEÑO DEL CIRCUITO	128
4.12. PROGRAMACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR	131
4.13. CIRCUITO TOTAL	137
4.13.1. DISEÑO DE LA PLACA	137
4.14. SIMULACIÓN DE CARGA DE BATERÍAS	137
CAPÍTULO 5	138
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	138
5.1. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	138
5.1.1. EL TORNO.....	138
5.1.2. FRESADORA.....	139
5.1.2.1. OPERACIONES DE FRESADO	140
5.1.2.2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL FRESADO.....	141
5.1.2.3. PARÁMETROS DE CORTE DEL FRESADO	142
5.1.2.4. MECANISMO DIVISOR	142
5.2. CONSTRUCCIÓN Y DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	145
5.2.1. PROCEDIMIENTOS PARA TALLAR ENGRANAJES POR MEDIO DE FRESADO.....	145
5.2.2. ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	150

CAPÍTULO 6.....	157
PRUEBAS DE SIMULACIÓN.....	157
6.1. DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE MANDO	157
6.1.1. PANTALLA DE INFORMACIÓN	158
6.1.2. INDICADOR DE NIVEL DE CARGA DE BATERÍA.....	159
6.1.3. AUMENTO Y DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD	159
6.1.4. BOTÓN DE DETENCIÓN	160
6.1.5. BOTONES DE SELECCIÓN DE MODO DE FUNCIONAMIENTO.....	160
6.1.6. INDICADORES DE VELOCIDAD	160
6.2. MODOS DE FUNCIONAMIENTO.....	161
6.2.1. ARRANQUE.....	161
6.2.2. CONDUCCIÓN NORMAL	163
6.2.3. ACELERACIÓN	164
6.2.4. DESACELERACIÓN.....	165
6.2.5. DETENCIÓN.....	166
6.2.6. MARCHA ATRÁS	167
6.3. DATOS DE FUNCIONAMIENTO.....	168
CAPÍTULO 7.....	170
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	170

7.1. CONCLUSIONES	170
7.2. RECOMENDACIONES	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. 1 Funcionamiento del vehículo híbrido	3
Figura. 1. 2 Configuración en serie	4
Figura. 1. 3 Configuración en paralelo	6
Figura. 1. 4 Configuración serie-paralelo	7
Figura. 1. 5 Funcionamiento de los dos motores en sus distintas configuraciones.....	8
Figura. 1. 6 Componentes del sistema híbrido	10
Figura. 1. 7 Características del motor de combustión interna	11
Figura. 1. 8 Motor de combustión interna	12
Figura. 1. 9 Diagrama del ciclo atkinson	14
Figura. 1. 10 Generador real-vista en sección	15
Figura. 1. 11 Motor eléctrico-vista en sección figura. 1. 12 motor toyota prius	16
Figura. 1. 13 Inversor.....	17
Figura. 1. 14 Partes del inversor	18
Figura. 1. 15 Circuito inversor	19
Figura. 1. 16 Módulo IPM- MITSUBISHI	20
Figura. 1. 17 Transistor igbt	22
Figura. 1. 18 Partes de la batería hv	23
Figura. 1. 19 Batería de alta tensión	23

Figura. 1. 20 Elementos del freno regenerativo	24
Figura. 1. 21 Comparación del freno regenerativo.....	25
Figura. 1. 22 Control cooperativo de frenos regenerativos	25
Figura. 1. 23 Comparación frene regenerativo y freno hidráulico honda civic	26
Figura. 1. 24 Transeje básico del highlander hv / rx400h	27
Figura. 1. 25 Engranaje planetario.....	28
Figura. 1. 26 Esquema del engranaje planetario utilizado en la transmisión	30
Figura. 1. 27 Esquema de componentes del sistema de transmisión	31
Figura. 1. 28 Tren de engranajes.....	33
Figura. 1. 29 Unidad compuesta de engranajes	33
Figura. 1. 30 Amortiguador del transeje	35
Figura. 1. 31 Suspensión prius 2010	36
Figura. 2. 1 Esquema de componentes del sistema de transmisión	38
Figura. 2. 2 Flujo de energía desde los motores hacia el tren de engranajes	39
Figura. 2. 3 Ubicación de los componentes dentro del vehículo	40
Figura. 2. 4 Palanca selectora de cambios	40
Figura. 2. 5 Conjunto de palanca selectora	41
Figura. 2. 6 Palanca de cambios e indicador de posición de cambios	42

Figura. 2. 7 Comportamiento del sistema	42
Figura. 2. 8 Flujo de la energía al arrancar	43
Figura. 2. 9 Flujo de energía en conducción normal	44
Figura. 2. 10 Flujo de energía en aceleración fuerte.....	44
Figura. 2. 11 Flujo de energía en freno regenerativo	45
Figura. 2. 12 Condición de bloqueo y desbloqueo de la posición de estacionamiento.....	46
Figura. 2. 13 Flujo de energía en carga de batería	48
Figura. 2. 14 Flujo de energía en carga de batería 1	49
Figura. 2. 15 Flujo de energía en carga de batería 2	50
Figura. 2. 16 Sistema híbrido, Toyota Prius ZVW30	51
Figura. 3. 1 Engranajes.....	53
Figura. 3. 2 Tipos de engranajes	55
Figura. 3. 3 Tren Epicicloide o Planetario con Engrane Interior o anular ..	58
Figura. 3. 4 Partes de un Engranaje	58
Figura. 3. 5 Forma del diente evolvente a profundidad máxima para distintos ángulos de presión.....	62
Figura. 3. 6 Ángulo de presión en los Dientes de engranajes rectos	62
Figura. 3. 7 Tren epicicloidal simple.....	64
Figura. 3. 8 Diferentes formas constructivas del tren epicicloidal	65

Figura. 3. 9 Tren epicycloidal con 3 satélites	65
Figura. 3. 10 Distancia entre centros	71
Figura. 3. 11 Conjunto diseñado total en 3D.....	72
Figura. 3. 12 Mallado	73
Figura. 3. 13 Estudio Corona-Tensiones	75
Figura. 3. 14 Estudio Corona-Desplazamientos.....	75
Figura. 3. 15 Estudio Corona-Deformaciones unitarias	76
Figura. 3. 16 Estudio Corona-Factor de seguridad	76
Figura. 3. 17 Estudio Planetario-Tensiones	78
Figura. 3. 18 Estudio Planetario-Desplazamientos	78
Figura. 3. 19 Estudio Planetario-Deformaciones unitarias	79
Figura. 3. 20 Estudio Planetario-Factor de seguridad.....	79
Figura. 3. 21 Estudio Satélite-Tensiones	81
Figura. 3. 22 Estudio Satélite-Desplazamientos	81
Figura. 3. 23 Estudio Satélite-Deformaciones unitarias	82
Figura. 3. 24 Estudio Satélite-Factor de seguridad.....	82
Figura. 3. 25 Figura en detalle de un eje	83
Figura. 3. 26 Partes de un eje a diseñar	85
Figura. 3. 27 Forma de distribución longitudinal de componentes	85
Figura. 3. 28 Results of Tensile Tests of Some Metals.....	88

Figura. 3. 29 Resistencia a la fatiga en función de la resistencia a la tensión	89
Figura. 3. 30 Disposición longitudinal de los elementos	90
Figura. 3. 31 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y90	
Figura. 3. 32 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en X92	
Figura. 3. 33 Disposición longitudinal de los elementos	94
Figura. 3. 34 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y95	
Figura. 3. 35 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y96	
Figura. 4. 1 Arquitectura Von Neumann	104
Figura. 4. 2 Arquitectura Harvard.....	106
Figura. 4. 3 Microcontrolador Pic con EEPROM Interna	106
Figura. 4. 4 Memoria de acceso aleatorio RAM	108
Figura. 4. 5 Micro Controlador Pic 16F877A	109
Figura. 4. 6 Designación de Pines del PIC 16F877A	110
Figura. 4. 7 Tipos de módulos LCD	114
Figura. 4. 8 Sensor Inductivo en reposo y trabajo.....	116
Figura. 4. 9 Diagrama de onda senoidal generada por rueda fónica	117
Figura. 4. 10 Campo Magnético generado por una.....	118
Figura. 4. 11 Campo magnético Producida por Corrientes de Foucault	118

Figura. 4. 12 Metal Fuera y Dentro de la Zona de Detección por Parte del Sensor	119
Figura. 4. 13 Distancia de Sensado Vs Tamaño de objeto a Detectar...	121
Figura. 4. 14 Estados del Sensor Inductivo	122
Figura. 4. 15 Motores LAFERT utilizados en el prototipo.....	124
Figura. 4. 16 Regulador de velocidad Sinamics G110	125
Figura. 4. 17 Esquema Simplificado del Regulador de Velocidad SINAMICS	127
Figura. 4. 18 Elementos Eléctricos y Electrónicos a utilizarse, Elementos de Programación del Pic 16F877A	128
Figura. 4. 19 Ensamblaje de Circuito de Control para el sistema Híbrido	128
Figura. 4. 20 Ensamblaje de Elementos	129
Figura. 4. 21 Construcción y ensamblaje del sistema de Potencia e inversión de giro. (Puente H).....	129
Figura. 4. 22 Instalación de Componentes	129
Figura. 4. 23 Quemador serial para PICs y Utilización de Programas Microcode e IC-PROG para programar y Grabar en PIC.....	130
Figura. 4. 24 Programa Microcode e IC.PROG.....	130
Figura. 4. 25 Diagrama de flujo general.....	132
Figura. 4. 26 Diagrama de flujo simulación 1: ARRANQUE.....	133
Figura. 4. 27 Diagrama de flujo Simulación 2: CONDUCCIÓN NORMAL	134
Figura. 4. 28 Diagrama de flujo Simulación 3: ACELERACIÓN.....	135

Figura. 4. 29 Diagrama de flujo Simulación 4: MARCHA ATRÁS	136
Figura. 4. 30 Flujo del Sistema de Frenado Regenerativo	137
Figura. 5. 1 Torno	139
Figura. 5. 2 Cabezal divisor	143
Figura. 5. 3 Dimensionamiento de los engranajes	147
Figura. 5. 4 Elaboración de la corona	147
Figura. 5. 5 Elaboración de la corona – cabezal divisor.....	148
Figura. 5. 6 Tallado de los dientes de la corona 1	149
Figura. 5. 7 Tallado de los dientes de la corona- dientes.....	150
Figura. 5. 8 Vista de la corona con su soporte y chumacera	151
Figura. 5. 9 Vista de la corona con el porta corona.....	151
Figura. 5. 10 Eje principal	152
Figura. 5. 11 Eje planetario y base	152
Figura. 5. 12 Comprobación de Portasatélites	153
Figura. 5. 13 Portasatélites	153
Figura. 5. 14 Montaje de Portasatélites	154
Figura. 5. 15 Nivelación de altura entre elementos.....	154
Figura. 5. 16 Armado de todo el sistema	155
Figura. 5. 17 Centrado de todo el sistema	155
Figura. 5. 18 Todo el sistema en la mesa soporte	156

Figura. 5. 19 Botones y pantallas instaladas	156
Figura. 5. 20 Presentación final	156
Figura. 6. 1 Elementos del tablero de mando	157
Figura. 6. 2 Presentación de la pantalla inicial.....	158
Figura. 6. 3 Información mostrada en la pantalla	159
Figura. 6. 4 Designación de botones	160
Figura. 6. 5 Primera pantalla mostrada.....	161
Figura. 6. 6 Arranque del vehículo	161
Figura. 6. 7 Tablero de control modo de selección 1	162
Figura. 6. 8 Pantalla final del modo 1.....	162
Figura. 6. 9 Conducción normal.....	163
Figura. 6. 10 Tablero de control modo de selección 2	163
Figura. 6. 11 Pantalla al final del modo 2.....	164
Figura. 6. 12 Aceleración del vehículo	164
Figura. 6. 13 Tablero de control modo de selección 3	165
Figura. 6. 14 Desaceleración del vehículo	166
Figura. 6. 15 Parpadeo del indicador de carga de batería	166
Figura. 6. 16 Detención del vehículo.....	166
Figura. 6. 17 Detención de funcionamiento	167
Figura. 6. 18 Marcha atrás del vehículo.....	167

Figura. 6. 19 Marcha atrás 167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. 1 Comparación de las configuraciones de vehículos híbridos	8
Tabla. 1. 2 Reducción media de emisiones. Comparación entre vehículos híbridos y vehículos convencionales.....	9
Tabla. 1. 3 Características principales del motor de combustión interna .	12
Tabla. 1. 4 Relaciones de marcha	28
Tabla. 1. 5 Número de dientes usados en el transeje híbrido	29
Tabla. 3. 1 Posibles configuraciones de engranajes en función de la disposición de los ejes y de la relación de transmisión	56
Tabla. 3. 2 Paso circular estándar	59
Tabla. 3. 3 Pasos diametrales estándar.....	60
Tabla. 3. 4 Fórmulas para el diseño de engranajes	66
Tabla. 3. 5 Sistema de unidades utilizadas.....	72
Tabla. 3. 6 Propiedades del material utilizado	73
Tabla. 3. 7 Propiedades de la malla.....	74
Tabla. 3. 8 Resultados del análisis de la corona.....	74
Tabla. 3. 9 Resultados del análisis del planetario	77
Tabla. 3. 10 Resultados del análisis de los satélites.....	80
Tabla. 3. 11 Diámetros obtenidos	98
Tabla. 3. 12 Diámetros finales del eje.....	99

Tabla. 3. 13 Diámetros obtenidos eje 2	99
Tabla. 3. 14 Diámetros finales para el eje 2.....	99
Tabla.4. 1 Designación de Pines del Pic 16F877A	110
Tabla.4. 2 Caracteres del LCD.....	114
Tabla.4. 3 Asignación de Pines.....	115
Tabla.4. 4 Características de los Modelos de Sensores Inductivos	123
Tabla.4. 5 Datos Técnicos del variador de velocidad SINAMICS G110.	126
Tabla. 6. 1 Tabulación de datos de simulación del prototipo	168

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Planos.

ANEXO 2. Manuales de Equipos Utilizados

ANEXO 3. Catalogo de Rodamientos.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación surge de la falta de un prototipo didáctico que muestre el funcionamiento de vehículos híbridos, haciendo que el entendimiento de este tipo de sistema de transmisión sea más fácil y sencillo. Puesto que, actualmente lo realizan en forma teórica y mediante gráficos solamente.

Por tales razones se decide diseñar y construir un prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido, que permita el aprendizaje de este tipo de transmisión de manera fácil y práctica.

El primer capítulo abarca un estudio generalizado de los vehículos híbridos y sus componentes mecánicos y eléctricos. El segundo capítulo comprende la determinación de las posibles relaciones de transmisión que se encuentran en los vehículos híbridos actuales. El capítulo tres contempla el diseño de los elementos mecánicos constitutivos del prototipo, la selección de elementos normalizados y el dimensionamiento general de los engranajes. En el cuarto capítulo se presenta el diseño electrónico que tiene el prototipo, además de los diagramas de flujo bajo los cuales se va a desarrollar el software que controla al prototipo.

En el capítulo cinco se presenta la construcción de la máquina con sus respectivos procesos, además de las figuras respectivas, el pertinente proceso de montaje.

El capítulo seis contiene las pruebas de funcionamiento del prototipo y la manera de uso del mismo. Finalmente en el sexto y último

capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento del prototipo.

ABSTRACT

The present project for academic qualification comes from a lack of a didactic prototype showing the operation of hybrid vehicles, making the understanding of this type of transmission system easier and simpler. Since, at present is done in theory and by graphics alone.

For these reasons it was decided to design and build a didactic prototype system of a hybrid vehicle, making the learning of this type of transmission easier and practical for other people.

The first chapter comprises a general study of hybrid vehicles and their mechanical and electrical components. The second chapter comprises the identification of possible ratios found in current hybrid vehicles. Chapter three considers the design of mechanical elements constituting the prototype, the selection of standard elements and the overall dimensions of the gears.

In the fourth chapter provides an electronic design that the prototype has, as well as low flow diagrams which will develop the software that controls the prototype.

In chapter five presents the construction of the machine with their respective processes, as well as the respective figures, the relevant assembly process.

Chapter six contains the performance tests of the prototype and how to use. Finally in the sixth and final chapter presents conclusions and recommendations should be considered for the proper functioning of the prototype.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto contempla, el diseño y construcción de un prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido.

La tecnología híbrida es aquella que combina el motor de combustión interna y moto-generadores alimentados por baterías que se recargan mediante el sistema de freno regenerativo, u otros métodos que precisa una mecánica semejante.

En la actualidad, esta clase de vehículos cada vez va teniendo más demanda por los usuarios en general; por este motivo se hace necesario estar actualizado en esta tecnología lo que requiere un conocimiento exhaustivo del funcionamiento del mismo, pero esto no es posible ya que no se dispone de material didáctico necesario para este fin. Este proyecto pretende resolver este problema.

En el desarrollo del trabajo se presenta un estudio del diseño de los diferentes sistemas que conforman el prototipo, seguido de la selección de la alternativa más viable de acuerdo a ciertos factores analizados.

El diseño de la máquina contempla, el dimensionamiento de los elementos mecánicos, sistema electrónico de control, sistema de transmisión de potencia y software para el control de todos los sistemas.

Cabe indicar que esta máquina facilitará el proceso de enseñanza en materia de transmisiones, puesto que presenta un sistema didáctico sencillo de manejar sobre la transmisión de los vehículos híbridos,

además optimiza el tiempo de aprendizaje al tener una guía completa sobre esta clase de vehículos.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN A LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Desde hace varios años se ha visto necesario reducir las emisiones contaminantes que producen los vehículos con motores de combustión interna además de reducir el consumo de combustible de los mismos, es por eso que en estos últimos años varios países han puesto en marcha varias normas en las que obligan a las casas constructoras de vehículos en desarrollar nuevas tecnologías en pos de encontrar energías alternativas que permitan mejorar la impulsión de los automotores y que no dañen el medio ambiente.

Con la aparición de vehículos híbridos en nuestro entorno los usuarios se han visto beneficiados con una serie de bondades de este sistema, en especial con el consumo bajo y ahorro de combustible. Debido a los problemas que siguen teniendo los

vehículos eléctricos, como es la escasa energía específica que actualmente se obtiene de las baterías y su limitación en cuanto a velocidad y autonomía, son los automóviles híbridos los que ofrecen una solución de compromiso más satisfactoria. Además pueden aprovecharse de los desarrollos en el campo de los motores de combustión interna que aún tienen margen de mejora.

Se han llamado “*híbridos*” a los automóviles que utilizan un motor eléctrico, y un motor de combustión interna para realizar su trabajo. A diferencia de los automóviles solo eléctricos, los vehículos híbridos no requieren conectar a una toma de corriente para recargar las baterías, el generador y el sistema de freno regenerativo se encargan de mantener la carga de las mismas. Al utilizar el motor térmico para recargar las baterías, se necesitan menor número de estas por lo que el peso total del vehículo es menor ya que el motor térmico suele ser pequeño.

Tradicionalmente, los motores que han propulsado a los automóviles convencionales han sido sobredimensionados con respecto a lo estrictamente necesario para un uso habitual. Es por eso que a los vehículos híbridos se los equipa con motores capaces de dar una potencia bastante grande, pero que sólo es requerida durante un mínimo tiempo en la vida útil de un vehículo, además son diseñados para funcionar con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería. En algunos híbridos es posible recuperar la energía cinética al frenar, que suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica. Este tipo de frenos se suele llamar “*regenerativos*”.

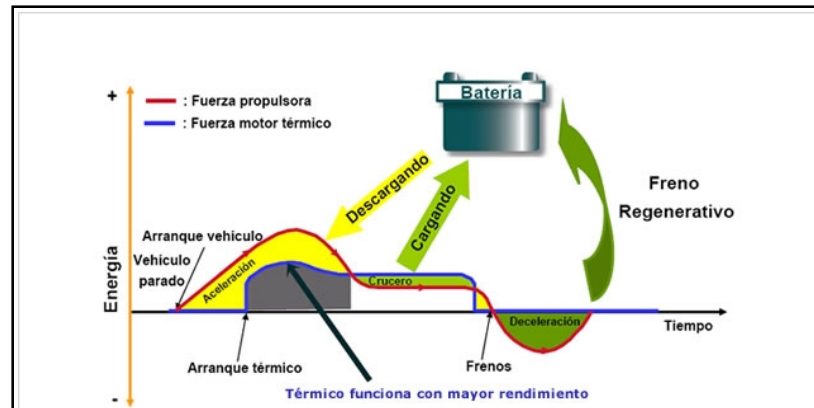


Figura. 1. 1 Funcionamiento del vehículo híbrido¹

1.2. TIPOS DE CONFIGURACIONES DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO

Los híbridos se pueden fabricar en diferentes configuraciones:

Paralelos: tanto la parte eléctrica como la térmica pueden hacer girar las ruedas.

En serie: solo la parte eléctrica da tracción, el motor térmico se utiliza para generar electricidad.

Mixtos: Esta configuración proporciona la posibilidad de propulsar al vehículo enteramente mediante el motor de combustión, enteramente mediante el motor eléctrico o mediante una combinación de ambos motores.

1.2.1. SERIE

En estos vehículos el motor de combustión proporciona movimiento a un generador que o carga las baterías o suministra la potencia directamente al sistema de propulsión (motor eléctrico) y

¹ www.mecanicavirtual.org/hibridos.htm

por lo tanto reduce la demanda a la batería. El dispositivo generador se utiliza principalmente como un amplificador de prestaciones, por lo que en la mayoría de los kilómetros se circula con las baterías. Cuando la duración del viaje excede a las prestaciones de la batería, el dispositivo generador se enciende. Para viajes más largos, el dispositivo generador puede ser conectado automáticamente cuando las baterías alcanzan un nivel predeterminado de descarga.

El motor térmico impulsa un generador eléctrico, normalmente un alterador trifásico, que recarga las baterías, una vez rectificada la corriente, y alimenta al motor o motores eléctricos y estos son los que impulsan al vehículo.

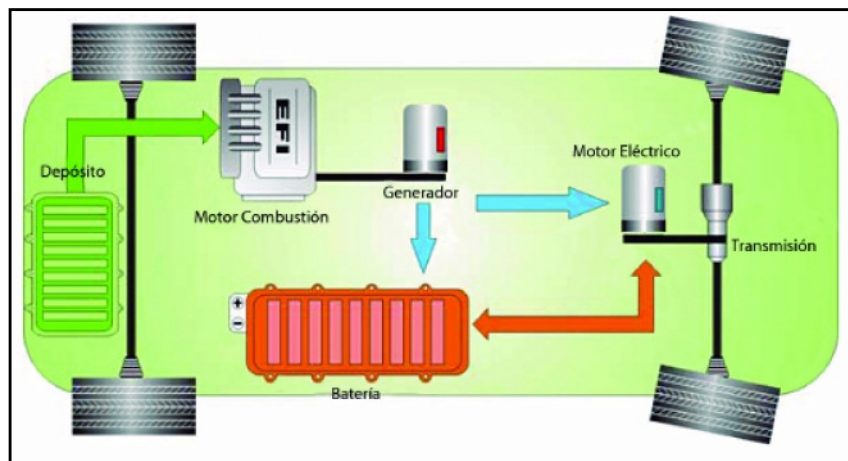


Figura. 1. 2 Configuración en Serie²

Dependiendo del rango de velocidades que se quieran ofrecer el dispositivo generador debe ser mayor o menor. En un principio se propusieron soluciones de bajo rango de velocidades, pero la tendencia hoy en día es la de ir a un rango mayor. Esto implica sistemas de generación muchos mayores. La batería se dimensiona en función de los picos de demanda. Así, a altas velocidades, sólo parte de la energía proviene de las baterías, siendo éstas las que

² Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia, pág. 6

suministran la potencia necesaria para aceleraciones y adelantamientos. A velocidad de crucero, la potencia generada en exceso se utiliza para recargar las baterías. Este sistema resulta eficiente si el 80% de los kilómetros recorridos son alimentados por la energía de las baterías que se han recargado desde la red. En caso contrario es difícil la justificación de este tipo de propulsión híbrida ya que la energía eléctrica de las baterías proviene en realidad de la combustión del motor térmico.

La principal ventaja que ofrece este diseño frente al de en "paralelo" es la de un diseño mecánico simple. Se dispone de un motor térmico diseñado y optimizado para trabajar siempre en el mismo régimen de revoluciones.

1.2.2. PARALELO

Este tipo de vehículo utiliza dos sistemas de tracción en paralelo. Según esta configuración ambos proveen de potencia a las ruedas de modo que los dos sistemas pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente para obtener una potencia máxima. Aunque mecánicamente más complejo, este método evita las pérdidas inherentes a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en los híbridos en serie. Además como los picos de demanda de potencia le corresponden al motor de combustión interna, las baterías pueden ser mucho menores.

El motor a gasolina entra en funcionamiento cuando el vehículo necesita más energía. Y al detenerse, el híbrido aprovecha la energía normalmente empleada en frenar para recargar su propia batería (frenado regenerativo).

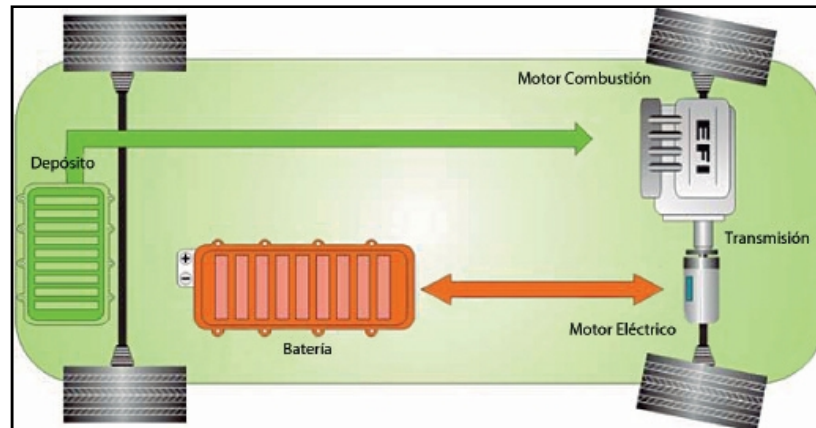


Figura. 1. 3 Configuración en Paralelo³

Como los patrones de uso de los automóviles tienden a viajes cortos y frecuentes, un híbrido en paralelo trabajará la mayor parte del tiempo sólo con motor eléctrico (este funcionamiento sería el ideal, aunque la realidad demuestra que actualmente las baterías de los híbridos tienen muy poca autonomía y por lo tanto estos vehículos funcionan mayormente impulsados por el motor térmico).

Dentro de los vehículos híbridos "paralelos" podemos distinguir dos arquitecturas: los que usan un generador independiente para cargar las baterías, o los que aprovechan el motor eléctrico para funcionar también como generador. Con generador independiente: su inconveniente es que tiene más componentes, el generador, el convertidor de corriente alterna a corriente continua y la transmisión entre el motor térmico y el generador por lo que será más pesado y caro. Sin embargo tiene la ventaja que el generador al estar diseñado para funcionar sólo como generador, será más eficiente que el motor funcionando como generador. Usando el motor eléctrico como generador: se disminuye el número de componentes, pero puede disminuir el rendimiento.

³ Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia, pág. 7

1.2.3. SERIE- PARALELO

Este sistema combina las configuraciones serie y paralelo para aumentar al máximo los beneficios de ambos sistemas. Tiene dos motores, y dependiendo de las condiciones de manejo, usa sólo el motor eléctrico o el poder de ambos para lograr el nivel de eficacia más alto. Además, si es necesario, el sistema maneja las ruedas mientras simultáneamente se usa el generador de electricidad.

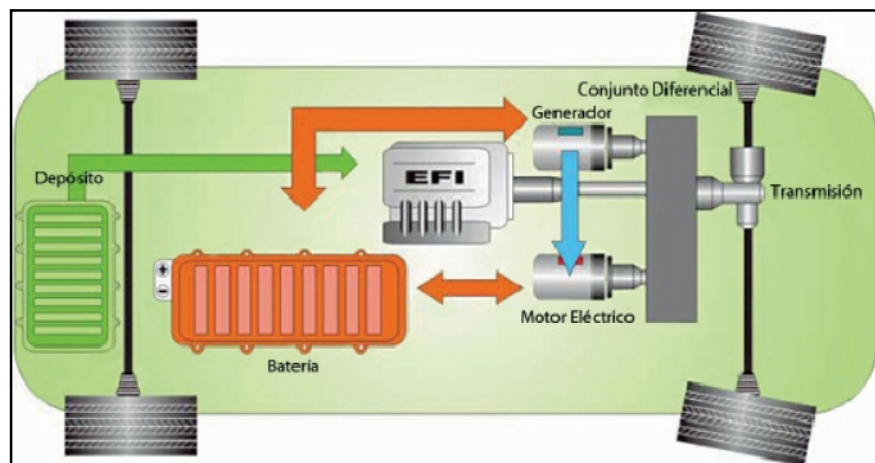


Figura. 1. 4 Configuración Serie-Paralelo⁴

1.2.4. COMPARACIÓN DE LOS TIPOS DE CONFIGURACIONES

El vehículo híbrido paralelo con generador independiente también se le clasifica como vehículo híbrido "paralelo-serie". Esta configuración combina las ventajas de ambos sistemas y es la más utilizada por los fabricantes de automóviles.

⁴ Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia, pág. 8

Tabla. 1. 1 Comparación de las configuraciones de vehículos híbridos⁵

❖ Excelente • Superior ○ Algo desfavorable	Reducción de consumo de combustible				Performance de conducción	
	Idling stop	Recuperación de energía	Control de operación de alta eficiencia	Eficiencia total	Aceleración	Alta potencia continua
SERIE	•	❖	•	•	○	○
PARALELO	•	•	○	•	•	○
SERIE-PARALELO	❖	❖	❖	❖	•	•

Los tiempos de funcionamiento del motor eléctrico (motor) y del motor térmico (*engine*) se reparten en distinta proporción dependiendo de la configuración del vehículo híbrido. Para verlo más claro tenemos la figura 1.5 donde se ve que en el híbrido "serie" los tiempos de funcionamiento se reparten por igual al 50%, en el híbrido "paralelo" sin embargo funciona mucho mas el motor térmico, en el híbrido "paralelo/serie" funciona más tiempo el motor eléctrico.

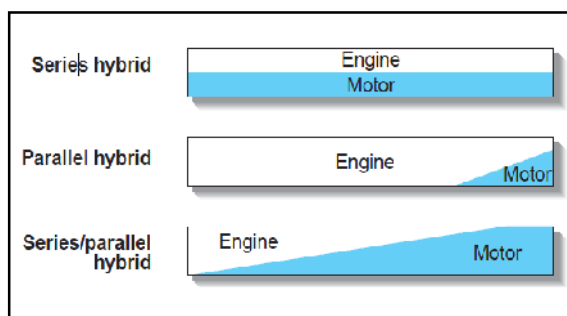


Figura. 1. 5 Funcionamiento de los dos motores en sus distintas configuraciones⁶

⁵ Toyota hybrid system THSII, pág. 3

⁶ Toyota hybrid system THSII, pág. 4

1.2.5. VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN EN UN HÍBRIDO

- Esta tecnología ha permitido conseguir que el consumo de combustible sea de un 20% hasta un 60% menor que en vehículos comparables de tipo convencional.
- Se maximiza el rendimiento del uso del combustible, pues los motores de combustión interna para híbridos son fabricados pensando en el mayor rendimiento de un litro de combustible.
- Reducción de emisión de gases dañinos para el medio ambiente y los seres vivos.
- Disminución en el consumo de combustibles fósiles.

Tabla. 1. 2 Reducción media de emisiones. Comparación entre vehículos híbridos y vehículos convencionales⁷

Emisiones	Híbrido	Gasolina		Diesel	
		Euro IV	% reducción	Euro IV	% reducción
NOx	0,01	0,08	87,5	0,25	96
CO	0,18	1,0	82	0,50	64
HC	0,02	0,10	80	0,05	60
PM	---	---	---	25	100
CO2	104	165	37	146	29

Porcentaje de reducción de emisiones de un vehículo híbrido (Toyota Prius) respecto a uno que cumpla la normativa EURO IV. Dato CO2: Valores medios vehículos nuevos 2004. Datos en g/km excepto para PM que se indican en mg/km.

1.3. COMPONENTES PRINCIPALES Y FUNCIONES BÁSICAS

Para que un vehículo híbrido llegue a cumplir los objetivos de reducción de consumo de combustible y bajas emisiones de productos contaminantes, este debe tener varios componentes que

⁷ Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia, pág. 10

funcionen correctamente. Estos componentes y sistemas son explicados a continuación.

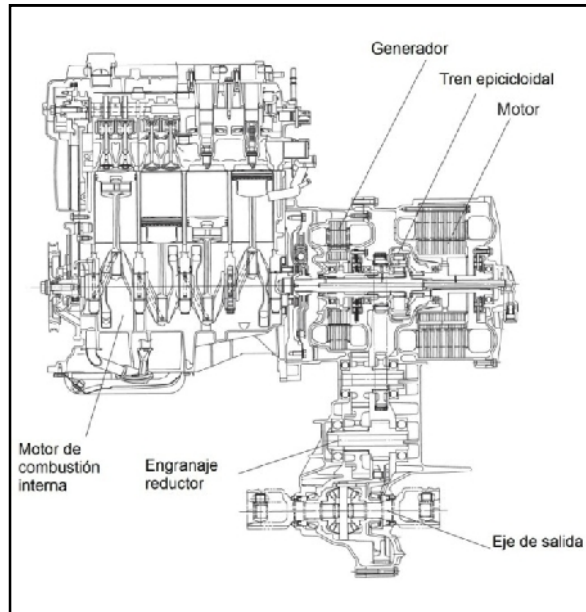


Figura. 1. 6 Componentes del sistema híbrido⁸

1.3.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 CV de potencia máxima. Esta potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad.

El hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad, sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si se emplea mayoritariamente en

⁸ Toyota hybrid system THSII, pág. 21

ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 CV.

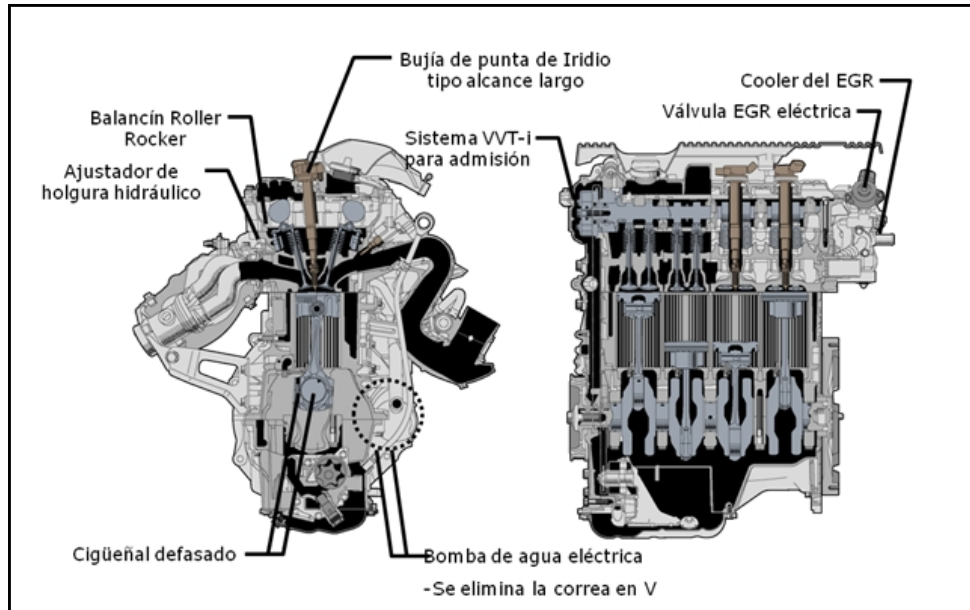


Figura. 1. 7 Características del motor de combustión interna

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a la que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 CV cuando da sólo 20CV es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 CV. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina.

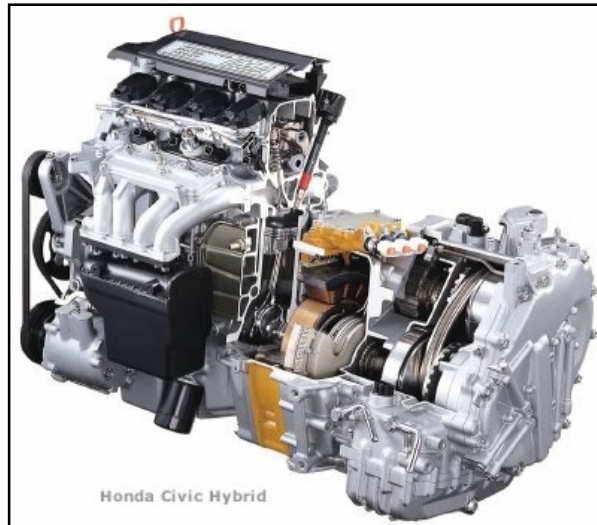


Figura. 1. 8 Motor de combustión interna⁹

En la siguiente tabla se muestra las principales características del motor de combustión interna, donde podemos encontrar el tipo de cámara de combustión, sistema de enfriamiento, sistemas de alimentación, sistemas de control de emisiones y demás componentes que conjuntamente hacen que el motor realice un desempeño óptimo.

Tabla. 1. 3 Características principales del motor de combustión interna¹⁰

Sistema	Ítem
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo Atkinson de alta expansión se adopta • Usa bloque de cilindros de aluminio • Usa cigüeñal defasado • Usa Spiny Liners • Usa cámara de combustión tipo “taper squish” • La falda de cada cilindro tiene una capa de resina • Usa anillos de pistón de baja fricción

⁹ www.mecanicavirtual.org/hibridos-honda.htm

¹⁰ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

Mecanismo de válvulas	<ul style="list-style-type: none"> • Usa VVT-i (Tiempo de válvula variable inteligente) • Usa ajustadores de holgura hidráulicos • Usa balancines Roller rocker • Usa cadena de tiempo con tensionador
Sistema de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> • Usa filtro de aceite con elemento tipo reemplazable
Sistema de enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Usa bomba eléctrica de agua
Sistema de admisión y escape	<ul style="list-style-type: none"> • Usa múltiple de admisión de plástico • Usa cuerpo de obturador tipo sin cable • Usa válvula EGR tipo motor DC • Usa un cooler de EGR tipo enfriador con agua • Usa múltiple de escape tipo acero inoxidable • Usa 2 TWCs (Catalizadores tres vías) • Usa sistema de control de escape de 2-vías • Usa sistema de recirculación del calor del escape
Sistema de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Usa sistema de combustible sin retorno • Usa inyectores tipo 12-orificios • Usa “conectores rápidos”
Sistema de ignición	<ul style="list-style-type: none"> • Usa DIS (Sistema de inyección directa) • Usa bujía de punta de Iridio tipo alcance largo
Sistema de control de emisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Usa control EGR (Recirculación de Gases de Escape) • Usa sistema de control de emisiones evaporativos
Sistema de control de motor	<ul style="list-style-type: none"> • Usa sensores de VVT tipo MRE (Elemento de resistencia magnética) • Usa ETCS-i (Sistema eléctrico de control de obturador inteligente) • Usa sensor de golpeteo tipo flat

1.3.1.1. CICLO ATKINSON

El motor térmico funciona según el llamado "ciclo Atkinson", ideado por el ingeniero inglés James Atkinson (1887), y que se diferencia ligeramente del tradicional motor de "ciclo Otto" de cuatro tiempos. El rendimiento termodinámico de cualquier motor de combustión interna se ve favorecido por un alto valor de la relación

de compresión, que a su vez tiene el inconveniente de la tendencia que posee la gasolina a producir detonación para altas relaciones de compresión.

El ciclo Atkinson trata de aprovechar las ventajas que supone una alta relación de compresión reduciendo la duración efectiva de la carrera de compresión con respecto a la de expansión del tradicional ciclo Otto. La forma más viable y sencilla de conseguir esto es retrasar el cierre de la válvula de admisión, permitiendo un cierto reflujó de gases hacia el colector de admisión mientras el pistón asciende. Esa mezcla se aprovecha en el siguiente ciclo de aspiración. El cierre de la válvula determina la cantidad de gases que permanecen en el interior del cilindro y el comienzo de la compresión. La menor cantidad de mezcla retenida se traduce en unas menores prestaciones, pero autoriza a usar relaciones de compresión altas (13:1) sin que se produzca detonación, lo que permite un mayor aprovechamiento de la energía liberada en la combustión durante la carrera de expansión. Este ciclo ha sido en ocasiones denominado como «de cinco tiempos»: admisión, reflujó de gases, compresión, expansión y escape.

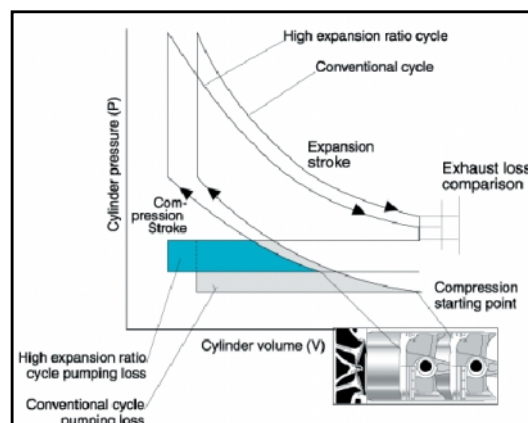


Figura. 1. 9 Diagrama del ciclo Atkinson¹¹

¹¹ www.c4atreros.com/asuntos-generales/mecanica-9997/ciclos-atkinson-y-miller-4863922.html

1.3.2. MOTO-GENERADORES

En este sistema se encuentra dos Moto generadores Trifásicos que trabajan en una tensión máxima aproximada de 500 VCA, cada uno de estos motores cumple con una función específica y son denominados como MG1 y MG2.

1.3.2.1. GENERADOR (MG1)

El generador es el elemento que transforma en electricidad el trabajo del motor térmico, sirve además para recargar la batería y proporcionar energía eléctrica adicional bajo aceleración fuerte.

Funciona también como motor de arranque del motor de combustión. Es de corriente alterna síncrono y —como máximo— gira al doble de régimen que el motor térmico. Este motor no se despliega en el monitoreo del híbrido pero siempre está en operación.

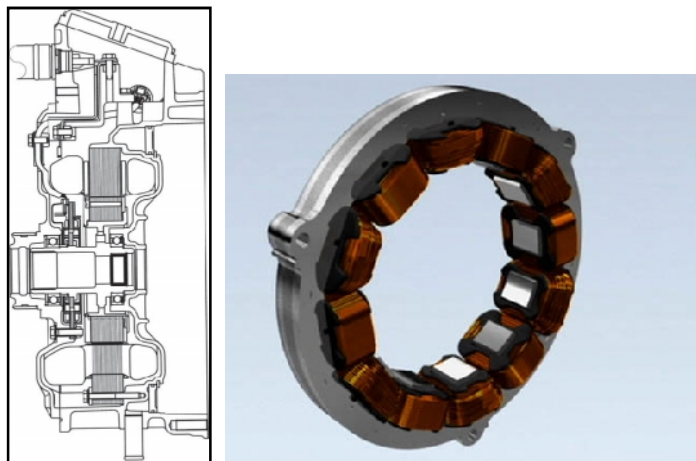


Figura. 1. 10 Generador real-vista en sección¹²

¹² Toyota hybrid system THSII, pág. 7

1.3.2.2. MOTOR ELÉCTRICO

Es un motor síncrono de imanes permanentes de neodimio. Impulsa el auto por si solo en momentos cuando es más eficiente (largada, aceleración suave y frenado) Igual sirve como complemento del motor de combustión. Funciona a 500 V y puede dar 50 kW entre 1.200 y 1.540 rpm. Su par máximo es 400 Nm hasta 1.200 r.p.m. Dado el desarrollo de transmisión que tiene el coche y su velocidad máxima (170 km/h), el régimen máximo del motor eléctrico es unas 6.150 r.p.m.

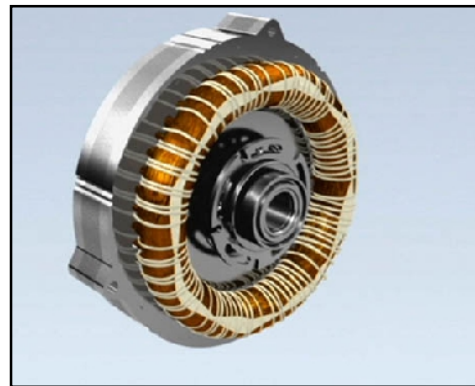
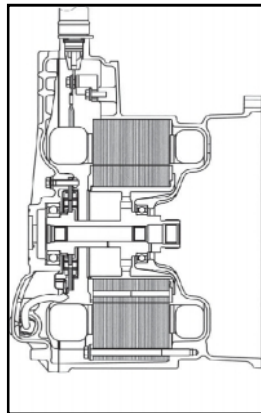


Figura. 1. 11 Motor eléctrico-vista en sección¹³ Figura. 1. 12 Motor Toyota Prius¹⁴

1.3.3. SISTEMA DE CONTROL DE ENERGÍA

La unidad de control de energía contiene un inversor que convierte el voltaje DC que viene de la batería en un voltaje AC para hacer funcionar el motor eléctrico además de convertir de DC a DC. Además posee la batería híbrida y el freno regenerativo que son responsables de mantener un óptimo desempeño eléctrico del vehículo. Estos elementos son descritos a continuación.

¹³ Toyota hybrid system THSII, pág. 6

¹⁴ Fuente del autor

1.3.3.1. EL INVERSOR CONVERTIDOR

Este componente es parte fundamental del vehículo híbrido, incorpora gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido quien es encargada de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico el mismo.



Figura. 1. 13 Inversor¹⁵

El conjunto inversor tiene cuatro funciones específicas controlada en todo momento por la unidad de control establecida del sistema híbrido dentro de estas funciones encuentran.

- Elevar la tensión de 220V aproximadamente a una tensión de 500 VDC aproximadamente esto lo logran con un circuito amplificador.
- Con la tensión de 500VDC y usando la electrónica de potencia generar una corriente alterna en tres fases para conseguir el movimiento de MG1 y MG2 de forma independiente, dentro del inversor se consigue la etapa de potencia pero el control está a cargo de la unidad de control del sistema HV.
- Permitir invertir la situación de operación del MG1 y MG2 logrando por momentos convertirlos en generadores y llevando esta carga hasta la batería de alta tensión.

¹⁵ Toyota hybrid system THSII, pág. 8

- Utilizando la tensión de la batería de alta tensión, generar una corriente alterna en tres fases, que sean capaz de mover un motor eléctrico que opera el sistema compresor para el Aire acondicionado.
- Permitir la carga de la batería de 12V utilizando como fuente la carga de alta tensión de la batería de alta, para esto utiliza un circuito conversor DC/DC incorporando en el mismo conjunto del inversor toda la gestión es dada por la unidad de control electrónico del sistema híbrido.

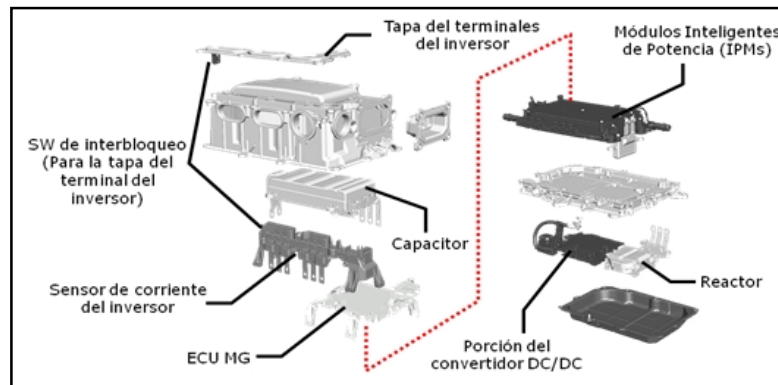


Figura. 1. 14 Partes del inversor¹⁶

Dadas las condiciones normales de operaciones en el vehículo este elemento requiere evacuar calor, para esto cuenta con un sistema independiente de refrigeración por agua con una bomba eléctrica adicional, todo esto para permitir que la electrónica cuente con la seguridad necesaria para su óptimo desempeño.

En el análisis del circuito electrónico en el interior del inversor, se encuentra el sistema en dos partes, una encargada de manejar los Moto generadores y otra que maneja el motor del aire acondicionado y el conversor DC-DC.

¹⁶ Toyota, Manual técnico de servicio 2010

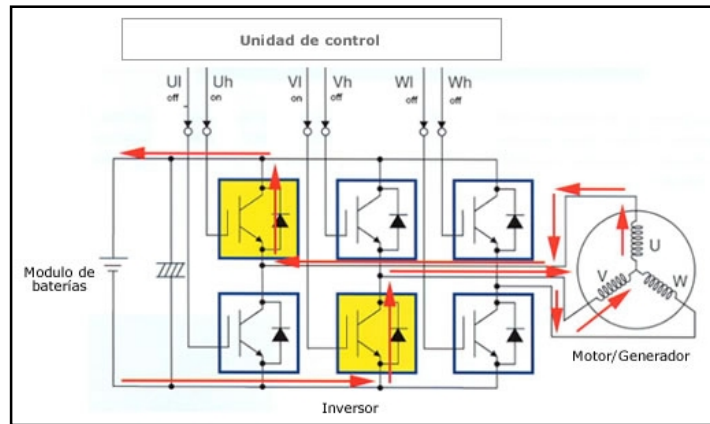


Figura. 1. 15 Circuito Inversor¹⁷

1.3.3.2. ELEVADOR DE TENSIÓN

El elevador de tensión es la clave del mecanismo inversor, está compuesto por un reactor y un módulo denominado IPM que en su interior contiene un par de transistores IGBT, los cuales son accionados de forma muy precisa para cumplir funciones muy específicas.

- Crear con el reactor una fuente switch que eleve la tensión y siga a la parte de control de los moto-generadores.
- Permitir el paso de tensión hacia la batería en el momento en que los Moto Generadores trabajen como generadores.

El módulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este módulo a la salida de 500V cuenta con un circuito RC (resistencia condensador), genera estabilidad y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías.

¹⁷ www.mecanicavirtual.org/hibridos-honda.htm

1.3.3.3. MÓDULO IPM (intelligent Power Module)

Este módulo presenta la función de generar la conmutación a masa del reactor, para ello utiliza transistores con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), los cuales cuentan con una serie de características electrónicas que le permiten conmutar a altas frecuencias y cargas elevadas, en este caso todo se encuentra en un Módulo de marca Mitsubishi.

Este módulo tiene las siguientes características:

- Completar la salida de poder
- Protección lógica del circuito

Algunas de las aplicaciones del IPM son:

- Inversores
- UPS
- Servo control
- Fuentes de poder

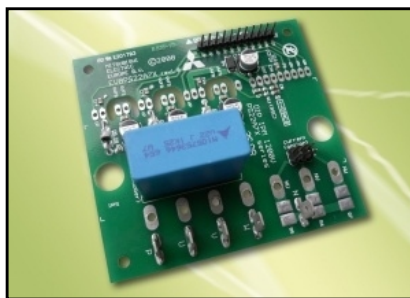


Figura. 1. 16 Módulo IPM- Mitsubishi¹⁸

¹⁸ www.engineerlive.com/Electronics-Engineer/Power_Supply/Dedicated_evaluation_board_for_intelligent_power_modules_/21494/

1.3.3.4. CONDENSADORES DEL CIRCUITO INVERSOR

En la etapa de potencia tanto de elevación de tensión como de manipulación de motores MG1 Y MG2 y recarga de la batería de alta tensión, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete sellado muy estable y de un manejo importante de potencia y disipación.

1.3.3.5. CONJUNTO DE RESISTENCIAS

Dentro del circuito inversor existe un conjunto de resistencias que hacen parte del circuito RC, en este caso es muy importante la utilización de las mismas, puesto que si no se encuentran ubicadas podría permanecer por mucho tiempo cargado el circuito después de una condición OFF del vehículo y esto colocaría en riesgo el sistema en algunas condiciones.

1.3.3.6. TRANSISTORES IGBT

Es un componente utilizado cada vez más en aplicaciones automotrices en el cual la conmutación de altas corrientes es un requisito importante, este tipo de transistores aprovechan la ventaja de un transistor MOSFET y un transistor BJT bipolar. En el caso de la excitación de este transistor se utiliza una compuerta aislada tipo MOSFET con lo cual se controla la conmutación por voltaje y no por corriente llevando esto mucha eficiencia a la llave electrónica.

En el caso de la llave electrónica se usa un transistor BIPOLAR con lo que se gana conmutación sin el valor de resistencia descritos en los transistores MOSFET, este valor de resistencia presentaría un aumento en la caída de tensión a medida que aumente la corriente, mientras que en un bipolar la caída de tensión es constante

independiente de cuanta corriente conmute así que se vuelve en una unión perfecta de dos tipos de transistores en un solo encapsulado.

Como se trata de una activación por medio de un MOSFET se tendrá excitación en la base, y como se tiene un bipolar en la llave electrónica ahí se tendrá colector para la fuente y emisor para el circuito a conmutar, como se muestra en la figura 1.16

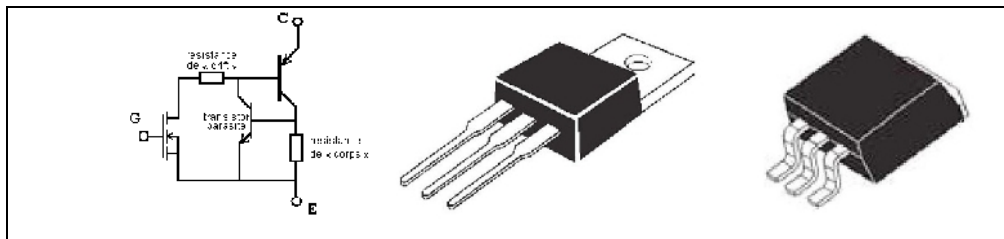


Figura. 1. 17 Transistor IGBT¹⁹

1.3.4. BATERÍA DE ALTA TENSION

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en momentos los moto-generadores sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada de alta tensión o híbrida, la cual en carga nominal debe tener un mínimo de 201,6 V.

Todo este paquete suministra tensión al conjunto inversor y recibe carga de este en condiciones específicas como accionamiento de MG1 o mediante MG2 en el llamado freno regenerativo.

¹⁹ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:IGBT_equivalent_circuit_fr.gif

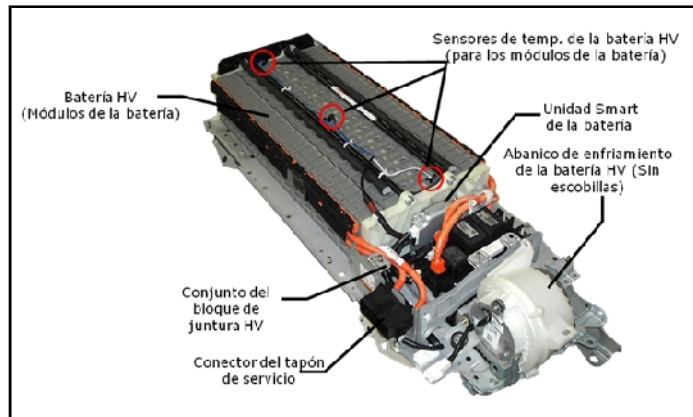


Figura. 1. 18 Partes de la batería HV²⁰

La batería de alta tensión es de níquel e hidruro metálico, esta batería sólo se recarga con el generador, al que impulsa el motor térmico. No tiene ningún tipo de conexión para conectarla a una red o a otro dispositivo de carga.

Para seguridad del vehículo y procedimientos de reparación y diagnóstico el circuito interno de la batería está dividido en dos a través de un Jumper de seguridad, si éste abre el circuito la tensión no llega al inversor y el vehículo no se moverá.

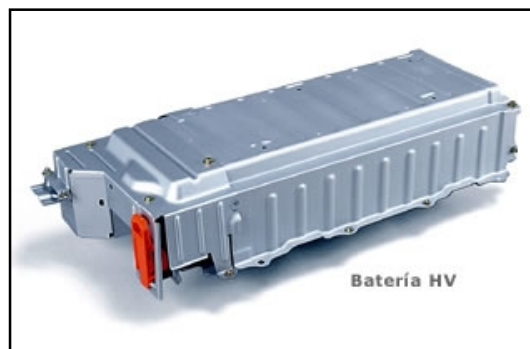


Figura. 1. 19 Batería de alta tensión²¹

²⁰ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

²¹ www.mecanicavirtual.org/hibridos-prius.htm

1.3.5. FRENO REGENERATIVO

El sistema de frenado regenerativo funciona cuando queremos disminuir la velocidad del vehículo, utilizando el motor térmico como freno o bien pisando el pedal de freno. En esta situación el motor eléctrico funciona como un generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargar las baterías. Este sistema es particularmente efectivo en recobrar energía cuando se circula por ciudad, donde se producen aceleraciones y deceleraciones frecuentes.

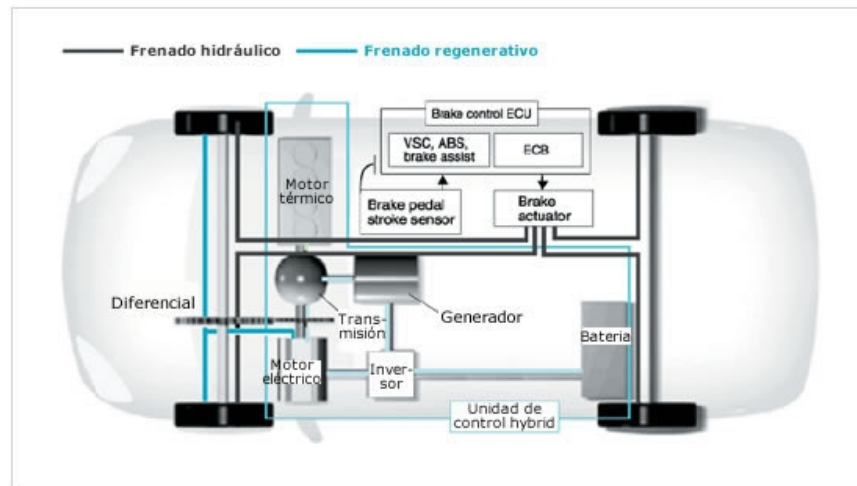


Figura. 1. 20 Elementos del freno regenerativo

Cuando se pisa el pedal de freno, el sistema controla la coordinación entre el freno hidráulico del ECB (Electronic Control Braking) y el freno regenerativo y preferentemente usa el freno regenerativo, por consiguiente recobrando energía aun en las velocidades inferiores del vehículo. Con este sistema se consigue una regeneración de energía muy eficiente. En la gráfica inferior se ve como se ha mejorado el sistema de frenado regenerativo en el THS II con respecto a la versión inicial (THS).

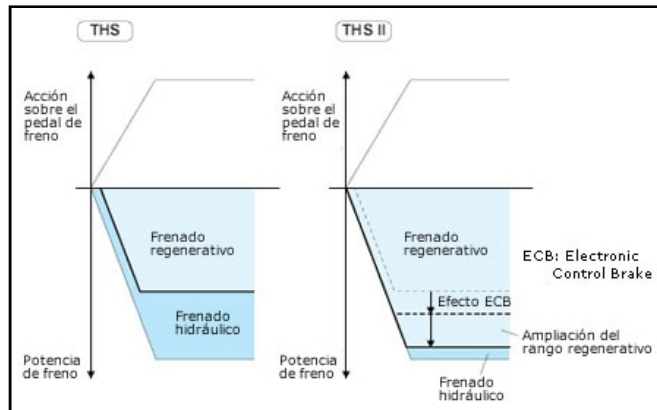


Figura. 1. 21 Comparación del freno regenerativo²²

Las pérdidas por rozamiento en la transmisión son mínimas ya que el movimiento de las ruedas se transmite a través del diferencial y los engranajes intermedios al motor eléctrico que se convierte en este caso en generador. El sistema de frenado regenerativo consigue recuperar un 65% de la energía eléctrica que carga las baterías.

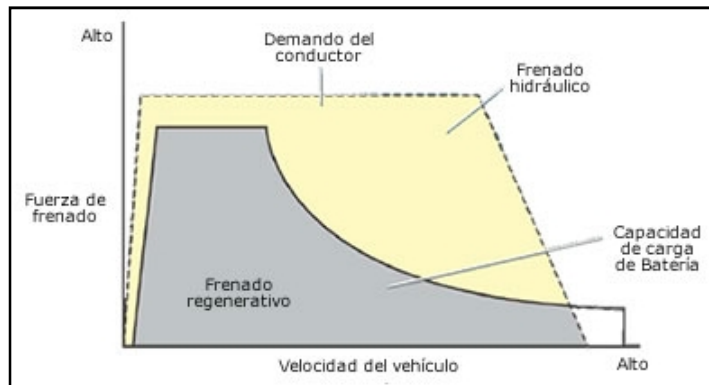


Figura. 1. 22 Control cooperativo de frenos regenerativos²³

²² www.mecanicavirtual.org/hibridos-prius.htm

²³ www.mecanicavirtual.org/hibridos-prius.htm

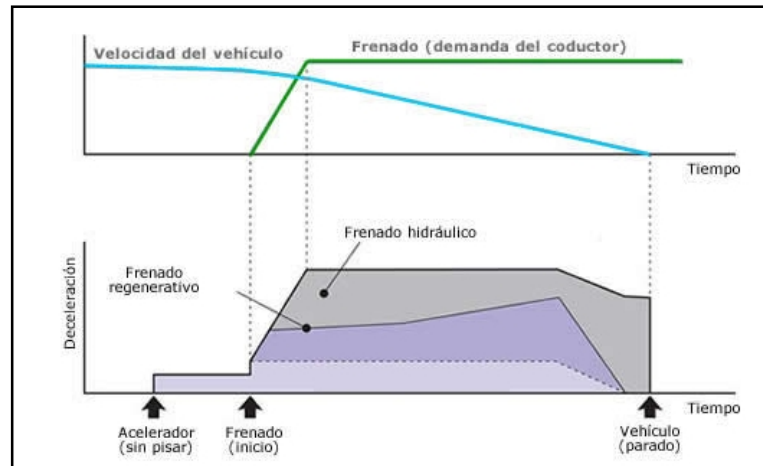


Figura. 1. 23 Comparación freno regenerativo y freno hidráulico Honda Civic²⁴

1.4. TRANSEJE HÍBRIDO

En un sistema híbrido para que llegue a funcionar correctamente necesita primero cumplir varias condiciones que están establecidas en la ECU, esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa, así el motor de combustión interna y los dos moto generadores están unidos por un solo elemento llamado engranaje planetario el cual nos permite unir la potencia de cada uno de los motores.

No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento.

El transeje híbrido consiste principalmente en los siguientes componentes:

²⁴ www.mecanicavirtual.org/hibridos-prius.htm

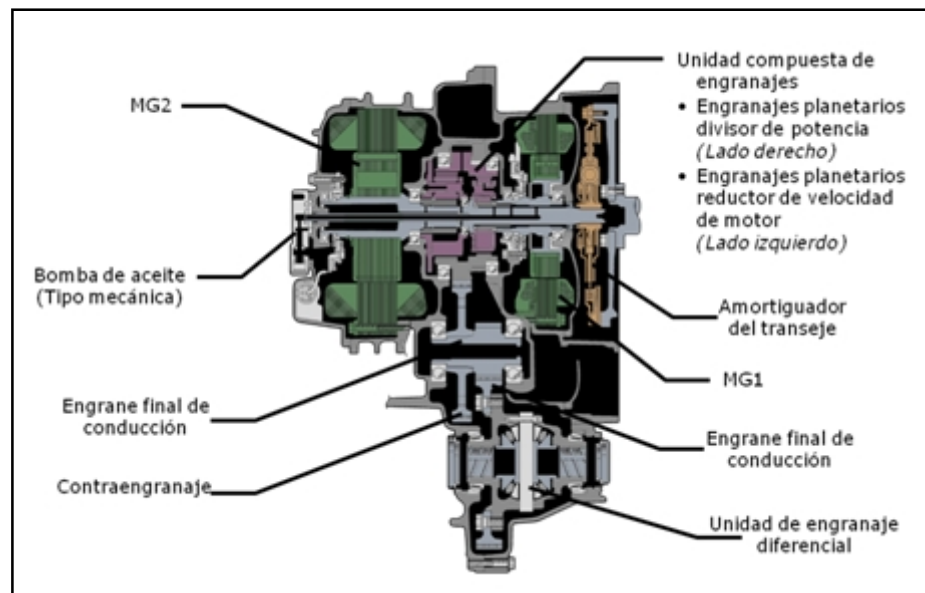


Figura. 1. 24 Transeje básico del HIGHLANDER HV / RX400h²⁵

1.4.1. TREN EPICICLOIDAL

Los trenes epicicloidales son aquellos trenes de engranajes en los cuales alguna rueda gira en torno a un eje que no es fijo, sino que gira en el espacio. Al portasatélites (3) que gira se le llama portasatélites. A la rueda (4) que gira alrededor de dicho eje se la denomina satélite. El sistema, de esta manera, tiene dos grados de libertad que se restringen a uno haciendo girar al satélite alrededor de una rueda fija o central (2) llamada planetario. En el caso de los trenes epicicloidales, también cabe hablar de trenes recurrentes o no recurrentes, según que los ejes de entrada y salida sean o no coaxiales.

²⁵ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

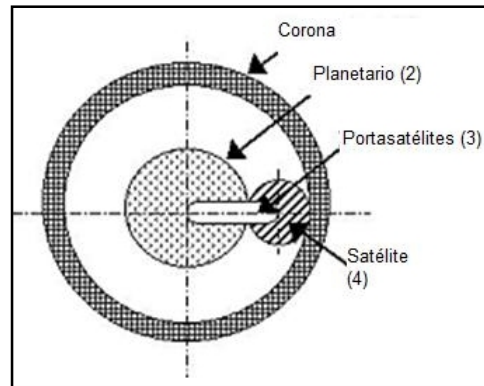


Figura. 1. 25 Engranaje planetario²⁶

Este mecanismo ofrece tres movimientos de giro concéntrico. Sin embargo en una caja de velocidades los ejes de entrada y salida son únicos, por lo que uno de los tres giros parece redundante, de hecho las tres relaciones de marcha se obtendrán eliminando ese giro redundante de diferentes maneras mediante frenos y embragues.

En la siguiente tabla veremos cómo se obtienen las diferentes marchas.

Tabla. 1. 4 Relaciones de marcha²⁷

Elemento fijo	Entrada	Salida	Relación de giro
Portasatélites (PS)	Planetario (p)	Corona (C)	$r = -\frac{R_p}{R_C}$
Corona (C)	Planetario(p)	Portasatélites(PS)	$r = \frac{R_p}{2R_{PS}}$
Planetario (p)	Corona (C)	Portasatélites(PS)	$r = \frac{R_C}{2R_{PS}}$

²⁶ Cálculo de engranajes de dientes inclinados o helicoidales, artículo científico

²⁷ Fuente del autor.

Se observa que detener el porta satélites supone una inversión de giro, efecto que se puede aprovechar en la marcha atrás. Por otra parte, para conseguir una reducción unidad o transmisión directa basta impedir el movimiento relativo de todos los elementos y comunicar el giro al piñón planetario, ya que así el conjunto gira solidariamente.

En la siguiente tabla podemos ver el número de dientes que poseen dos modelos de vehículos híbridos de la compañía Toyota, ahí podemos encontrar las diferentes relaciones de transmisión con ayuda de la tabla anterior.

Tabla. 1. 5 Número de dientes usados en el transeje híbrido²⁸

Tipo de Transeje		P410 (Nuevo Prius)	P310 (HIGH- LANDER HV)	P310 (RX400h)	
Patrón de cambios		P-R-N-D-B	←	←	
Relación total de reducción de velocidad		3.267	3.137	3.542*2 / ←*3	
Unidad compuesta de engranajes	Engranajes planetarios divisor de potencia	No. de dientes de corona	78	←	
		No. de dientes de piñón	23	←	
		No. de dientes de solar	30	←	
	Engranajes planetarios reductor de velocidad de motor	No. de dientes de corona	58	57	←
		No. de dientes de piñón	18	←	←
		No. de dientes de solar	22	23	←
	Contraengranaje	No. de dientes del manejador	54	←	←
		No. de dientes del manejado	55	←	←
	Engranaje final	No. de dientes del manejador	24	23	23*2 / 25*3
		No. de dientes del manejado	77	80	←*2 / 77*3
Fluido	Tipo	ATF WS	←	←	
	Capacidad [L (US qts, Imp. qts)]	3.3 (3.5, 2.9)	3.9 (4.1, 3.4)	4.2 (4.4, 3.7)	
Peso (Referencia)*¹ [kg (lb)]		92 (203)	116 (256)	117 (258)	

²⁸ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

1.4.2. EXPLICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO

Dado que el motor funciona siempre casi a plena carga y con un margen de revoluciones no muy amplio, hacía falta algo para que (en esas condiciones) valiera igual para arrancar en marcha lenta y para ir a gran velocidad. Ese algo es el engranaje planetario, que tiene tres elementos:

- Planeta o engranaje central
- Satélites que giran alrededor de él
- Corona con un dentado interior a la cual también están engranados los satélites.

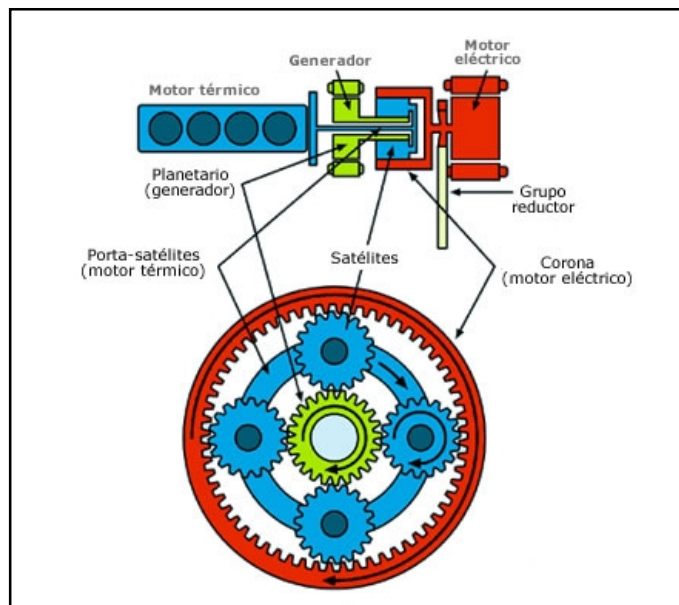


Figura. 1. 26 Esquema del engranaje planetario utilizado en la transmisión²⁹

Si el motor de combustión se mueve no necesariamente existe movimiento en las ruedas puesto que al moverse el motor de combustión, y estar frenado la corona que esta solidaria a MG2 la

²⁹ Hybrid.pdf, Aldo Mendieta

única posibilidad de movimiento es para MG1. Es decir si el eje de salida es bloqueado (posición de parqueo) y el motor de combustión está funcionando, necesariamente tiene que moverse MG1 cargando así las baterías.

La misma situación anterior se puede analizar, pero suponiendo en este caso que el motor de combustión está apagado y el automóvil detenido en parqueo, la única forma de hacer girar el motor de combustión es que se accione MG1, en ese momento al accionarse y estar frenado la corona, la única posibilidad es que el conjunto de portasatélites se muevan y como están conectados directamente al motor de combustión este tendrá que mover y así arrancar.

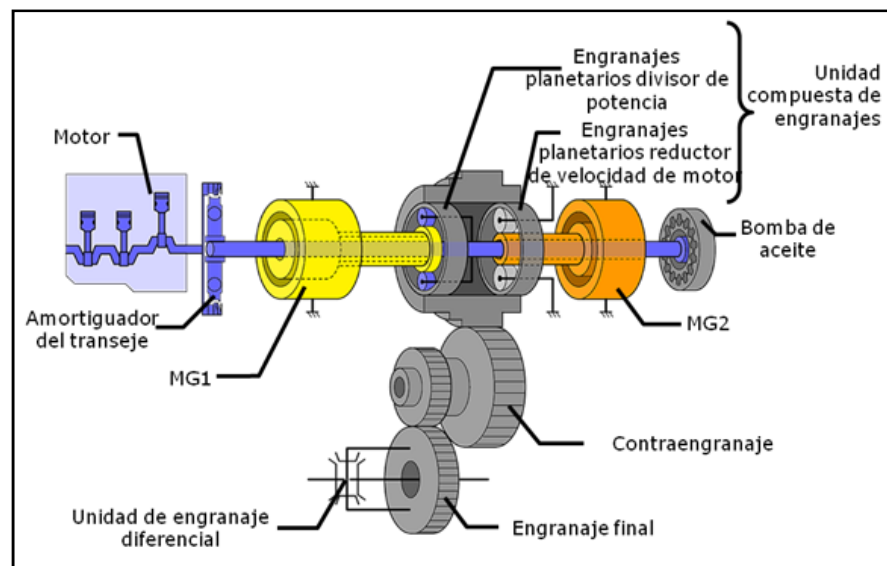


Figura. 1. 27 Esquema de componentes del sistema de transmisión³⁰

MG2 va directa a la corona y por consiguiente al movimiento de las ruedas, si el eje de salida no está bloqueado y MG2 se mueve, el auto se moverá, de esta forma comienza a moverse el vehículo, si

³⁰ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

MG2 gira de forma contraria, el auto deberá moverse en marcha atrás.

En esta misma idea si MG2 está en movimiento y MG1 coloca resistencia, se moverá todo el conjunto como un solo elemento aportando potencia MG2 y el motor de combustión y MG1 sería arrastrado generando energía al sistema.

Algo interesante sucede si el vehículo esta en movimiento y se quiere frenar, para disminuir la velocidad, MG2 se convierte en generador, tomando la energía cinética del movimiento y transformándola en energía eléctrica que mediante el inversor pasará a las baterías, esto se conoce como freno regenerativo que explicamos anteriormente en el punto 1.3.3.9.

En este tipo de transmisiones tenemos que diferenciar dos partes esenciales del transeje como son: la parte del divisor de potencia y la parte de reducción de velocidad de motor. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente como están unidos estos elementos y se resalta las dos partes antes nombradas del transeje.

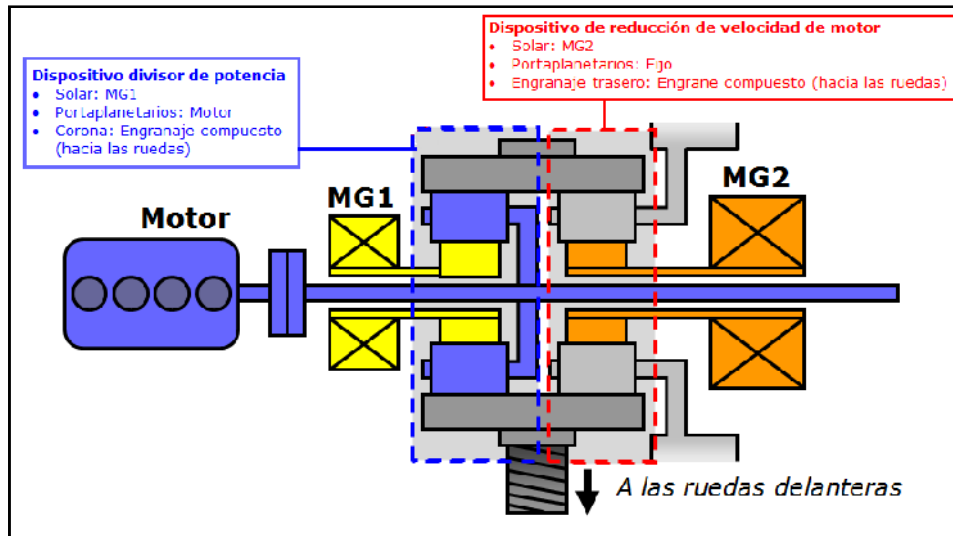


Figura. 1. 28 Tren de engranajes³¹

De lo cual tenemos esta unidad compuesta de engranajes donde encontramos que hay una sola corona pero dos planetarios los cuales forman parte de la parte de potencia así como la reducción de velocidad.

También se debe tomar en cuenta que consta de un contra engranaje que es utilizado para el freno de estacionamiento.

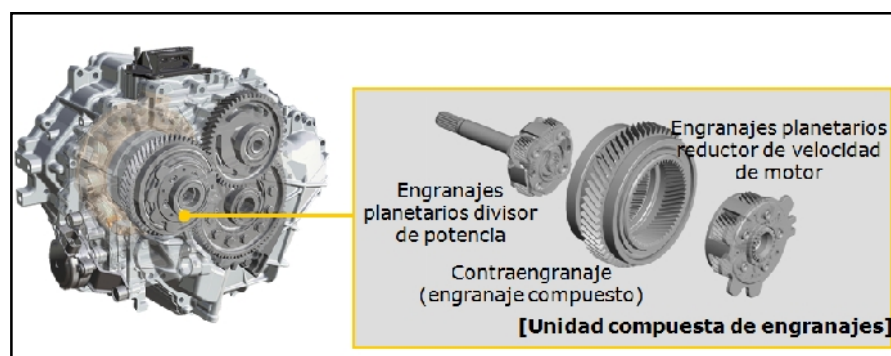


Figura. 1. 29 Unidad compuesta de engranajes³²

³¹ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

³² Toyota, Manual de servicio técnico 2010

1.5. AMORTIGUADOR Y EJE REDUCTOR

El uso de una correa de transmisión no es muy frecuente, pero todos los coches convencionales tienen engranajes de reducción entre el motor y los ejes de las ruedas. Su propósito es permitir que el motor gire más rápido que las ruedas, y también multiplicar el par producido por el motor y tener un par mayor en las ruedas. La relación según la cual se reduce la velocidad de giro y se aumenta el par es conocida como "relación de transmisión final".

Se utiliza una correa porque evita el esfuerzo axial (fuerza a lo largo del eje) que se produciría con los engranajes helicoidales utilizados en las transmisiones de automóvil. También se podría evitar utilizando engranajes de espuela (corte recto), pero son ruidosos. El esfuerzo axial no es un problema en ejes intermedios y se puede neutralizar con rodamientos de bola. Sin embargo, no sería tan fácil manejarlo en el eje de salida del tren epicicloidal.

El amortiguador del transeje, Adopta dos tipos de características de amortiguación: Amortiguador de resorte tipo baja-torsión y que el material de fricción tipo plato-sencillo seco previene el daño al transeje por exceso de torque del motor a través de deslizamiento.

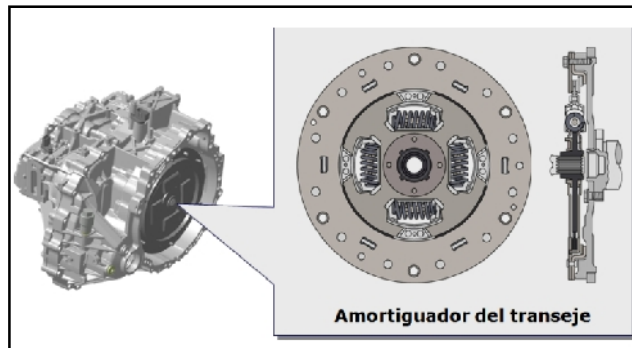


Figura. 1. 30 Amortiguador del transeje³³

1.6. DIFERENCIAL, SUSPENSIÓN

El diferencial permite que las ruedas interiores y exteriores giren a velocidades ligeramente distintas cuando el coche toma una curva. Los ejes pasan su par del diferencial a los cubos de las ruedas e incluyen una articulación que permite a las ruedas subir y bajar con la suspensión.

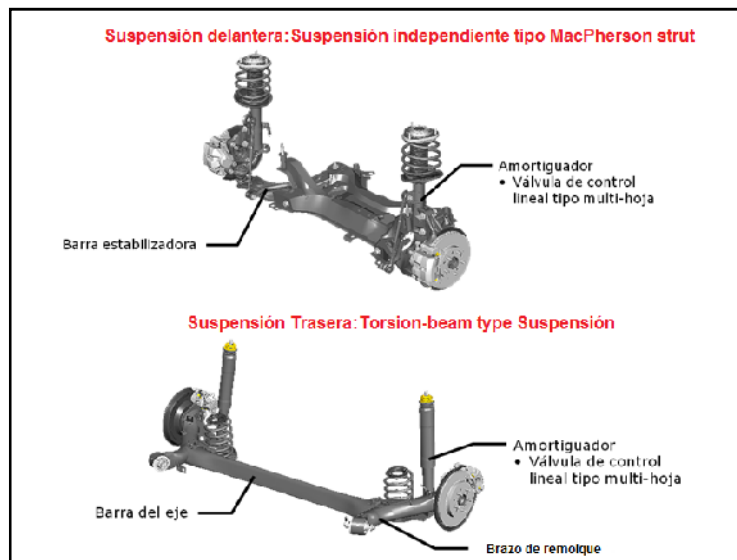


Figura. 1. 31 Suspensión Prius 2010³⁴

³³ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

³⁴ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

CAPÍTULO 2

RELACIONES DE TRANSMISIÓN

2.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO

Lo que en la actualidad representa la vanguardia en el diseño de cajas automáticas es aquella que está montada en un vehículo híbrido. Este tipo de transmisión dispone de un engranaje planetario para transmitir el movimiento a las ruedas. No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un vehículo como es: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento.

La presente unidad se diseña con el propósito de simular el flujo de potencia en un sistema de transmisión de un vehículo híbrido. Mediante la puesta en funcionamiento de pines que emulen a elementos dentro de este tipo de transmisión para lograr tener

todos los estados de funcionamiento en vehículos que tienen este tipo de transmisión híbrida.

Lo que hace este proyecto es construir un modelo explicativo de la transmisión de un vehículo híbrido mediante la motorización y automatización de algunos elementos.

Para realizar todo este procedimiento se toma en cuenta que todos los elementos que entren en funcionamiento como pines de freno tienen que ser automáticos para que el movimiento sea similar al de una transmisión real de un híbrido, estos pines van a ser controlados por medio de un circuito electrónico, el cual posee microcontroladores que evita participación manual para lograr la simulación.

La puesta en funcionamiento de los diferentes motores y el flujo de potencia podrán ser analizadas por el estudiante que contara con un display electrónico para visualizar toda operación del funcionamiento de este prototipo.

2.2. ANÁLISIS DEL FLUJO DE FUERZAS

La operación del sistema híbrido requiere que gran número de condiciones estén establecidas antes que la unidad HV comience la estrategia de operación del motor de combustión y los motores generadores. Así si recordamos el conjunto está formado por las dos moto-generadores y el motor de combustión, todo unido a través del conjunto del tren epicicloidal el cual permite el aporte de potencia de cada uno de los elementos.

En la siguiente gráfica se muestra todos estos elementos relacionados mecánicamente.

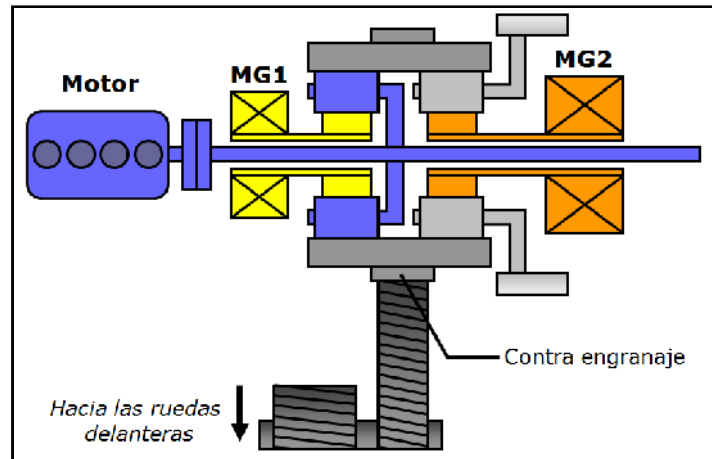


Figura. 2. 1 Esquema de componentes del sistema de transmisión³⁵

A uno de estos elementos está engranado el motor térmico, al otro un generador eléctrico y el otro es solidario con las ruedas del coche. La clave del sistema es que el giro del generador eléctrico puede ser mayor o menor, en función de la resistencia que oponga. Si es preciso un desarrollo corto, el generador eléctrico opone una gran resistencia al movimiento. A consecuencia de ello roba fuerza al motor térmico y la envía al motor eléctrico, que también impulsa a las ruedas. La fuerza que va a parar al motor es finalmente la misma, si no entran en juego las baterías. Pero, mediante este método, el engranaje epicicloidial tiene el desarrollo corto que hace falta (por ejemplo para arrancar) y largo para alcanzar una velocidad alta, a igualdad de régimen del motor.

A medida que el coche gana velocidad, el generador eléctrico opone menos resistencia y su giro aumenta. A causa de ello, el desarrollo se hace más largo. Si las baterías no intervienen en la

³⁵ www.traslapersiana.blogspot.com/2008/04/prius-sistema-de-transmision.html

aceleración, toda la fuerza de la que dispone el coche parte del motor térmico. Pero puede llegar a las ruedas bien a través del motor eléctrico, alimentado por el generador, o bien directamente a través del motor térmico, si el generador no actúa.

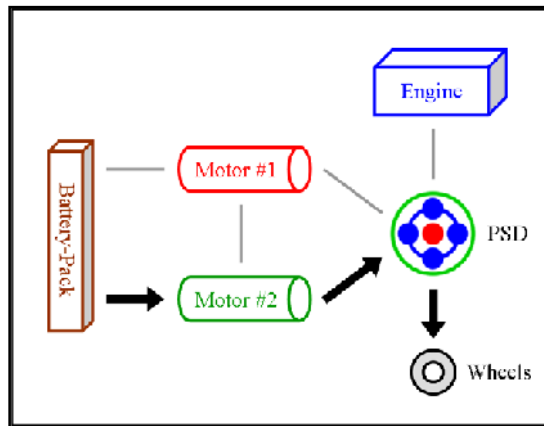


Figura. 2. 2 Flujo de energía desde los motores hacia el tren de engranajes³⁶

Antes de explicar las estrategias que toma el sistema híbrido para cada una de las condiciones que se pueden presentar mientras el vehículo este en funcionamiento, mostraremos los componentes principales de un vehículo híbrido y su ubicación dentro del mismo.

³⁶ www.traslapersiana.blogspot.com/2008/04/prius-sistema-de-transmision.html

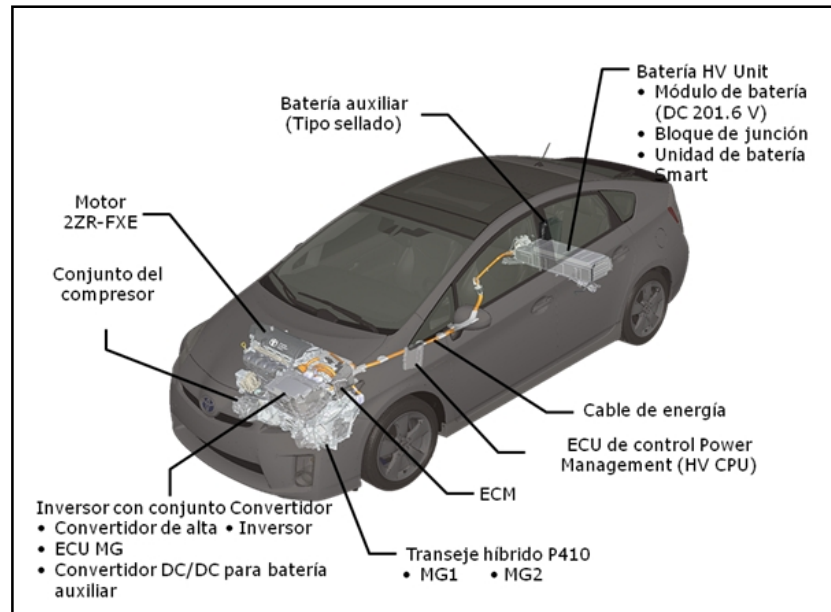


Figura. 2. 3 Ubicación de los componentes dentro del vehículo³⁷

También debemos conocer antes que tenemos una palanca selectora para cada una de los estados la cual se muestra en la siguiente figura.



Figura. 2. 4 Palanca selectora de cambios³⁸

Las características que tiene este sistema de cambios son:

³⁷ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

³⁸ Toyota hybrid system THSII

- Este sistema cambia el rango de cambios usando la tecnología cambio-por-alambre
- Se usa una palanca de cambios compacta. Es tipo momentánea que regresa a la posición pivote cuando la mano del conductor la suelta

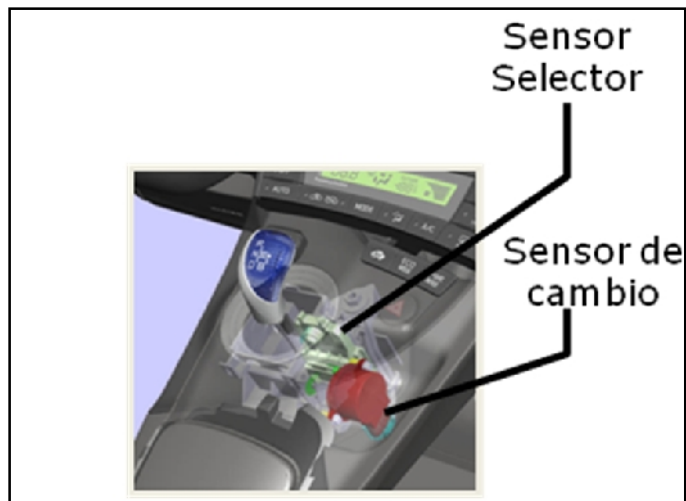


Figura. 2. 5 Conjunto de palanca selectora³⁹

La palanca de cambios tiene un sensor de posición integrado para detectar la posición del cambio (R, N, D y B).

El sensor de posición de la palanca de cambios consiste en un sensor selector y sensor de cambio, y usa Hall ICs para detección de la posición que haya elegido el conductor.

La palanca de cambios está diseñada para regresar siempre a su posición pivote. Por lo tanto, la posición de la palanca que es seleccionada puede ser verificada en el indicador de posición de cambio.

³⁹ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

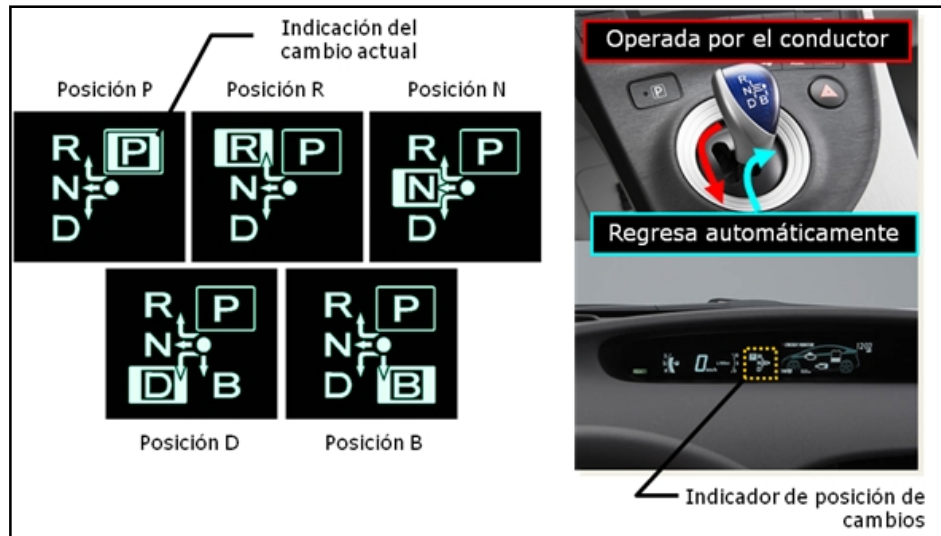


Figura. 2. 6 Palanca de cambios e indicador de posición de cambios⁴⁰

A continuación se explicara cada una de las estrategias que debe tener el sistema para poder operar cada una de las marchas, todas las estrategias son comandadas por la unidad HV.

2.2.1. VEHÍCULO DETENIDO

Si el vehículo está detenido y la carga de la batería se encuentra en condición alta, el motor de combustión estará apagado, y arrancara automáticamente solo si la carga de la batería comienza a bajar.

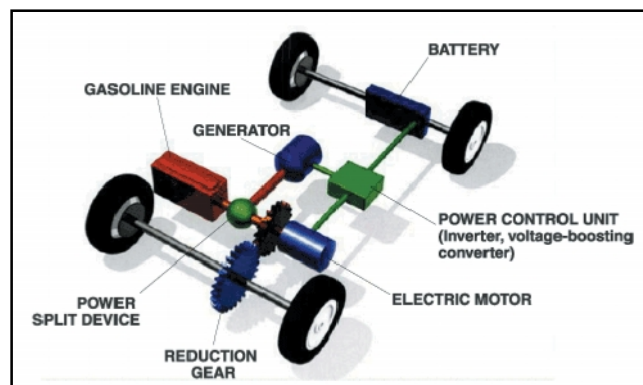


Figura. 2. 7 Comportamiento del sistema⁴¹

⁴⁰ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

2.2.2. ARRANQUE DEL VEHÍCULO

Cuando el vehículo comienza a moverse inicialmente y la carga a la cual está sometido es baja, funciona con el accionamiento del moto-generador MG2, en este momento el motor de combustión interna está apagado, si la carga sobre el vehículo comienza a aumentar entrara en funcionamiento el motor de combustión. También esta estrategia depende del nivel de carga del sistema HV. Para calcular la carga es muy importante la posición del pedal del acelerador, el cual va directamente a la ECU HV, la energía para el movimiento del vehículo en la condición menciona es tomada de la batería HV, esta operación de comienzo de movimiento genera un arranque silencioso.

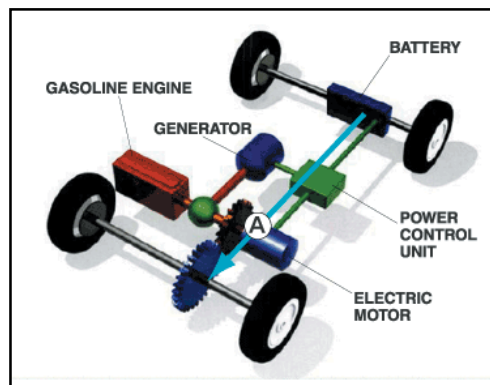


Figura. 2. 8 Flujo de la energía al arrancar⁴²

2.2.3. CONDUCCIÓN NORMAL

En esta condición cuando el vehículo se mueve a velocidad normal a bajas velocidades entre 30 y 70 km/h el motor arranca y genera potencia, en momentos MG2 se acciona y provee una asistencia eléctrica como ayuda mecánica al motor de combustión, en este caso MG1 gira en el mismo sentido que MG2 y se convierte en un generador que provee carga eléctrica al sistema, usada

⁴¹ Toyota hybrid system THSII

⁴² Toyota hybrid system THSII

principalmente por MG2, es decir con el movimiento del MG1 genera carga para MG2 se mueva y MG2 ayuda al motor de combustión interna.

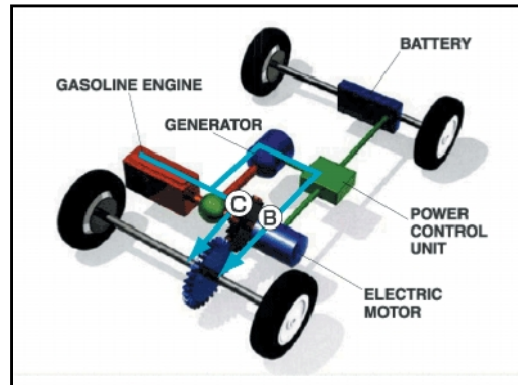


Figura. 2. 9 Flujo de energía en conducción normal⁴³

2.2.4. ACELERACIÓN FUERTE

Para aceleraciones fuertes o altas velocidades, MG2 genera una potencia para ayudar al motor de combustión, la batería suministra electricidad para el movimiento de MG2, en este caso MG1 también recibe electricidad de la batería para girar en reversa esto crea un radio de sobre marcha, para generar la máxima velocidad.

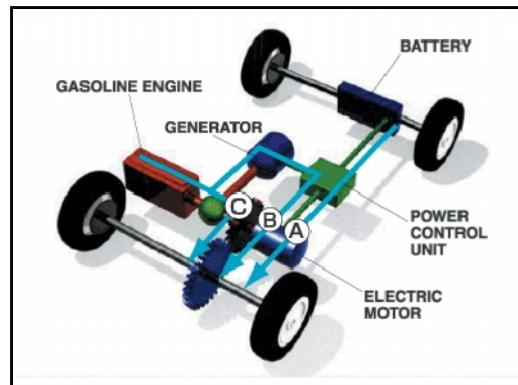


Figura. 2. 10 Flujo de energía en aceleración fuerte⁴⁴

⁴³ Toyota hybrid system THSII

2.2.5. DESACELERACIÓN Y FRENO REGENERATIVO

La estrategia comienza cuando el conductor levanta el pedal del acelerador y el vehículo está en velocidad, en ese momento MG2 en generador y con el movimiento del vehículo comienza a cargar la batería HV, de esta forma a medida que toma energía cinética disminuye la velocidad del vehículo, aunque en todo momento los frenos están en paralelo controlando la situación de forma hidráulica.

En este momento el motor de combustión interna se apaga, y MG1 gira al contrario para crear un radio de giro, toda la carga es gestionada por la unidad HV pero permitida en potencia a través del inversor.

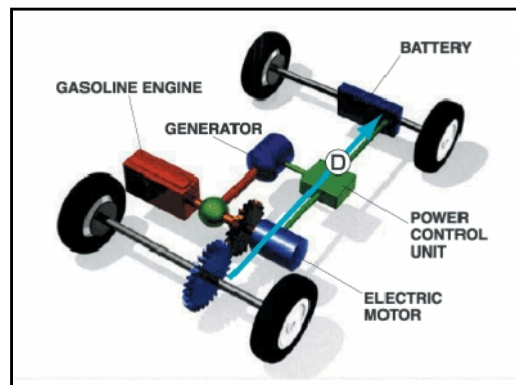


Figura. 2. 11 Flujo de energía en freno regenerativo⁴⁵

2.2.6. REVERSA

Cuando el vehículo se mueve en reversa, MG2 trabaja como un motor tomando energía de la batería HV pero girando en sentido contrario, esto permite que el vehículo gire de forma reversa, en

⁴⁴ Toyota hybrid system THSII

⁴⁵ Toyota hybrid system THSII

este caso MG1 gira en la misma dirección de forma libre, esto no genera electricidad.

2.3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

2.3.1. MOTOR PARADO Y EN CONTACTO

En este momento solo se encuentra colocada la ignición o bien puede estar el motor prendido con la batería cargada, en cuyo en el display aparecerá la palabra *READY* indicándonos que está listo para ponerse en marcha, en este momento MG1 yMG2 se entran parados.

En el control de bloqueo de estacionamiento, el mecanismo del bloqueo de estacionamiento es el encargado del enganchamiento del trinquete con el engranaje de estacionamiento que está integrado con el engranaje compuesto bloquea el movimiento del vehículo.

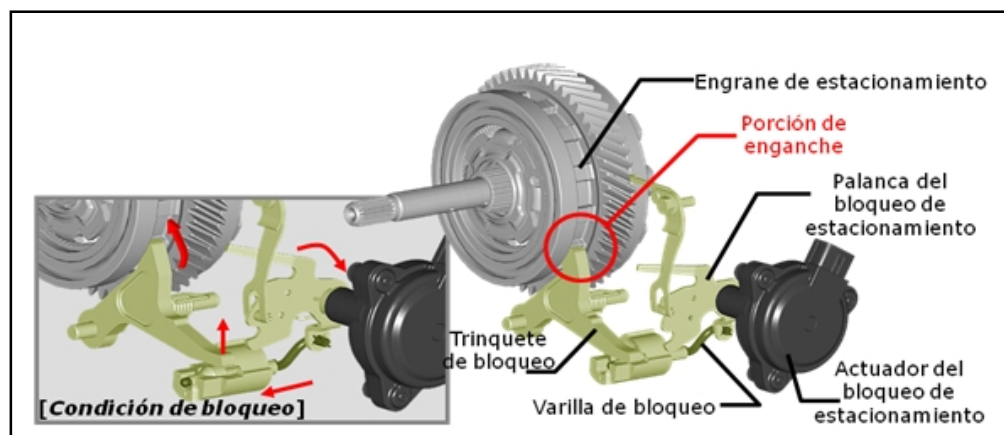


Figura. 2. 12 Condición de bloqueo y desbloqueo de la posición de estacionamiento

2.3.2. MOTOR PARADO CON MOTOR A GASOLINA

En esta condición el motor está en parking, se encuentra encendido, pero se detecta que la batería estaba un poco baja y que requiere carga, entonces MG1 tendrá RPM positivas, para poder encender al motor de gasolina y que este ahora convierta a MG1 en generador para cargar la batería, en esta condición como no hay movimiento de las ruedas, MG2 se encuentra quieto.

2.3.3. ARRANCANDO CON MOTOR ELÉCTRICO

Cuando el auto comienza a rodar y encuentra una buena carga de batería y que además no hay una exigencia alta en aceleración, puede ser movido únicamente por MG2, entonces tendremos rpm positivas en MG2 que nos indica que el auto está en movimiento por acción de este, en tanto que MG1 presentará rpm negativas ya que debe rodar en sentido contrario para que no haga encender el motor térmico

2.3.4. RODANDO CON DOS MOTORES

En este caso, el conductor hace una exigencia mayor de aceleración, por ejemplo para rebasar, al detectar esto el sistema veremos que MG2 ya venía con rpm positivas para mover al auto, pero adicional ahora se debe conectar MG1 con rpm positivas también para poder encender el motor de gasolina y que este a su vez aporte al movimiento y cumpla con el requerimiento de potencia, una vez encendido el motor térmico queda aportando al movimiento junto con MG2 y MG1 vuelve a tomar valor negativo de rpm si es que no requiere carga la batería o valores positivos para aportar con carga a MG2 y si le sobra energía cargar la batería.

2.3.5. CARGANDO LA BATERÍA

En esta condición, se requiere que se encienda el motor térmico para que convierta la acción del motor en generador, entonces MG2 seguirá con rpm positivas por la acción del movimiento y MG1 tomara ahora un valor también positivo para poder encender el motor térmico y comenzar la generación.

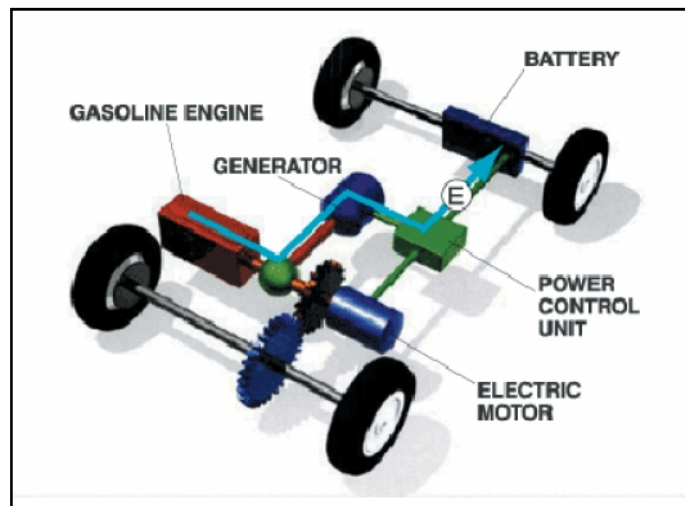


Figura. 2. 13 Flujo de energía en carga de batería⁴⁶

2.3.6. FRENO REGENERATIVO

En la acción de frenado regenerado no requiere que el motor térmico este prendido pues para cargar la batería pues utilizo el movimiento del mismo auto, por lo tanto el motor MG1 estará con valor de rpm negativo para no encender al motor térmico y MG2 con un valor de rpm positivo del movimiento que esta vez servirá de carga a la batería así como de freno eléctrico.

⁴⁶ Toyota hybrid system THSII

2.3.7. MARCHA ATRÁS

Esta es en la única condición en la que el motor MG2 adquiere un valor de RPM negativo ya que el sentido de giro del auto es contrario, por el contrario MG1 toma ahora un valor positivo sin que este cargando la batería ni que este queriendo encender el motor térmico, su valor de rpm es solo por el movimiento mecánico.

2.3.8. NEUTRO

En la condición de neutro el auto no carga a la batería, pues por seguridad se requiere que este en parking cuando esté detenido ya que tendrá así un bloqueo eléctrico el movimiento, pero si rodamos en posición neutro tendremos un valor de rpm negativo para MG1 y positivo por el movimiento para MG2, valores que no tienen ninguna relación eléctrica y estén dados solo por la inercia del movimiento.

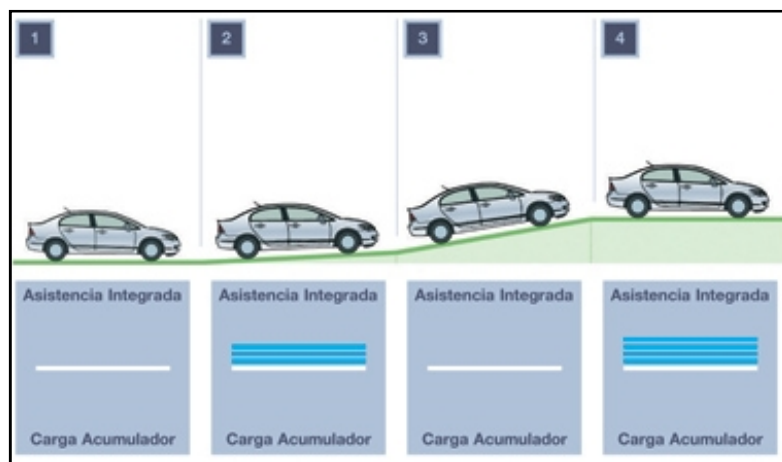


Figura. 2. 14 Flujo de energía en carga de batería 1

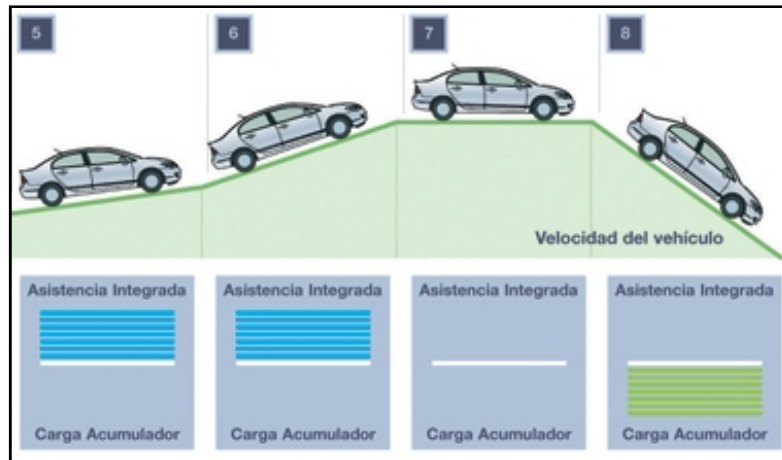


Figura. 2. 15 Flujo de energía en carga de batería 2⁴⁷

2.3.9. DIAGRAMA DE ELEMENTOS

En la sistema híbrido la toma de decisiones para cada condición de manejo, es trabajo de la PCM, la cual toma información de varios sensores y actuadores para escoger la estrategia más adecuada según sea el caso, en la figura siguiente veremos en un diagrama de bloques cuales son las señales de sensores con los cuales trabaja la computadora para realizar su función.

⁴⁷ www.honda.es/car/content/technology/engines/hybrid.fsp

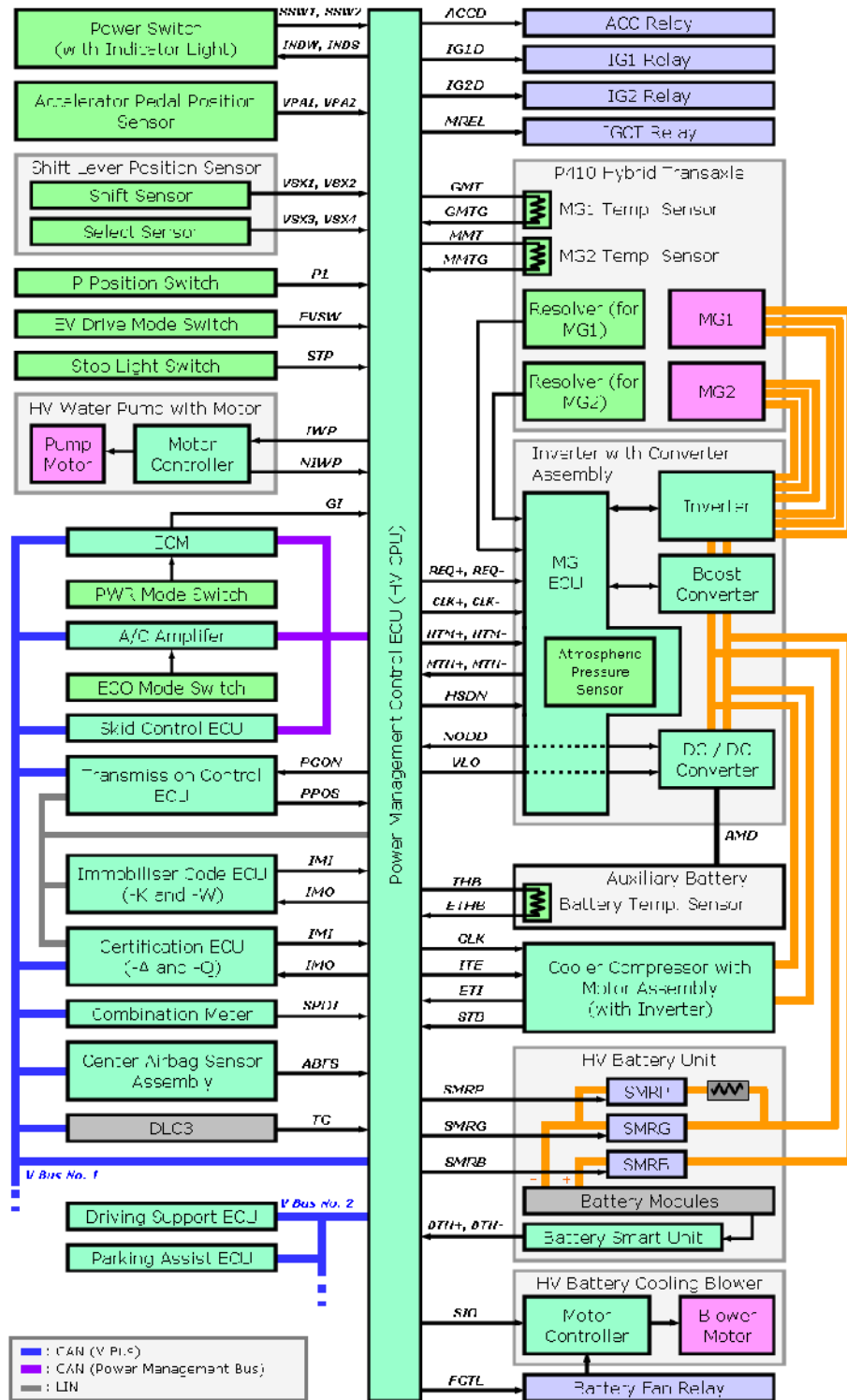


Figura. 2. 16 Sistema híbrido, Toyota Prius ZVW30⁴⁸

⁴⁸ Toyota, Manual de servicio técnico 2010

CAPÍTULO 3

DISEÑO MECÁNICO

3.1. ENGRANAJES

En muchas máquinas, se hace necesaria la transmisión de movimiento de rotación entre dos ejes, y a menudo se quiere que la relación entre las velocidades angulares de estos ejes sea constante e independiente de la configuración. Para conseguirlo, se utilizan ruedas de fricción, correas, cadenas o engranajes.

Los engranajes son ruedas dentadas empleadas para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes. Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas

dentadas planas pueden transformar movimiento alternativo en giratorio y viceversa.



Figura. 3. 1 Engranajes⁴⁹

Existe una gran variedad de formas y tamaños de engranajes, desde los más pequeños usados en relojería e instrumentos científicos (se alcanza el módulo 0,05) a los de grandes dimensiones, empleados, por ejemplo, en las reducciones de velocidad de las turbinas de vapor de los buques, en el accionamiento de los hornos y molinos de las fábricas de cemento, etc. El campo de aplicación de los engranajes es prácticamente ilimitado. Toda esta gran variedad de aplicaciones del engranaje puede decirse que tiene por única finalidad la transmisión de la rotación o giro de un eje a otro distinto, reduciendo o aumentando la velocidad del primero, constituyendo los llamados reductores o multiplicadores de velocidad y los cambios de velocidades. Una variedad muy interesante de todos estos mecanismos la constituyen los llamados trenes epicicloidales y los diferenciales.

La principal ventaja que tiene las transmisiones por engranajes respecto de la transmisión por poleas es que no patinan

⁴⁹ www.joanballestermoragues.com/category/programacion-desarrollo

como las poleas, con lo que se tiene exactitud en la relación de transmisión.

3.1.1. CLASIFICACIÓN DE ENGRANAJES

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación.

3.1.1.1. SEGÚN LA SITUACIÓN RELATIVA DE LOS ÁRBOLES

La más empleada es la que se basa en la situación relativa de los árboles o ejes donde van montados los engranajes, y cuyo movimiento de rotación transmiten.

3.1.1.1.1. EJES PARALELOS EN UN MISMO PLANO

- Cilíndricos de dientes Helicoidales
- Cilíndricos de dientes rectos
- Doble helicoidales

3.1.1.1.2. EJES QUE SE CORTAN EN UN MISMO PLANO

- Cilíndricos de dientes Helicoidales
- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos espirales

3.1.1.1.3. EJES QUE SE CRUZAN PERPENDICULARMENTE

- De rueda y tornillo sin fin
- Helicoidales
- Hipoides

3.1.1.1.4. EJES QUE SE CRUZAN A CUALQUIER ÁNGULO

- Helicoidales

3.1.2. CLASES DE ENGRANAJES

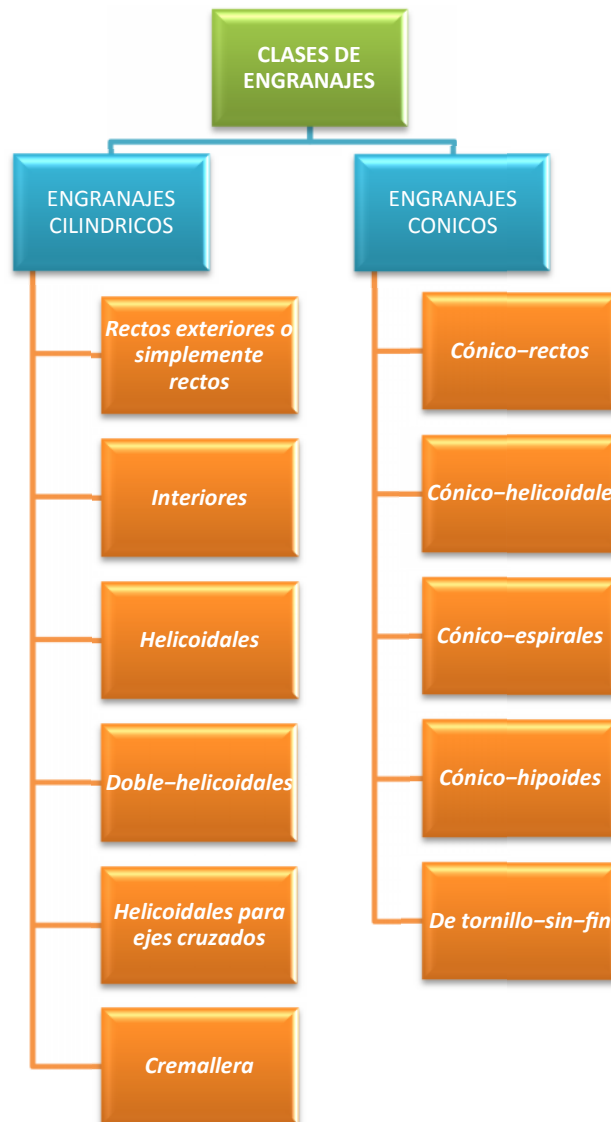


Figura. 3. 2 Tipos de engranajes⁵⁰

⁵⁰ Fuente del autor

3.1.3. TRANSMISIÓN MEDIANTE CADENA O CORREA DENTADA

- Polea dentada
- Mecanismo piñón cadena

3.1.4. CLASIFICACIÓN POR LA FORMA DE TRANSMITIR

- Tren de engranajes (Transmisión compuesta)
- Transmisión con engranaje loco
- Transmisión simple

3.1.5. CLASIFICACIÓN POR APLICACIONES ESPECIALES

- De cremallera
- Interiores
- Planetarios

Tabla. 3. 1 Posibles configuraciones de engranajes en función de la disposición de los ejes y de la relación de transmisión⁵¹

Posición relativa de los ejes	Relación de transmisión	Tipos de engranajes
Paralelos	1 a 8 (máximo: 10)	<ul style="list-style-type: none"> • Engranaje simple con cambio en el sentido de rotación <ul style="list-style-type: none"> – Engranaje exterior • Engranaje simple sin cambio en el sentido de rotación <ul style="list-style-type: none"> – Engranaje interior – Engranaje con rueda intermedia • Ejes coaxiales <ul style="list-style-type: none"> – Tren planetario
	> 8	<ul style="list-style-type: none"> • Engranajes simples en serie • Trenes planetarios simples en serie • Tren planetario especial
Concurrentes	1 a 6	Engranaje simple
	6 a 40	Engranaje cónico y engranaje paralelo en serie

⁵¹ Fuente: Henriot, 1968

Perpendiculares pero no concurrentes	> 40	Engranaje cónico o de vi-sinfín y engranajes paralelos en serie
	1 a 20	Engranaje helicoidal para cargas leves
	20 a 60	Engranaje de vi-sinfín
	60 a 250	Engranaje de vi-sinfín y engranaje paralelo en serie
	> 250	Engranajes de vi-sinfín y engranajes paralelos en serie. se ha de prestar atención al rendimiento global

3.2. ENGRANAJES INTERIORES

Los engranajes interiores debido al contacto interno, garantizan que más dientes lleven la carga, lo que disminuye la intensidad de las tensiones en los dientes e incrementa la vida del engranaje, por otra parte la distancia entre centros es menor, redundando en transmisiones más compactas.

La forma del diente y sus propiedades son similares a los engranajes exteriores excepto que es necesario hacer modificaciones en el addendum y dedendum del diente para prevenir la interferencia durante en contacto. Por otra parte los engranajes interiores tienen una velocidad de deslizamiento más baja y una mayor resistencia. Un engranaje interior puede ser descrito como el opuesto de un engranaje exterior, en el que los dientes apuntan hacia afuera en lugar de hacia al centro y el addendum y el dedendum toman posiciones inversas. Estos engranajes proveen una transmisión muy compacta con una alta relación de transmisión entre árboles paralelos. Usadas con un

mismo piñón recto la relación de transmisión es la misma que para los engranajes exteriores, pero con una distancia entre centros y una velocidad de deslizamiento mucho menores.

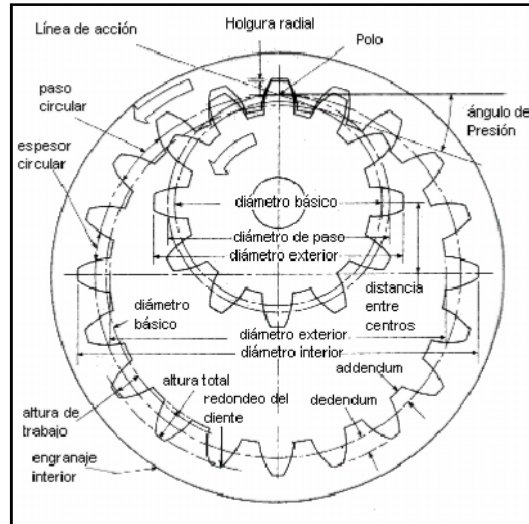


Figura. 3. 3Tren Epicicloide o Planetario con Engrane Interior o anular⁵²

3.3. PARTES DE UN ENGRANAJE (nomenclatura)

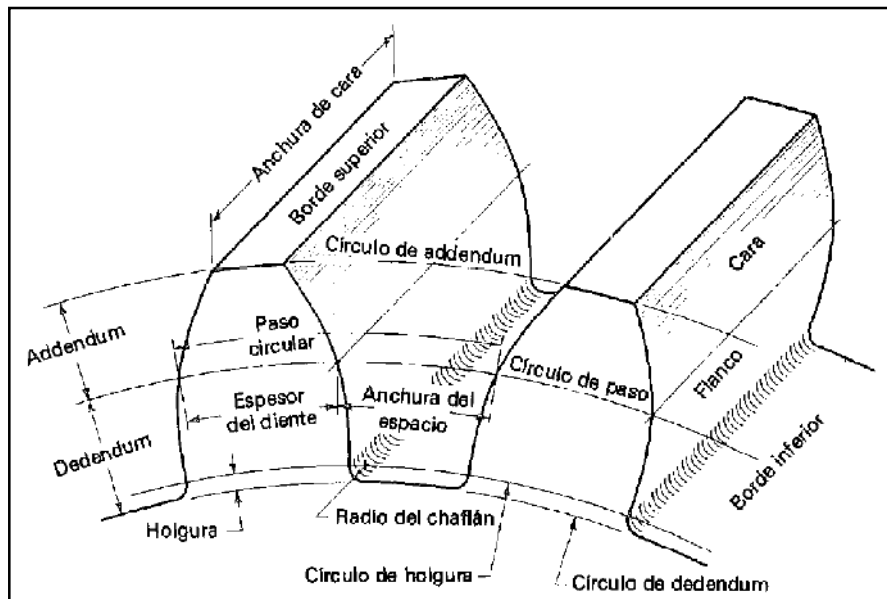


Figura. 3. 4 Partes de un Engranaje⁵³

⁵² www.tecnologiamecanica.com/teoria_y_practica/engranajes.htm

3.3.1. CÍRCULO DE PASO

Es un círculo teórico en el que generalmente se basan todos los cálculos, su diámetro es el *diámetro de paso*. Los círculos de paso de un par de engranajes acoplados son tangentes entre sí.

3.3.2. PASO

El espaciamiento o separación entre dientes adyacentes y el tamaño de ellos se controlan mediante el paso de los dientes. Por lo regular, se utilizan tres tipos de designación de paso: paso circular, paso diametral y el módulo métrico.

3.3.3. PASO CIRCULAR

Es la distancia, en pulgadas, medida sobre el círculo de paso, que va desde un punto sobre uno de los dientes hasta un punto correspondiente sobre un diente adyacente. De manera que el paso circular es igual a la suma del grueso del diente y el ancho del espacio entre dos dientes consecutivos. Su símbolo es p_c .

Tabla. 3. 2 Paso circular estándar⁵⁴

Pasos circulares estándar (pulgadas)		
10.0	7.5	5.0
9.5	7.0	4.5
9.0	6.5	4.0
8.5	6.0	3.5
8.0	5.5	

⁵³ Diseño de elementos de maquinas, Mott - Robert

⁵⁴ Diseño de elementos de maquinas, Mott - Robert

3.3.4. PASO DIAMETRAL

Es el número de dientes en el engrane por pulgada de diámetro de paso. Las unidades del paso diametral son el recíproco de pulgadas. Su símbolo es P_d . el paso de los dientes de los engranes determina su tamaño, y dos engranes que embonan deben tener el mismo paso.

Tabla. 3. 3 Pasos diametrales estándar⁵⁵

Pasos diametrales estándar (diente /pulgada)					
Paso grueso ($P_d < 20$)				Paso fino ($P_d \geq 20$)	
1	2	5	12	20	72
1.25	2.5	6	14	24	80
1.5	3	8	16	32	96
1.75	4	10	18	48	120
				64	

3.3.5. MÓDULO

Es la razón del diámetro de paso al número de dientes. La unidad de longitud acostumbrada es el milímetro. El modulo es el índice del tamaño del diente en el SI, en tanto que el paso diametral solo se emplean en unidades inglesas.

3.3.6. CABEZA O ADDENDUM

Distancia radial del círculo de paso a la parte exterior de un diente.

⁵⁵ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley

3.3.7. RAÍZ O DEDENDUM

Distancia radial del círculo de paso a la parte inferior del espacio entre dientes.

3.3.8. DIÁMETRO EXTERIOR

El diámetro del círculo que encierra la parte exterior de los dientes de un engrane.

3.3.9. DIÁMETRO DE INTERIOR

Diámetro del círculo que contiene la parte inferior del espacio del diente.

3.3.10. ESPESOR DE DIENTE

La longitud de arco medida en el círculo de paso de un lado del diente hasta el otro lado. A veces, se lo llama espesor circular y tiene un valor teórico de la mitad del paso circular.

3.3.11. ESPACIO DE DIENTE

La longitud de arco medida en el círculo de paso, del lado derecho de un diente al lado izquierdo del diente siguiente.

3.3.12. ANCHO DE CARA

El ancho de cara medido en forma paralela al eje del engrane.

3.3.13. DISTANCIA CENTRAL

La distancia desde el centro del piñón al centro del engrane; la suma de los dos radios de paso de los dos engranes enlazados

3.3.14. ÁNGULO DE PRESIÓN

El ángulo entre la tangente a los círculos de paso y la línea que se traza en forma normal, es decir perpendicular, a la superficie del diente del engrane.

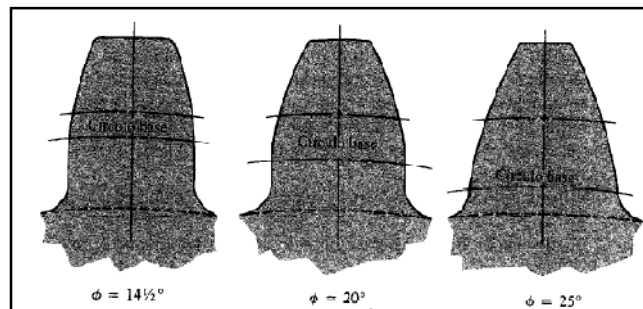


Figura. 3. 5 Forma del diente evolvente a profundidad máxima para distintos ángulos de presión⁵⁶

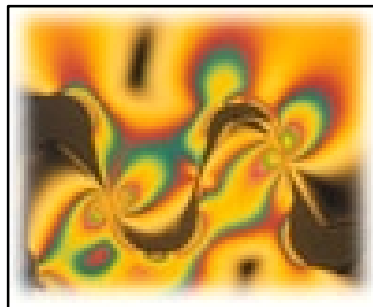


Figura. 3. 6 Ángulo de presión en los Dientes de engranajes rectos⁵⁷

3.4. TRENES DE ENGRANES

Un sistema con más de un par de ruedas dentadas se denomina tren de engranajes. La necesidad de utilizar más de un engranaje puede quedar justificada por los motivos siguientes:

- Obtención de una relación de transmisión imposible de conseguir con un solo par de ruedas. Es el caso de un reductor 1/20 de ejes

⁵⁶ Diseño de elementos de maquinas, Mott - Robert

⁵⁷ www.monografias.com/trabajos6/ensi/ensi2.shtml

paralelos, relación de transmisión fuera del rango aconsejable con un único engranaje.

- Poder disponer de una gama de relaciones de transmisión. Es el caso de una caja de cambios de un vehículo.
- Limitaciones del espacio disponible. Por ejemplo, si se ha de transmitir el movimiento entre dos ejes paralelos muy alejados, con solo dos ruedas dentadas, estas tendrían un tamaño excesivo. Es el caso de un vehículo con motor transversal y tracción total. La transmisión a las ruedas posteriores se efectúa mediante un eje intermedio longitudinal y engranajes cónicos.
- Transmisión del movimiento de un eje a diversos, simultáneamente. Por ejemplo, el motor paso a paso de un reloj mecánico ha de accionar simultáneamente las tres agujas que señalan los segundos, los minutos y las horas.
- Obtención de mecanismos con más de un grado de libertad. Es el caso del diferencial empleado en los automóviles.

3.4.1. RELACIÓN DE VELOCIDAD

La relación de velocidad (VIR) se define como la relación de la velocidad de giro del engrane de entrada con la velocidad del engrane de salida de un solo par de engranes. Para desarrollar la ecuación para calcular la relación de velocidad, es útil observar la acción de dos engranes enlazados. La acción es equivalente a la acción de dos ruedas que giran entre sí sin que se presente deslizamiento, con los diámetros de las dos ruedas iguales a los diámetros de paso de los dos engranes.

3.4.2. TRENES EPICICLOIDALES SIMPLES

Un tren de engranajes epicicloidales o planetario es aquel en que alguna rueda no gira alrededor de un eje fijo. Un tren epicicloidal se dice que es simple si consta de 2 ruedas y un brazo porta-satélites coaxiales. Los satélites forman un tren de ejes fijos al brazo y transmiten el movimiento entre las dos ruedas coaxiales.

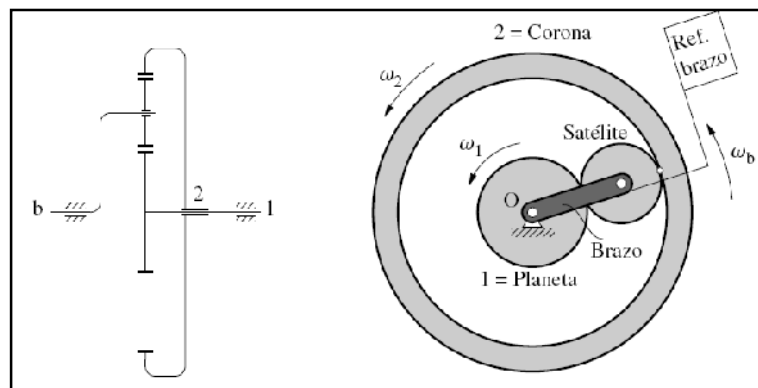


Figura. 3. 7 Tren epicicloidal simple⁵⁸

3.4.3. VARIANTES CONSTRUCTIVAS DE TRENES EPICICLOIDALES SIMPLES

Hay diferentes variantes de la disposición constructiva de la figura 3.7 para construir con engranajes cilíndricos trenes epicicloidales. Todas estas variantes se analizan de manera análoga, a partir de la observación desde la referencia relativa brazo.

⁵⁸ www.bibliociencias.cu/gsd/cgi-bin/library

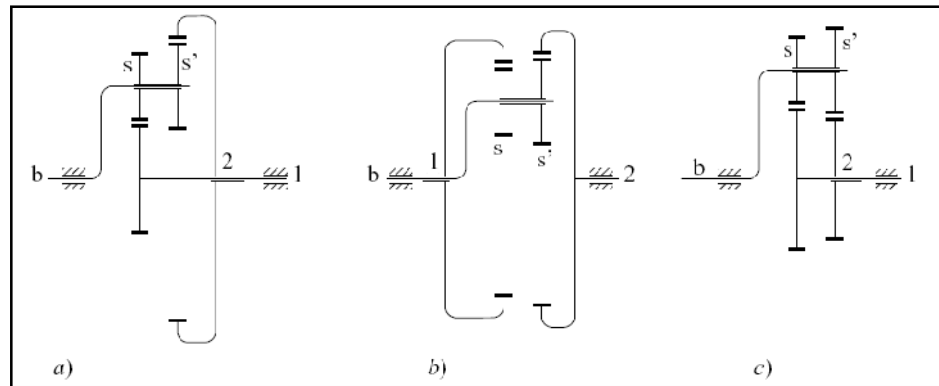


Figura. 3. 8 Diferentes formas constructivas del tren epicicloidal⁵⁹

La primera posibilidad (Fig. 3.8.a) consiste en emplear dos satélites solidarios (s , s'), con un número de dientes diferente (en lugar de un único satélite). También se puede reemplazar el planeta 1 por una corona (Fig. 3.8.b) o bien la corona 2 por un planeta (Fig. 3.8.c).

Se pueden obtener otras variantes de trenes epicicloidales simples haciendo más complejo el tren de ruedas fijas al brazo. Hay que comentar también que, por razones de equilibrado y mejor distribución de la carga, se suelen disponer diversos satélites equiespaciados angularmente (Fig. 3.9).

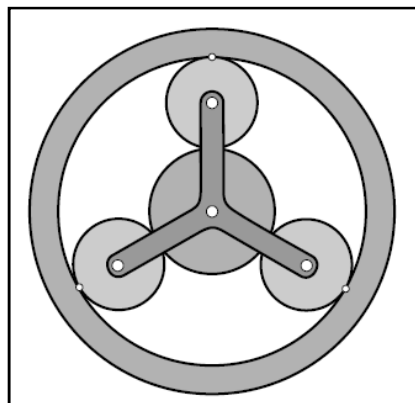


Figura. 3. 9 Tren epicicloidal con 3 satélites⁶⁰

⁵⁹ Artículo de diseño de engranajes

3.5. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE ENGRANAJES

En la tabla 3.4 se muestran las expresiones para determinar los diferentes parámetros geométricos sin corrección del dentado. Hay una observación importante que hacer, el diámetro de fondo de la rueda interior es mayor que el diámetro exterior de dicha rueda, y el diámetro básico puede quedar fuera de la rueda.

Tabla. 3. 4 Fórmulas para el diseño de engranajes⁶¹

Número	Parámetro	Símbolo	Fórmula
1	Módulo	m	D/Z
2	Ángulo de herramienta	α	
3	Número de dientes	Z_1 y Z_2	
4	Distancia entre centros engranajes exteriores	y	$\frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$
5	Diámetro de paso	D_p	m.z
6	Paso circular	p_c	$\pi D/Z$
7	Paso diametral	P_d	Z/D
8	Addendum	a	a=m
9	Dedendum	b	1.25.m
10	Espaciamiento	c	b-a
11	Diámetro exterior	D_e	D_p+2a
12	Diámetro de interior	D_i	D_p-2b
13	Profundidad total	ht	a+b
14	Profundidad de trabajo	hk	2a
15	Espesor de diente	e	p/2
16	Distancia entre centros engranajes interiores	y1	$\frac{m(Z_1 - Z_2)}{2}$
17	Altura del diente	h	a+b

3.6. DESARROLLO DEL CÁLCULO DE ENGRANES

⁶⁰ www.cimec.org.ar/twiki/bin/view/Cimec/SimulacionDeEngranajes

⁶¹ Fuente del autor

DATOS:

Módulo $m = 2$

Número de dientes :

Planetario $Z_p = 40$

Satélite $Z_s = 20$

Corona $Z_c = 80$

Cálculo del engranaje planetario:

Diámetro primitivo

$$D_p = m * Z_p = 2 * 40$$

$$D_p = 80\text{mm}$$

Paso circular

$$p_c = \frac{\pi * D_p}{Z_p} = \pi * m = 3,1416 * 2$$

$$p_c = 6.28\text{mm}$$

Addendum

$$a = m = 2\text{mm}$$

Dedendum

$$b = 1.25 * m = 1.25 * 2$$

$$b = 2.5\text{mm}$$

Diámetro exterior

$$D_e = D_p + 2a = 80 + 2(2)$$

$$D_e = 84\text{mm}$$

Diámetro interior

$$D_i = D_p - 2b = 80 - 2(2.5)$$

$$D_i = 75\text{mm}$$

Altura del diente

$$h = 2.25 * m = 2.25(2)$$

$$h = 4.5$$

Espesor de diente

$$e = \frac{p_c}{2} = \frac{6.28}{2}$$

$$e = 3.1416\text{mm}$$

Profundidad de trabajo

$$h_k = 2a = 2 * 2$$

$$h_k = 4\text{mm}$$

Cálculo del engranaje satélite:

Diámetro primitivo

$$D_p = m * Z_s = 2 * 20$$

$$D_p = 40\text{mm}$$

Paso circular

$$p_c = \frac{\pi * D_p}{Z_s} = \pi * m = 3,1416 * 2$$

$$p_c = 6.28\text{mm}$$

Addendum

$$a = m = 2\text{mm}$$

Dedendum

$$b = 1.25 * m = 1.25 * 2$$

$$b = 2.5\text{mm}$$

Diámetro exterior

$$D_e = D_p + 2a = 40 + 2(2)$$

$$D_e = 44\text{mm}$$

Diámetro interior

$$D_i = D_p - 2b = 40 - 2(2.5)$$

$$D_i = 35\text{mm}$$

Altura del diente

$$h = 2.25 * m = 2.25(2)$$

$$h = 4.5$$

Espesor de diente

$$e = \frac{p_c}{2} = \frac{6.28}{2}$$

$$e = 3.1416\text{mm}$$

Profundidad de trabajo

$$h_k = 2a = 2 * 2$$

$$h_k = 4\text{mm}$$

Cálculo de engranaje interior (Corona):

Diámetro primitivo

$$D_p = m * Z_c = 2 * 80$$

$$D_p = 160\text{mm}$$

Paso circular

$$p_c = \frac{\pi * D_p}{Z_c} = \pi * m = 3,1416 * 2$$

$$p_c = 6.28\text{mm}$$

Addendum

$$a = m = 2\text{mm}$$

Dedendum

$$b = 1.25 * m = 1.25 * 2$$

$$b = 2.5\text{mm}$$

Diámetro exterior

$$D_e = D_p - 2a = 160 - 2(2)$$

$$D_e = 156\text{mm}$$

Diámetro interior

$$D_i = D_p + 2b = 160 + 2(2.5)$$

$$D_i = 165\text{mm}$$

Altura del diente

$$h = 2.25 * m = 2.25(2)$$

$$h = 4.5$$

Espesor de diente

$$e = \frac{p_c}{2} = \frac{6.28}{2}$$

$$e = 3.1416\text{mm}$$

Profundidad de trabajo

$$h_k = 2a = 2 * 2$$

$$h_k = 4\text{mm}$$

Para el armado del conjunto epicicloidal es necesario calcular la distancia entre centros de los engranajes exteriores así como el de la corona para evitar problemas en el funcionamiento de todo el tren.

Distancia entre centros del engranaje planetario con los satélites:

$$y = m \left(\frac{Z_p + Z_s}{2} \right) = 2 \left(\frac{40 + 20}{2} \right)$$

$$y = 60\text{mm}$$

Distancia entre centros de la corana con los satélites:

$$y_1 = m \left(\frac{Z_c - Z_s}{2} \right) = 2 \left(\frac{80 - 20}{2} \right)$$

$$y_1 = 60\text{mm}$$

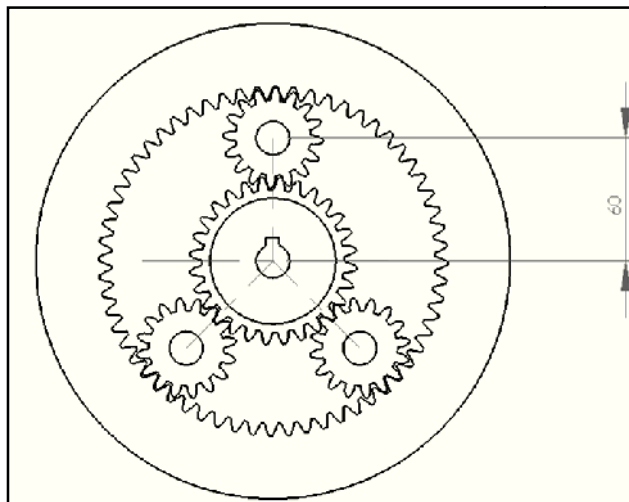


Figura. 3. 10 Distancia entre centros⁶²

3.7. ANÁLISIS DE ENGRANAJES

A continuación se detallan los estudios realizados en los distintos engranajes del conjunto de transmisión con la ayuda del programa SOLIDWORKS, él mismo q nos permite confirmar las condiciones de diseño mecánico. Los resultados se mostraran a continuación en forma de tablas de cada uno de los engranajes.

⁶² Fuente del autor

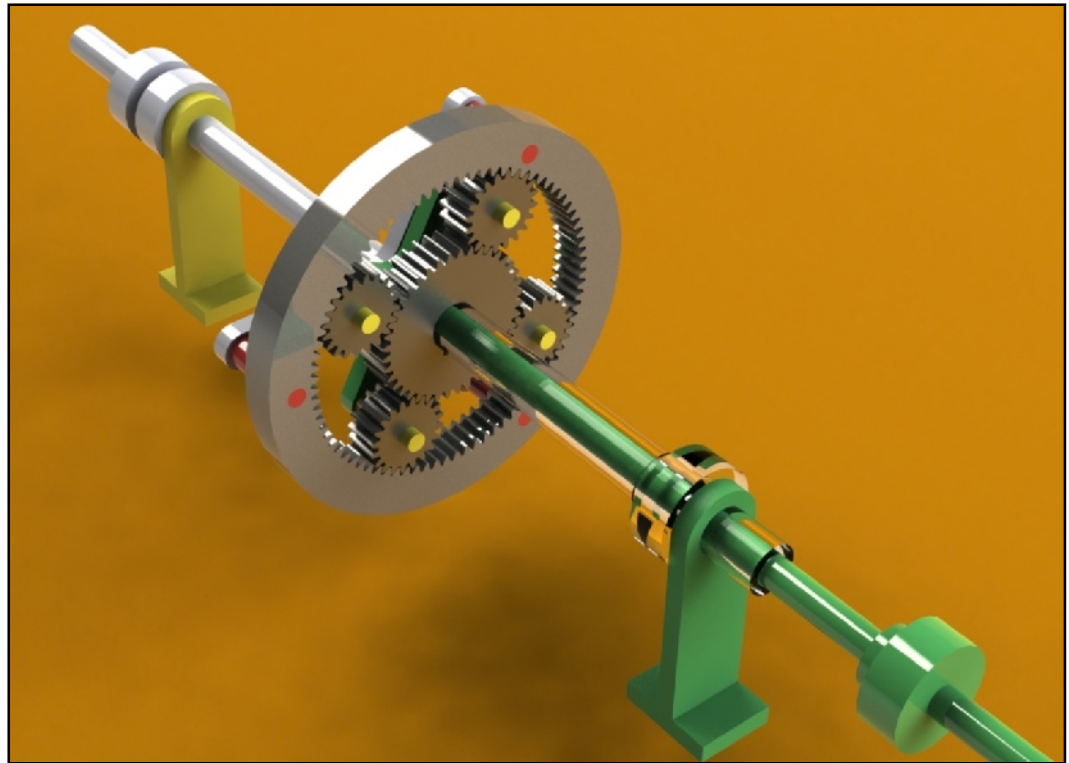


Figura. 3. 11 Conjunto diseñado total en 3D⁶³

3.7.1. UNIDADES UTILIZADAS

Tabla. 3. 5 Sistema de unidades utilizadas

Sistema de unidades	SI
Longitud/ Desplazamiento	m
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/s
Tensión/ presión	N/mm ² (MPa)

⁶³ Fuente del autor

3.7.2. PROPIEDADES DEL MATERIAL

Tabla. 3. 6 Propiedades del material utilizado

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Corona 3h	Nailon 6/10	0.398127 kg	0.000284376 m ³

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	8.3e+009	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.28	NA	Constante
Módulo cortante	3.2e+009	N/m ²	Constante
Densidad	1400	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	1.4256e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	1.3904e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	3e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	0.53	W/(m.K)	Constante
Calor específico	1500	J/(kg.K)	Constante

3.7.3. INFORMACIÓN DE MALLA

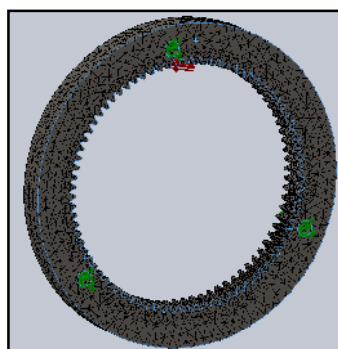


Figura. 3. 12 Mallado

Tabla. 3. 7 Propiedades de la malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	3.0023 mm
Tolerancia:	0.15011 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	21981
Número de nodos:	37225
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:25
Nombre de computadora:	GEOVANNY-PC

3.7.4. RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CORONA

Tabla. 3. 8 Resultados del análisis de la corona

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones	VON: Tensión de von Mises	0.000156	(-7.49999	23.7816	(-7.5002
		696	mm,	N/mm^2	mm,
		N/mm^2	43.5673	(MPa)	-41.5045
		(MPa)	mm,	Nodo:	mm,
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0 m	(-10 mm,	2.87045e-	(-8.611 mm,
		Nodo: 1	-45 mm,	005 m	-64.99 mm,
			72.9423	Nodo:	57.6802
			mm)	26971	mm)
Deformaciones unitarias	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.69145e-	(-8.14064	0.00221232	(1.879 mm,
		008	mm,	Elemento:	-51.5075
		Elemento:	45.5482	12009	mm,
		13439	mm,		64.6001
		65.42mm)	mm)	

3.7.4.1. TENSIONES

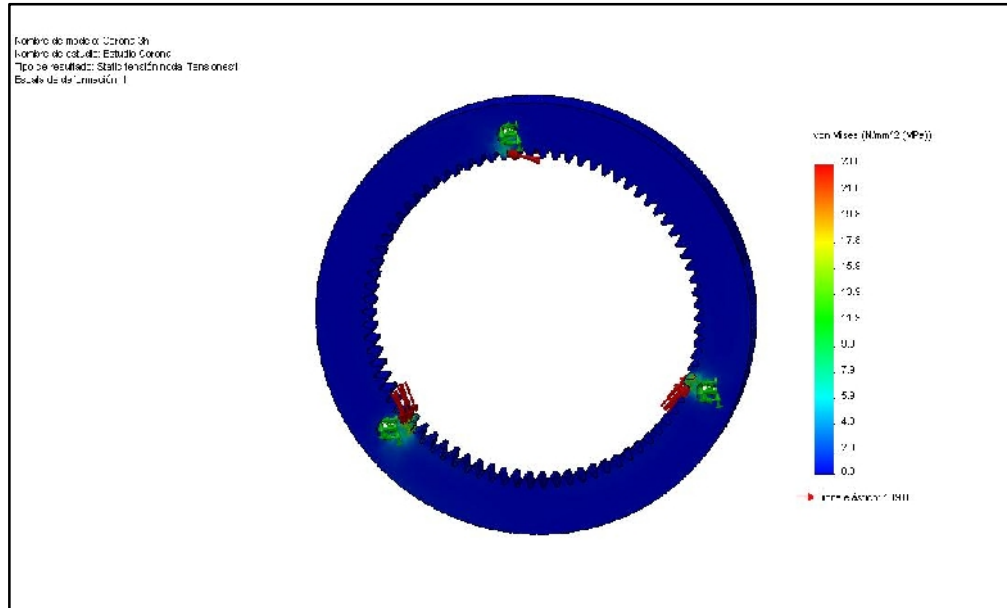


Figura. 3. 13 Estudio Corona-Tensiones

3.7.4.2. DESPLAZAMIENTO

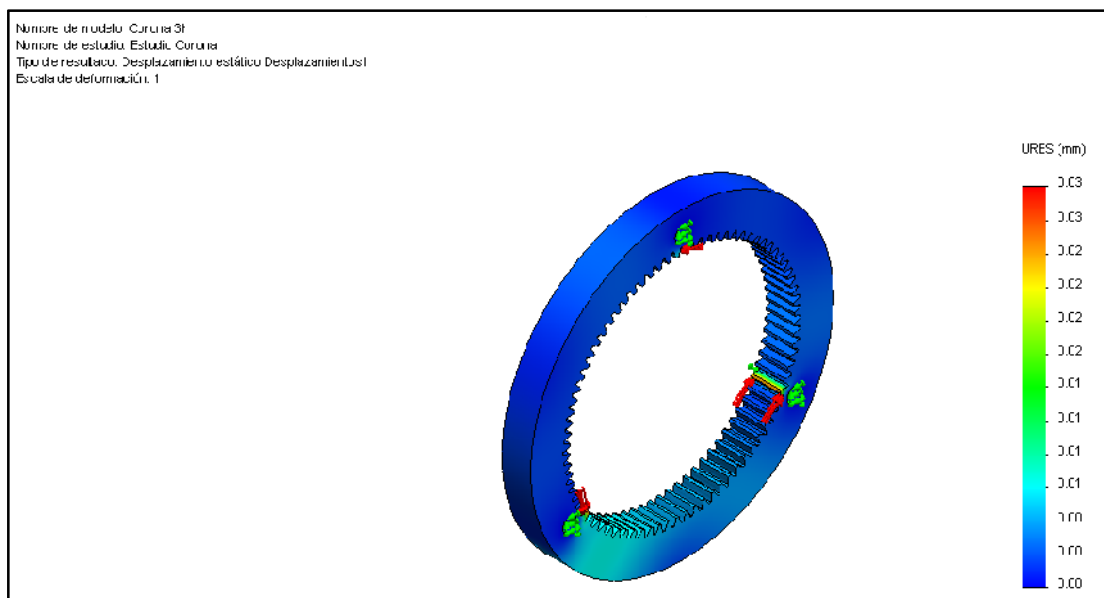


Figura. 3. 14 Estudio Corona-Desplazamientos

3.7.4.3. DEFORMACIONES UNITARIAS

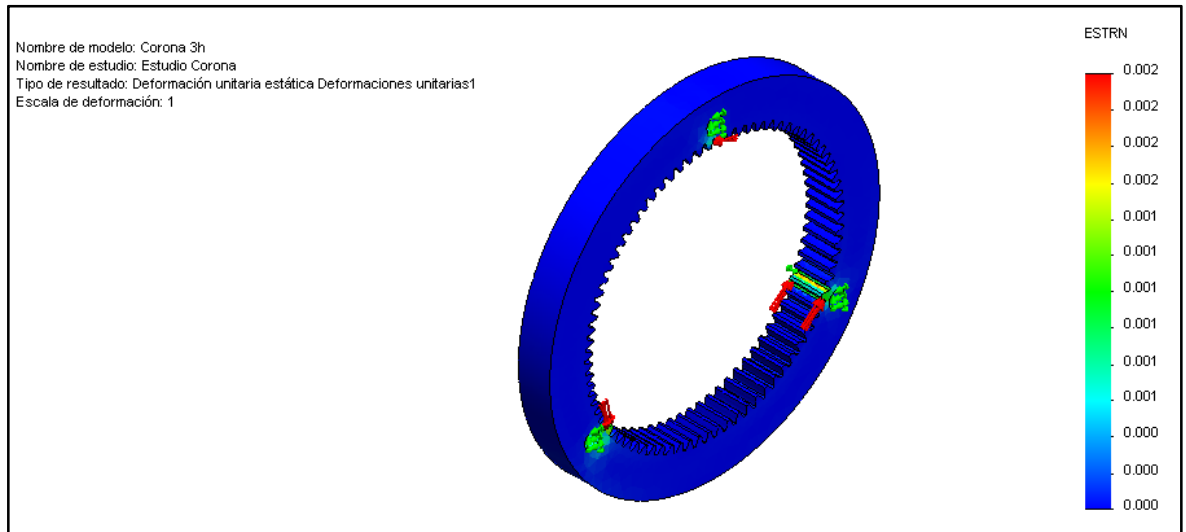


Figura. 3. 15 Estudio Corona-Deformaciones unitarias

3.7.4.4. FACTOR DE SEGURIDAD

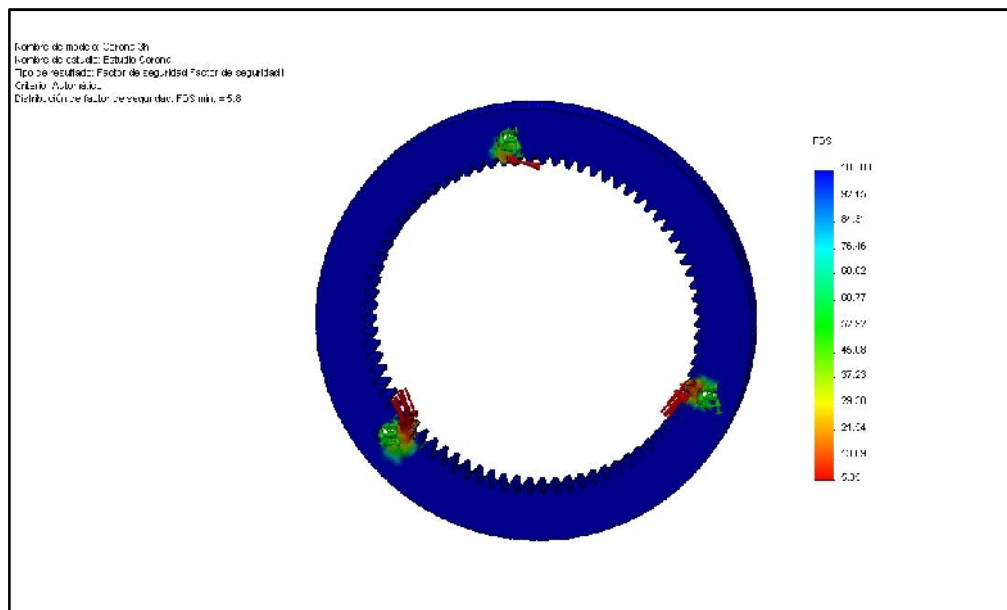


Figura. 3. 16 Estudio Corona-Factor de seguridad

3.7.4.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO

Como se puede observar los datos en la figura 3.16, el valor mínimo del Factor de Seguridad (FDS) que es generado en nuestro diseño es de 5,5 esto significa que el dimensionamiento de este engranaje, está correcto ya que sobrepasa el valor del factor de seguridad tomado para el prototipo de N=5 (factor de seguridad con incertidumbre de cargas y condiciones ambientales).

3.7.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PLANETARIO

Tabla. 3. 9 Resultados del análisis del planetario

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones	VON:	0.00207863	(167.706	35.8399	(149.131
	Tensión de	N/mm ²	mm,	N/mm ²	mm,
	von Mises	(MPa)	108.531	(MPa)	118.229
		Nodo: 43534	mm,	Nodo: 1280	mm,
			31.4954		0.839396
			mm)		mm)
Desplazamientos	URES:	0 mm	(169.134	0.0822714	(163.421
	Desplazami	Nodo: 88	mm,	mm	mm,
	ento		92.59 mm,	Nodo: 2086	122.571
	resultante		4 mm)		mm,
					3.84391
					mm)
Deformaciones unitarias	ESTRN:	1.42708e-	(168.42	0.00268294	(151.056
	Deformació	007	mm,	Elemento:	mm,
	n unitaria	Elemento:	108.106	11518	117.933
	equivalente	23093	mm,		mm,
			31.1329		0.186454
			mm)		mm)

3.7.5.1. TENSIONES

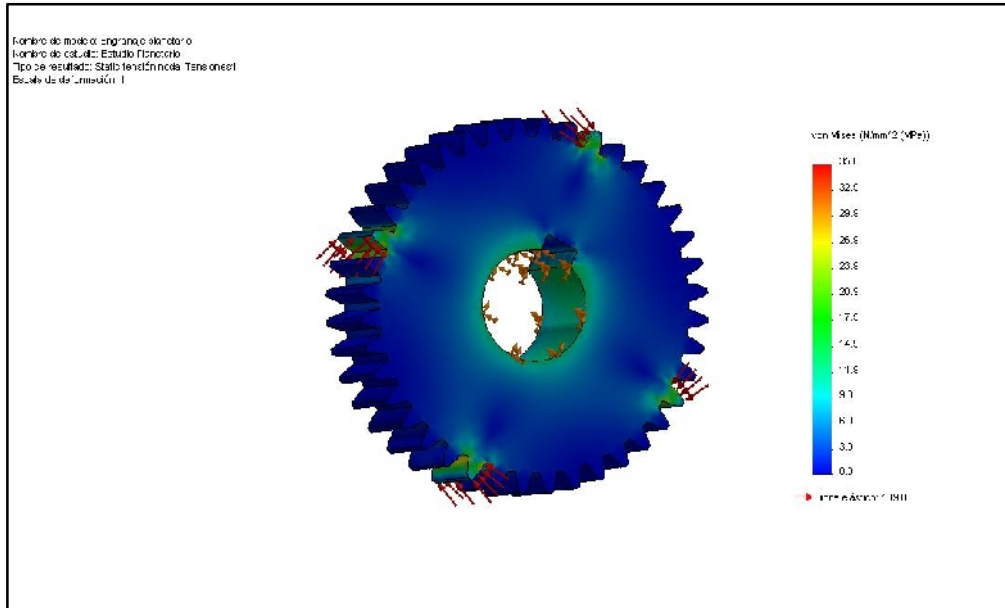


Figura. 3. 17 Estudio Planetario-Tensiones

3.7.5.2. DESPLAZAMIENTOS

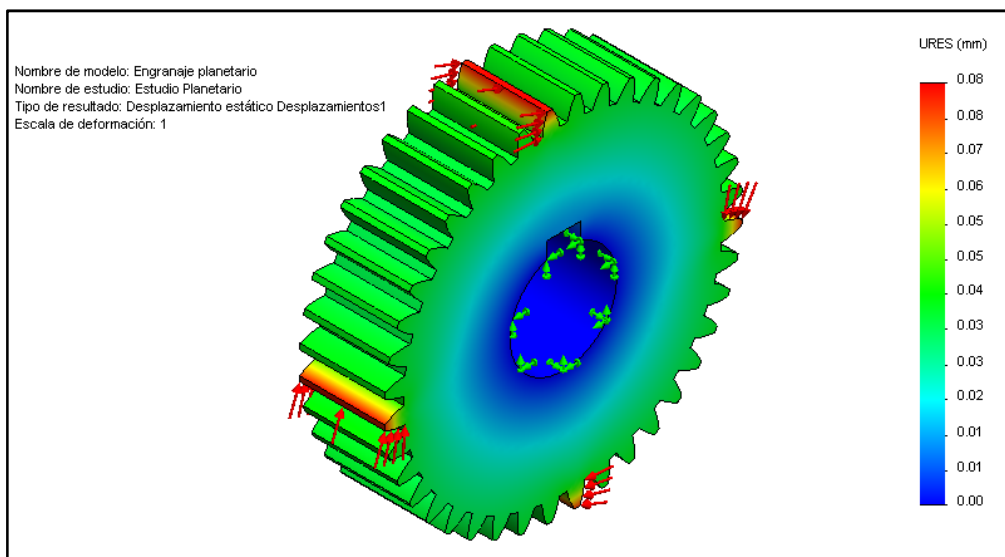


Figura. 3. 18 Estudio Planetario-Desplazamientos

3.7.5.3. DEFORMACIONES UNITARIAS

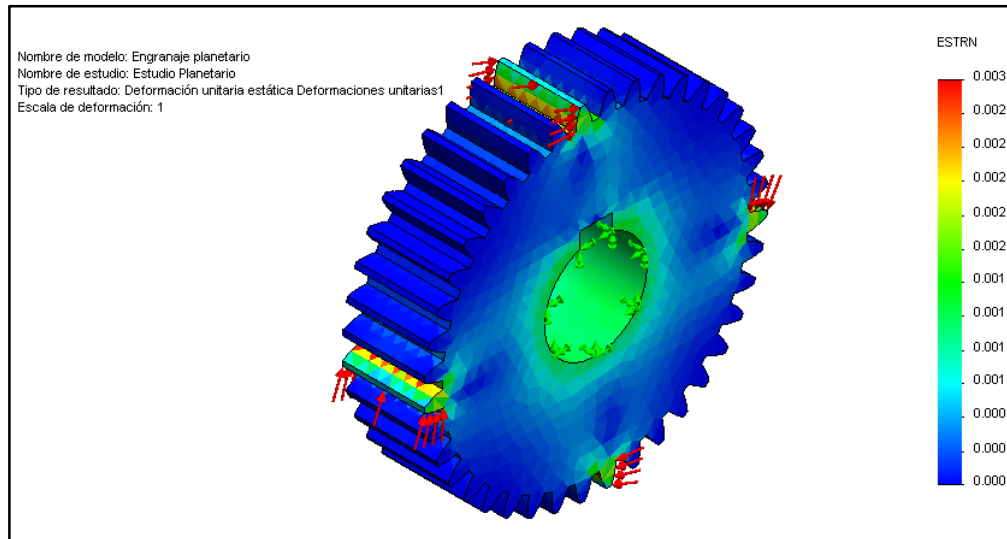


Figura. 3. 19 Estudio Planetario-Deformaciones unitarias

3.7.5.4. FACTOR DE SEGURIDAD

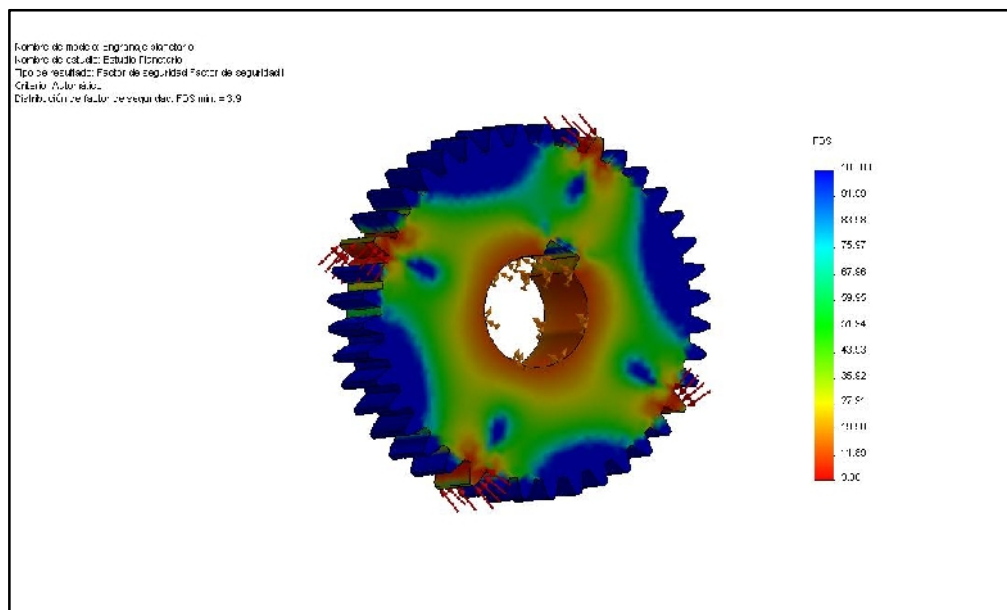


Figura. 3. 20 Estudio Planetario-Factor de seguridad

3.7.5.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO

Como se puede observar los datos en la figura 3.20, el valor mínimo del Factor de Seguridad (FDS) que es generado en nuestro diseño es de 6 esto significa que el dimensionamiento de este engranaje, está correcto ya que sobrepasa el valor del factor de seguridad tomado para el prototipo de N=5 (factor de seguridad con incertidumbre de cargas y condiciones ambientales).

3.7.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS SATÉLITES

Tabla. 3. 10 Resultados del análisis de los satélites

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones	VON: Tensión de von Mises	0.000695157	(18.5714 mm,	16.4648	(4.28526 mm,
		N/mm ² (MPa)	-3.44594 mm,	N/mm ² (MPa)	-16.9153 mm,
		Nodo: 12535	21.7285 mm)	Nodo: 7951	-4.46851 mm)
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0 mm	(22.5 mm,	0.030806	(14.2862 mm,
		Nodo: 1	9.18455e-016 mm,	7 mm	21.8026 mm,
			7.5 mm)	Nodo: 816	2.94328 mm)
Deformaciones unitarias	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.23806e-007	(10.4057 mm,	0.001490	(15.6883 mm,
		Elemento: 8258	-2.72125 mm,	34	17.6795 mm,
			20.9127 mm)	Elemento: 3318	4.07855 mm)

3.7.6.1. TENSIONES

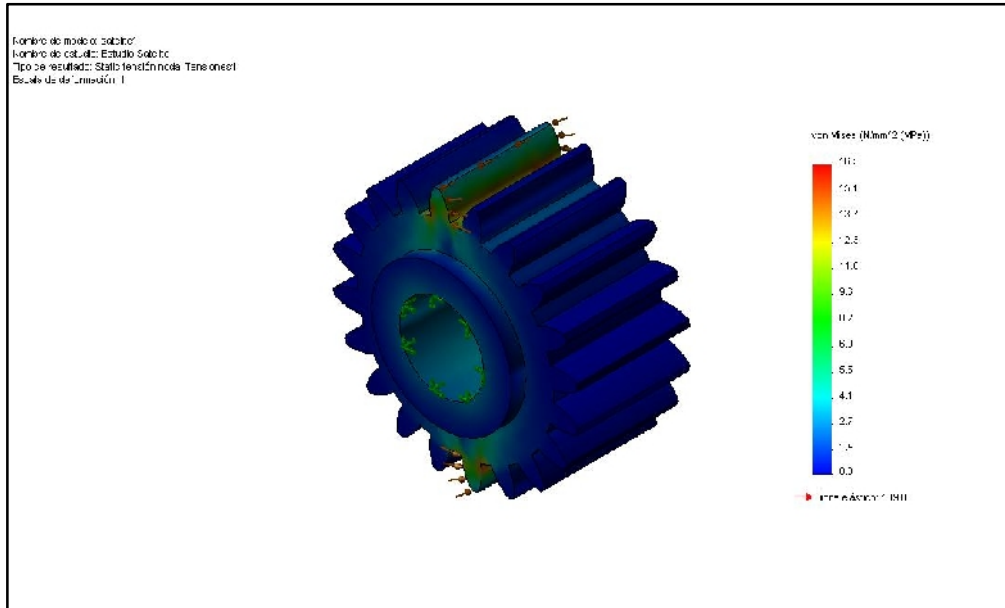


Figura. 3. 21 Estudio Satélite-Tensiones

3.7.6.2. DESPLAZAMIENTOS

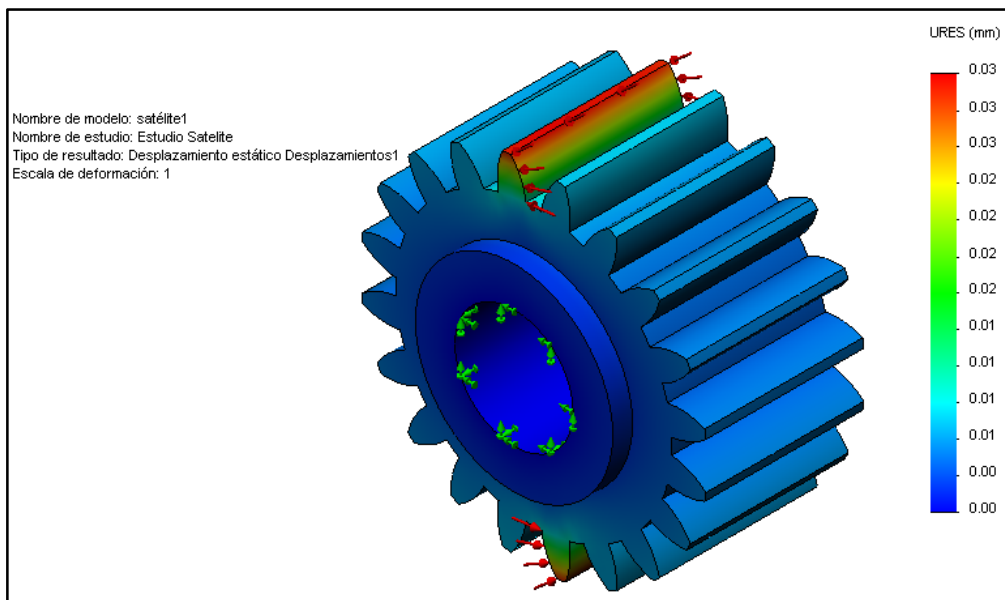


Figura. 3. 22 Estudio Satélite-Desplazamientos

3.7.6.3. DEFORMACIONES UNITARIAS

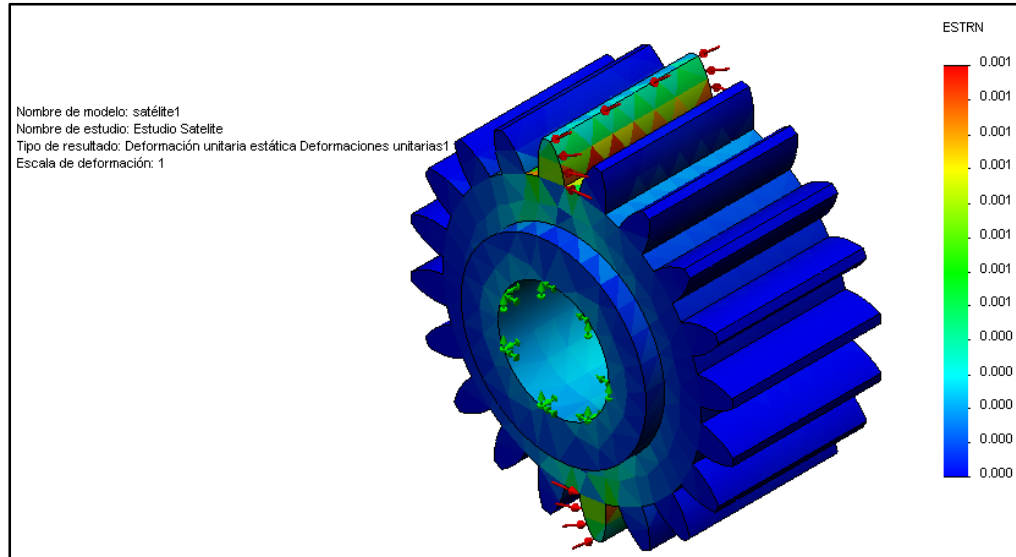


Figura. 3. 23 Estudio Satélite-Deformaciones unitarias

3.7.6.4. FACTOR DE SEGURIDAD

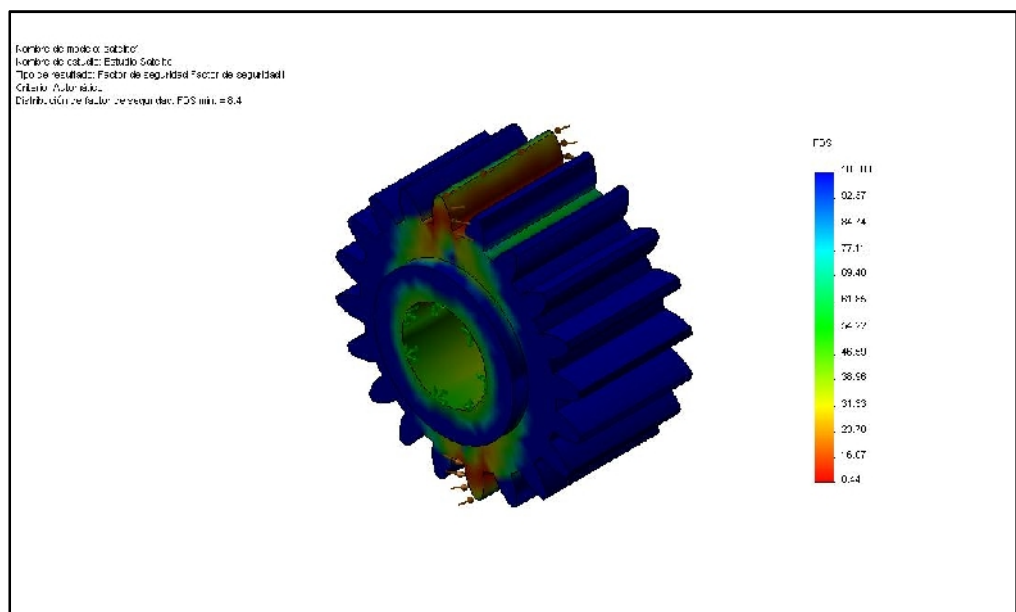


Figura. 3. 24 Estudio Satélite-Factor de seguridad

3.7.6.5. VERIFICACIÓN DE DISEÑO

Como se puede observar los datos en la figura 3.24, el valor mínimo del Factor de Seguridad (FDS) que es generado en nuestro diseño es de 8,4 esto significa que el dimensionamiento de este engranaje, está correcto ya que sobrepasa el valor del factor de seguridad tomado para el prototipo de $N=5$ (factor de seguridad con incertidumbre de cargas y condiciones ambientales).

3.8. DISEÑO DE EJES

3.8.1. EJES

Un eje es un miembro de rotación de una máquina, por lo general de sección circular, que se utiliza para transmitir energía o movimiento. En este eje suelen ir montados elementos tales como engranajes, poleas, volantes, manivelas, ruedas dentadas, y similares y los controles de la geometría de sus movimiento.

La configuración típica de un eje es la de un elemento de sección circular (macizo o hueco) escalonado, con mayor sección en el centro, de forma que los distintos elementos puedan montarse sobre él por los extremos. Además, esta configuración proporciona mayor sección resistente en la zona central, donde la flexión ocasiona los mayores esfuerzos.

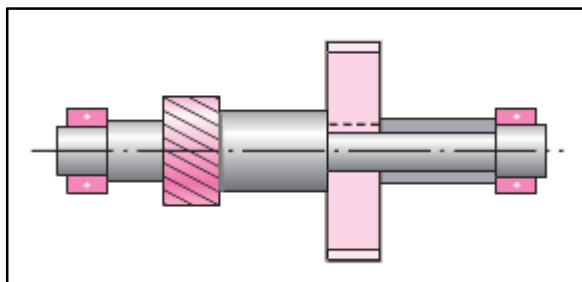


Figura. 3. 25 Figura en detalle de un eje

Los engranajes, las poleas, las catalinas y otros elementos sostenidos comúnmente por los ejes, ejercen fuerzas sobre el eje, y causan momentos flexionantes.

3.8.2. MATERIAL PARA EJES

La deflexión no se ve afectada por la fuerza, sino más bien por la rigidez, representada por el módulo de elasticidad, que es esencialmente constante para todos los aceros. Por esa razón, la rigidez no puede ser decisiva para escoger un material, sino también la geometría a la que debe estar sujeto el eje.

La fuerza necesaria para resistir la carga de tensiones afecta a la elección de materiales y sus tratamientos.

Al abordar la selección de materiales, la cantidad que se produce es un factor destacado.

3.8.3. DISEÑO DE EJE

El diseño de un eje esencialmente necesario para dar cabida a los elementos que van a ir montados sobre el eje, por ejemplo, engranajes, rodamientos y poleas. Se debe especificar al inicio del proceso de diseño con el fin de realizar un análisis de cuerpo libre de fuerzas y obtener diagramas de momento de corte. La geometría de un eje es generalmente el de un cilindro escalonado.

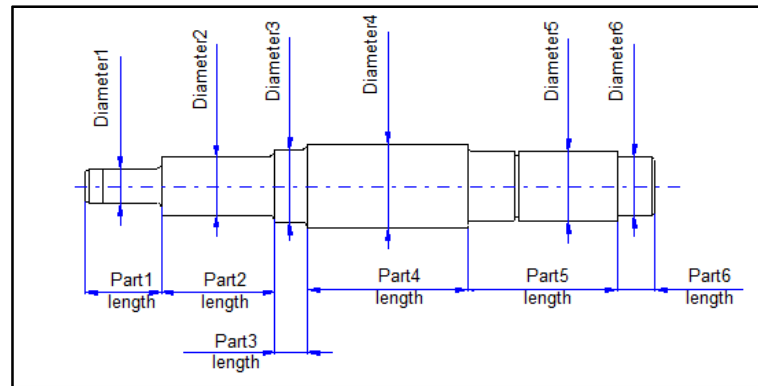


Figura. 3. 26 Partes de un eje a diseñar

3.8.4. Diseño axial de los componentes

La posición axial de los componentes es a menudo establecida por el diseñador de la máquina. En general, lo mejor es el apoyar las cargas en rodamientos, como en la figura. La longitud del voladizo deben ser cortas para minimizar la deformación.

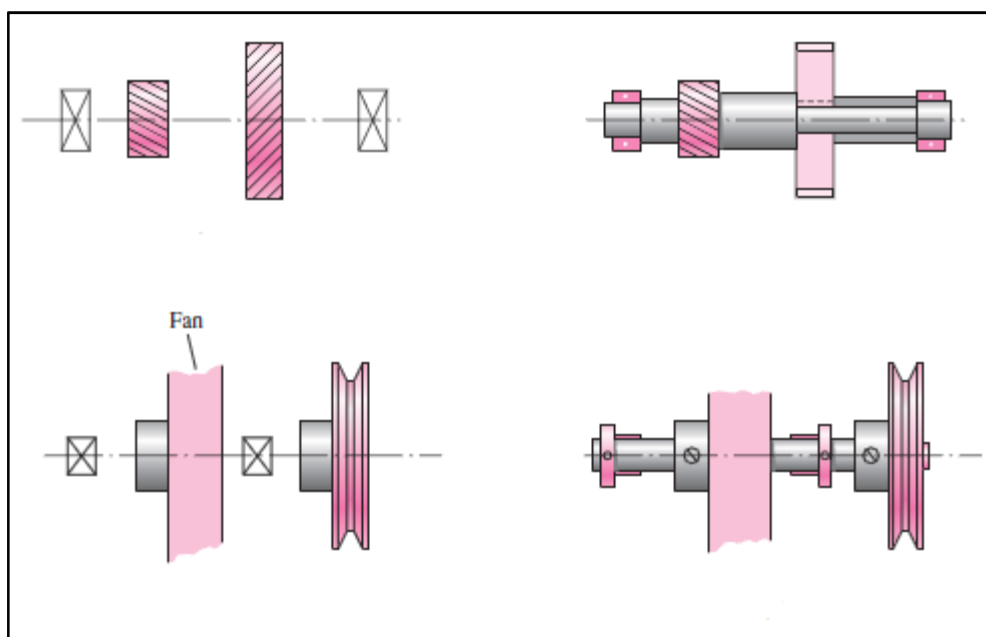


Figura. 3. 27 Forma de distribución longitudinal de componentes

Además de debe tener en cuenta el montaje y desmontaje de los elementos que van a estar montados en el eje.

3.8.5. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR UN EJE

A continuación se presentara los pasos a seguir para determinar las dimensiones de un eje.

- a. Determinar la velocidad de giro del eje.
- b. Determinar la potencia o el par torsional que debe y transmitir el eje.
- c. Determinar el diseño de los componentes transmisores de potencia, u otras piezas que serán montadas sobre el eje, y especificar el eje, y especificar la ubicación de cada uno.
- d. Especificar la ubicación de los elementos de apoyo como lo son los rodamientos.
- e. Describir en forma general de los detalles geométricos para el eje, y la forma en que se vaya a realizar la transmisión de potencia.
- f. Determinar la magnitud del par torsional que se desarrolla en cada punto del eje.
- g. Determinar los esfuerzos sobre los distintos elementos que van montados sobre el eje.
- h. Cálculo de las reacciones sobre los soportes.
- i. Cálculo de las sollicitaciones en cualquier sección.
- j. Selección del material del eje, y de su acabado.
- k. Selección del coeficiente de seguridad adecuado, en función de la manera en que se aplica la carga (suave, impacto,...). Suele estar entre 1.5 y 2.
- l. Localización y análisis de los puntos críticos en función de la geometría (cambios de sección) y de las sollicitaciones calculadas. Dimensionado para su resistencia.

- m. Determinación de las dimensiones definitivas que se ajusten a las dimensiones comerciales de los elementos montados sobre el eje.

Algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta durante el diseño son:

- Los ejes han de ser tan cortos como sea posible para evitar solicitaciones de flexión elevadas. Con la misma finalidad, los cojinetes y rodamientos de soporte se dispondrán lo más cerca posible de las cargas más elevadas.
- Se evitarán en la medida de lo posible las concentraciones de tensiones, para lo cual se utilizarán radios de acuerdo generosos en los cambios de sección, especialmente donde los momentos flectores sean grandes, y teniendo en cuenta siempre los máximos radios de acuerdo permitidos por los elementos apoyados en dichos hombros.
- Los árboles huecos permiten mejorar el comportamiento frente a vibraciones (aumento de las frecuencias de resonancia por la disminución de masa), aunque son más caros de fabricar y de mayor diámetro. A modo de ejemplo, los árboles huecos con diámetro interior 0.5 veces el exterior, sólo pesan un 75% del peso de los macizos, pero su momento resistente es sólo ligeramente inferior al de los macizos (94%).
- Para evitar problemas de vibraciones, los árboles de giro rápido exigen un buen equilibrado dinámico, buena fijación de los soportes y una rígida configuración.
- Dado que la rigidez suele ser el factor más crítico en el diseño de los árboles, se utilizarán aceros principalmente, dado su elevado módulo elástico ($E=207$ GPa), y se utilizarán de bajo coste, ya que el módulo elástico no varía entre ellos.

3.8.6. DISEÑO DEL EJE DEL PROTOTIPO.

Lo primero que se va a realizares la determinación de la velocidad de giro del eje, se va establece la velocidad máxima a la que se requiere que gire el motor.

$$\Omega=1400 \text{ rpm}$$

La potencia que transmite el prototipo

$$T = \frac{63000 * P}{\eta} \Rightarrow T = \frac{63000 * 0,33\text{HP}}{1400}$$

$$T = 14,85\text{lb} \cdot \text{in} = 1,67\text{N} \cdot \text{m}$$

El material que se emplea en la construcción del eje es el acero AISI-SAE 1018 que tiene las siguientes características:

Number	Material	Condition	Strength (Tensile)					Strain Strength, Exponent m	Fracture Strain ϵ_f
			Yield S_y , MPa (kpsi)	Ultimate S_u , MPa (kpsi)	Fracture, σ_f , MPa (kpsi)	Coefficient σ_0 , MPa (kpsi)			
1018	Steel	Annealed	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Steel	Annealed	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Steel	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Steel	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) [†]	0.041	0.81	
4142	Steel	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) [†]	0.048	0.43	
303	Stainless steel	Annealed	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) [†]	1410 (205)	0.51	1.16	
304	Stainless steel	Annealed	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) [†]	1270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aluminum alloy	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aluminum alloy	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aluminum alloy	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18	

Figura. 3. 28 Results of Tensile Tests of Some Metals

De donde se obtiene los siguientes datos:

$$S_y=220 \text{ MPa (32Ksi)}$$

$$S_u=341 \text{ MPa (49,5Ksi)}$$

La resistencia a la fatiga se obtiene de la siguiente tabla:

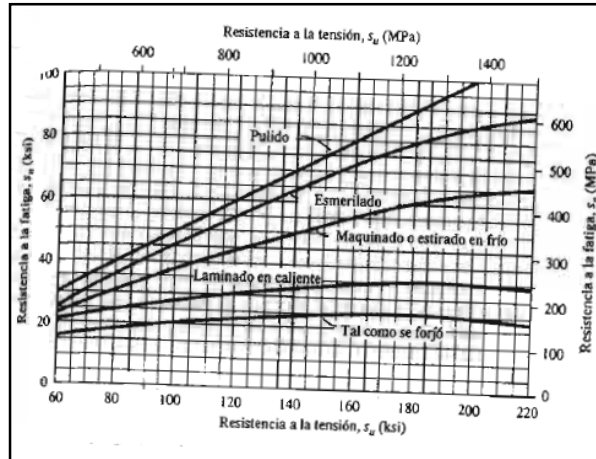


Figura. 3. 29 Resistencia a la fatiga en función de la resistencia a la tensión

Donde se tiene que $S_n=22\text{Ksi}$ y se toma una confiabilidad de $=0,99$ de lo cual se obtiene un factor de confiabilidad de $C_R=0,81$

El factor por tamaño $C_s=1$

Entonces la resistencia a la fatiga modificada es:

$$S'_n = S_n \cdot C_s \cdot C_R = (22000) (1) (0,81)$$

$$S'_n = 17,820 \text{ Ksi}$$

Tomamos un factor de seguridad con incertidumbre de ciertos datos con $N=5$.

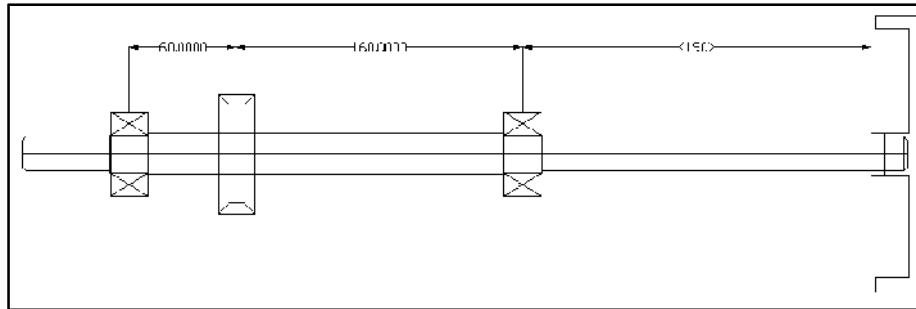


Figura. 3. 30 Disposición longitudinal de los elementos

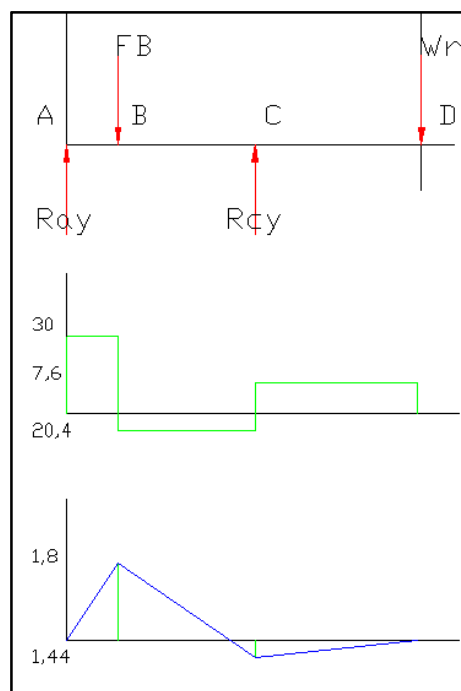


Figura. 3. 31 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y

$$\begin{aligned}
 + \uparrow \Sigma F_y &= 0 \\
 R_A - F_B + R_C - W_r &= 0 \\
 R_A - 50,4 + R_C - 7,6 &= 0
 \end{aligned}$$

$$+\uparrow \Sigma M_A = 0$$

$$-0,060F_B + 0,22R_C - 0,41W_r = 0$$

$$-0,060(50,4) + 0,22R_C - 0,41(7,6) = 0$$

$$R_{Cy} = 28\text{N}$$

$$\therefore R_{Ay} = 30\text{N}$$

$$V_{Al} = 0$$

$$V_{AD} = 30$$

$$V_{Bl} = 30$$

$$V_{BD} = 30 - 50,4 = -20,4$$

$$V_{Cl} = -20,4$$

$$V_{CD} = -20,4 + 28 = 7,6$$

$$V_{Dl} = 7,6$$

$$V_{DD} = 7,6 - 7,6 = 0$$

$$A_1 = 30(0,06) = 1,8$$

$$A_2 = 20,4(0,16) = 3,2$$

$$A_3 = 7,6(0,19) = 1,44$$

$$M_{Ay} = 0$$

$$M_{By} = 1,8$$

$$M_{Cy} = 1,8 - 3,2 = -1,44$$

$$M_{Dy} = -1,44 + 1,44 = 0$$

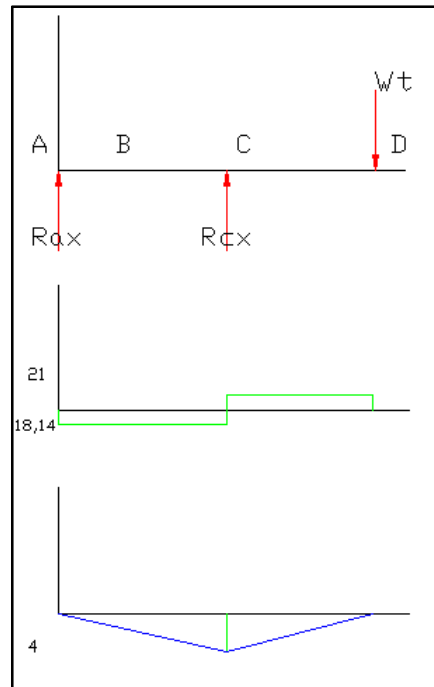


Figura. 3. 32 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en X

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_C - W_t = 0$$

$$R_A + R_C = 21$$

$$+\uparrow \Sigma M_A = 0$$

$$0,22R_C - 0,41W_t = 0$$

$$0,22R_C - 0,41(21) = 0$$

$$R_{Cx} = 39,1N$$

$$\therefore R_{Ay} = -18,13N$$

$$V_{A1} = 0$$

$$V_{AD} = -18,13$$

$$V_{C1} = -18,13$$

$$V_{CD} = -18,13 + 39,1 = 21$$

$$V_{D1} = 21$$

$$V_{DD} = 21 - 21 = 0$$

$$A_1 = 0,22(18,14) = -4$$

$$A_2 = 0,19(21) = 4$$

$$M_{Ax} = 0$$

$$M_{Cx} = -4$$

$$M_{Dx} = -4 + 4 = 0$$

Cálculo de diámetros

$$M_A = 0; K_t = 2,5 \rightarrow \text{chaflan agudo}$$

$$V_A = \sqrt{V_{Ay}^2 + V_{Ax}^2}$$

$$V_A = \sqrt{30^2 + 18,14^2}$$

$$V_A = 35\text{N}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{2,94(2,5)(35)(5)}{122,86 \times 10^6}}$$

$$D_2 = 0,004 \Rightarrow 5\text{mm}$$

D_1 tiene que ser menor para que ingrese el cojinete hasta D_2

$$M_b = \sqrt{1,8^2 + 1,08^2}$$

$$M_B = 2,1\text{Nm}$$

$$V_B = 27,3\text{N}$$

$$D = \left[\frac{32(5)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1,9 * 2,1}{122,86 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1,67}{220 \times 10^6} \right)^2} \right]^{1/3}$$

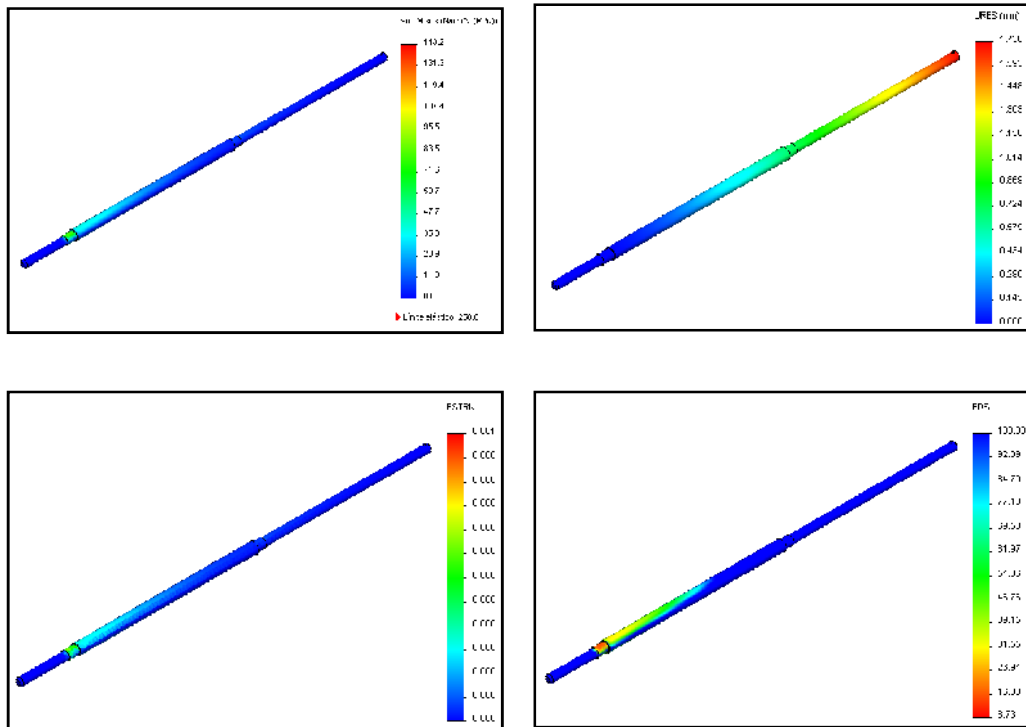
$$D_3 = 0,011 \Rightarrow 12\text{mm}$$

$$V_C = \sqrt{7,6^2 + 21^2}$$

$$V_C = 22,33\text{N}$$

$$D_4 = \sqrt{\frac{2,94 * 2,5 * 5 * 22,33}{122,86 \times 10^6}}$$

$$D_4 = 0,003 \Rightarrow 5\text{mm}$$



El análisis realizado en el programa Solidworks nos muestra valores que en el caso del análisis de tensiones se encuentra bien ya que no sobrepasa el mínimo que es 250 MPa y por otro lado el factor de seguridad que obtenemos es de 8,73 y el que tomamos para el diseño es de $N=5$ al igual que para los engranajes.

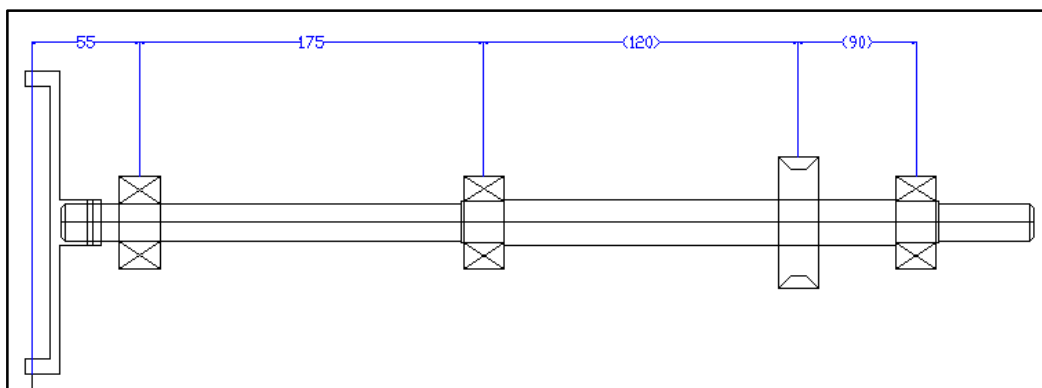


Figura. 3. 33 Disposición longitudinal de los elementos

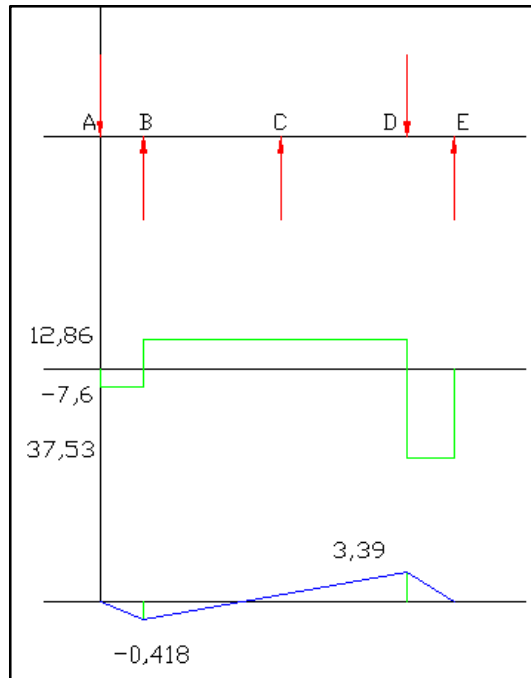


Figura. 3. 34 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_A - F_B + R_C - W_r = 0$$

$$-7,6 + R_B - 50,4 + R_E = 0$$

$$+\uparrow \Sigma M_A = 0$$

$$-7,6(0,44) + 0,385R_B - 0,09(50,4) = 0$$

$$R_{By} = 20,46\text{N}$$

$$\therefore R_{Ey} = 37,53\text{N}$$

$$V_{A1} = 0$$

$$V_{AD} = -7,6$$

$$V_{B1} = -7,6$$

$$V_{BD} = -7,6 + 20,46 = 12,86$$

$$V_{D1} = 12,86$$

$$V_{DD} = 12,86 - 50,4 = -37,53$$

$$V_{E1} = -37,53$$

$$V_{ED} = -37,53 + 37,53 = 0$$

$$A_1 = 0,055 * 7,6 = 0,418$$

$$A_2 = 0,295 * 12,86 = 3,79$$

$$A_3 = 37,53 * 0,09 = 3,37$$

$$M_{Ay} = 0$$

$$M_{By} = -0,418$$

$$M_{Dy} = -0,418 + 3,78 = 3,37$$

$$M_{Ey} = 3,37 - 3,37 = 0$$

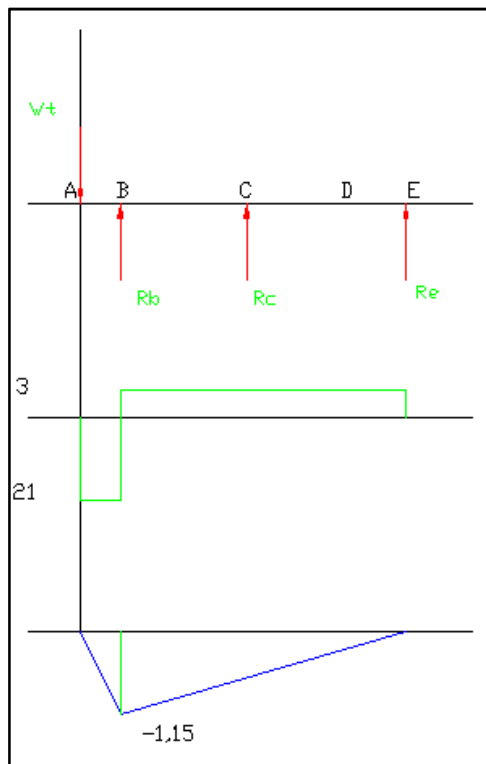


Figura. 3. 35 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionantes en Y

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$-W_t + R_B + R_E = 0$$

$$-21 + R_B + R_E = 0$$

$$\begin{aligned}\uparrow +\Sigma M_A &= 0 \\ -0,44 * 21 + 0,385R_B &= 0 \\ R_{Bx} &= 24N \\ \therefore R_{Ex} &= -3N\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{A1} &= 0 \\ V_{AD} &= -21 \\ V_{B1} &= -21 \\ V_{BD} &= -21 + 24 = 3 \\ V_{E1} &= 3 \\ V_{ED} &= 3 - 3 = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_1 &= 21 * 0,055 = 1,15 \\ A_2 &= 3 * 0,385 = 1,15\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{Ax} &= 0 \\ M_{Bx} &= -1,15 \\ M_{Ex} &= -1,15 + 1,15 = 0\end{aligned}$$

$$D_1 = \left[\frac{32 * 5}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{1,67}{220 \times 10^6} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D_1 = 0,007 \Rightarrow 7\text{mm}$$

$$\begin{aligned}V_B &= \sqrt{12,86^2 + 3^2} \\ V_B &= 13,2N \\ D_2 &= \sqrt{\frac{2,94(2,5)(13,2)(5)}{122,86 \times 10^6}} \\ D_2 &= 0,003 \Rightarrow 4\text{mm}\end{aligned}$$

$$D_3 = \left[\frac{32(5)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1,9(3,37)}{122,86 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1,67}{220 \times 10^6} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D_3 = 0,012 \Rightarrow 12\text{mm}$$

3.8.7. LISTA DE DIÁMETROS DE EJES

A continuación mostraremos los diámetros que obtuvimos en el cálculo de ejes. Luego compararemos con los diámetros de ejes comerciales para escoger cual es el más viable y sin disminuir su resistencia.

En primer lugar analizaremos el eje que va desde el motor eléctrico MT1 hasta el portasatélites.

Tabla. 3. 11 Diámetros obtenidos

Parte acoplada	Diámetro número	Diámetro mínimo
Ninguno	D_1	$<D_2; 4\text{mm}$
Rodamiento A	D_2	4mm
Polea A	D_3	11mm
Rodamiento B	D_4	5mm
Portasatélites	D_5	$<D_4; 4\text{mm}$

Luego si vemos que dos son los diámetros en los que van a ir instalados rodamientos, así que buscamos rodamientos existentes en el mercado y encontramos que el de diámetro de 10mm es que más comúnmente se halla, por lo tanto partimos de que D_2 y D_4 van a tener 10mm y esto no afecta al diseño ya que su mínimo se encuentra muy por debajo.

Luego de este establecimiento de diámetros, seguimos con los demás y obtenemos los siguientes valores: para D_1 tiene que ser menor que D_2 pero mayor a 4mm establecemos que queda en 9mm además para permitir el montaje del rodamiento A. Ahora con D_3 procedemos a ver si se encuentran poleas con taladros ya fijados así que el más común que encontramos es el de 12mm por lo tanto D_3 queda con el valor de 12mm. Y por ultimo D_5 también tiene que estar

dentro del rango de 4mm y menor que D_4 por lo tanto queda en 9mm.

Tabla. 3. 12 Diámetros finales del eje

Diámetro número	Valor final
D_1	9mm
D_2	10mm
D_3	12mm
D_4	10mm
D_5	9mm

Ahora para el eje de la corona realizamos el mismo análisis que se realizo con el eje portasatélites y obtenemos los siguientes datos.

Tabla. 3. 13 Diámetros obtenidos eje 2

Parte acoplada	Diámetro número	Diámetro mínimo
Ninguno	D_1	$<D_2$; 4mm
Rodamiento C	D_2	7mm
Polea B	D_3	11mm
Chumacera A	D_4	8mm
Chumacera B	D_5	9mm
Porta Corona	D_6	$<D_4$; 4mm

Tabla. 3. 14 Diámetros finales para el eje 2

Diámetro número	Valor final
D_1	9mm
D_2	10mm
D_3	12mm
D_4	12mm
D_5	10mm
D_6	9mm

En las tablas 3.12 y 3.14 tenemos los diámetros con los que se van a fabricar los ejes tanto del portasatélites como el de la corona, mientras que el eje del planetario tiene que ser mayor que el eje 1 y por lo tanto tendría como diámetro interior mínimo 12,5mm y se obtiene un eje con un exterior de 25mm.

Las tablas guías por fabricantes comerciales utilizadas para escoger chumaceras y rodamientos se puede apreciar en los anexos

CAPÍTULO 4

DISEÑO ELECTRÓNICO

4.1. EL TACÓMETRO

Es un dispositivo para medir la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro del motor, se mide en Revoluciones por minuto (RPM).

4.2. EL MICRO CONTROLADOR

Un micro controlador es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, CPU, Memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida.

Un micro controlador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un led hasta una sofisticada automatización.

4.3. EL MICRO CONTROLADOR PIC

El Micro controlador PIC es hoy en día la piedra angular en este siglo XXI, dentro de algunos años estaremos rodeados de Micro controladores y serán indispensables para la vida cotidiana. Nos encontramos rodeados por centrales telefónicas, celulares, tecnología inteligente dentro de nuestro vehículo en donde este micro controlador nos da la pauta para que todos estos elementos funcionen en forma eficiente y segura.

4.4. ARQUITECTURA DEL MICRO CONTROLADOR PIC

El PIC moderno está basado en la arquitectura de *Harvard*. La arquitectura conocida como Harvard, consiste simplemente en un esquema en el que el CPU está conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada Memoria de Programa. La otra memoria solo almacena los datos y es llamada Memoria de Datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos.

Para un procesador de Set de Instrucciones Reducido, o RISC (Reduced Instrucción Set Computer), el set de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de longitud. Además, como los buses son independientes, el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar. Se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

a) Que el tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que

cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa,

b) Que el tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario incluir en los programas, ya que estas tablas se encontraran físicamente en la memoria de programa (por ejemplo en la EPROM de un microprocesador).

4.4.1. ARQUITECTURA VON NEUMMAN

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos. El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus de la memoria. Es decir que un microprocesador de 8 bits, que tiene además un bus de 8 bits que lo conecta con la memoria, deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (bytes) de longitud.

Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria. Por otro lado este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar de memoria una nueva

instrucción, antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior. Es decir que las dos principales limitaciones de esta arquitectura tradicional son:

- a) Que la longitud de las instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas
- b) Que la velocidad de operación (o ancho de banda de operación) está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

La arquitectura von Neumann permite el diseño de programas con código automodificable, práctica bastante usada en las antiguas computadoras que solo tenían acumulador y pocos modos de direccionamiento, pero innecesaria, en las computadoras modernas.

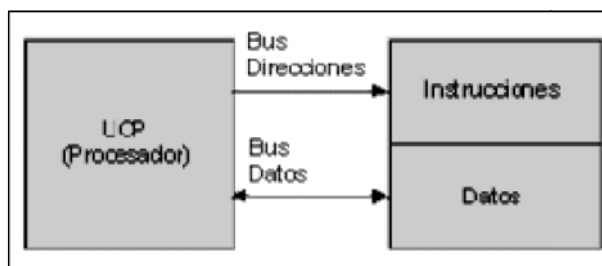


Figura. 4. 1 Arquitectura Von Neumann⁶⁴

4.4.2. ARQUITECTURA HARVARD

Arquitectura Harvard se refiere a las arquitecturas de computadoras que utilizan dispositivos de almacenamiento físicamente separados para las instrucciones y para los datos (en

⁶⁴ www.chw.net/foro/highly-technical-f43/39986-quiero-partir-por-la-base-procesadores-d.html

oposición a la Arquitectura de von Neumann). El término proviene de la computadora Harvard Mark I, que almacenaba las instrucciones en cintas perforadas y los datos en interruptores.

Todas las computadoras constan principalmente de dos partes, la CPU que procesa los datos, y la memoria que guarda los datos. Cuando hablamos de memoria manejamos dos parámetros, los datos en sí, y el lugar donde se encuentran almacenados (o dirección). Los dos son importantes para la CPU, pues muchas instrucciones frecuentes se traducen a algo así como "coge los datos de ésta dirección y añádelos a los datos de ésta otra dirección", sin saber en realidad qué es lo que contienen los datos.

En los últimos años la velocidad de las CPUs ha aumentado mucho en comparación a la de las memorias con las que trabaja, así que se debe poner mucha atención en reducir el número de veces que se accede a ella para mantener el rendimiento. Si, por ejemplo, cada instrucción ejecutada en la CPU requiere un acceso a la memoria, no se gana nada incrementando la velocidad de la CPU - este problema es conocido como *'limitación de memoria'*.

Se puede fabricar memoria mucho más rápida, pero a costa de un precio muy alto. La solución, por tanto, es proporcionar una pequeña cantidad de memoria muy rápida conocida con el nombre de caché. Mientras los datos que necesita el procesador estén en la caché, el rendimiento será mucho mayor que si la caché tiene que obtener primero los datos de la memoria principal. La optimización de la caché es un tema muy importante de cara al diseño de computadoras.

La arquitectura Harvard ofrece una solución particular a este problema. Las instrucciones y los datos se almacenan en cachés separadas para mejorar el rendimiento. Por otro lado, tiene el inconveniente de tener que dividir la cantidad de caché entre los dos, por lo que funciona mejor sólo cuando la frecuencia de lectura de instrucciones y de datos es aproximadamente la misma. Esta arquitectura suele utilizarse en DSPs, o procesador de señal digital, usados habitualmente en productos para procesamiento de audio y video.

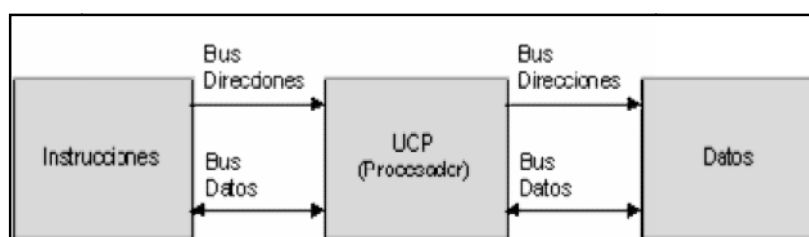


Figura. 4. 2 Arquitectura Harvard⁶⁵

4.5. MEMORIA DE PROGRAMA

4.5.1. EEPROM



Figura. 4. 3 Microcontrolador Pic con EEPROM Interna⁶⁶

Son las siglas de *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*.⁶⁷ Es un tipo de memoria ROM que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioletas. Son memorias no volátiles.

⁶⁵ www.chw.net/foro/highly-technical-f43/39986-quiero-partir-por-la-base-procesadores-d.html

⁶⁶ www.rynpsac.com.pe/es/index.

⁶⁷ EEPROM: Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory

Las celdas de memoria de una EPROM están constituidas por un transistor MOS, que tiene una compuerta flotante, su estado normal está cortado y la salida proporciona un 1 lógico. Aunque una EEPROM puede ser leída un número ilimitado de veces, sólo puede ser borrada y reprogramada entre 100.000 y un millón de veces.

Estos dispositivos suelen comunicarse mediante protocolos como I²C, SPI y Microwire. En otras ocasiones, se integra dentro de chips como microcontroladores y DSPs para lograr una mayor rapidez.

La memoria flash es una forma avanzada de EEPROM creada por el Dr. Fujio Masuoka mientras trabajaba para Toshiba en 1984 y fue presentada en la Reunión de Aparatos Electrónicos de la IEEE de 1984. Intel vio el potencial de la invención y en 1988 lanzó el primer chip comercial de tipo NOR.

La *memoria de datos EEPROM*, soporta hasta 1'000.000 de ciclos de escritura. Es utilizada para almacenar datos fijos que no cambian durante la ejecución del programa.

4.5.2. MEMORIA DE DATOS

La *memoria de acceso aleatorio*, RAM⁶⁸, es la memoria desde donde el procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados. Es el área de trabajo para la mayor parte del software de un computador. Existe una memoria intermedia entre el procesador y la RAM, llamada caché, pero ésta sólo es una copia de acceso rápido de la memoria principal almacenada en los módulos de RAM. Los módulos de RAM son la presentación comercial de este tipo de

⁶⁸ RAM: *Random Access Memory*

memoria, se compone de integrados soldados sobre un circuito impreso.

Se trata de una memoria de estado sólido tipo DRAM en la que se puede tanto leer como escribir información. Se utiliza como memoria de trabajo para el sistema operativo, los programas y la mayoría del software. Es allí donde se cargan todas las instrucciones que ejecutan el procesador y otras unidades de cómputo. Se dicen "de acceso aleatorio" o "de acceso directo" porque se puede leer o escribir en una posición de memoria con un tiempo de espera igual para cualquier posición, no siendo necesario seguir un orden para acceder a la información de la manera más rápida posible.

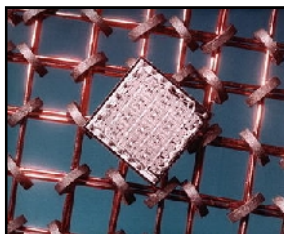


Figura. 4. 4 Memoria de acceso aleatorio RAM⁶⁹

La frase memoria RAM se utiliza frecuentemente para referirse a los módulos de memoria que se usan en los computadores personales y servidores. En el sentido estricto, estos dispositivos contienen un tipo entre varios de memoria de acceso aleatorio , ya que las ROM, memorias Flash , caché (SRAM) , los registros en procesadores y otras unidades de procesamiento también poseen la cualidad de presentar retardos de acceso iguales para cualquier posición.

En el sistema operativo Windows Vista, gracias al servicio ReadyBoost, es posible asignar memoria flash de un dispositivo

⁶⁹ www.rynpsac.com.pe/es/index.

externo USB como memoria RAM y así mejorar la velocidad del equipo informático. La memoria de datos RAM es tipo estática SRAM se utiliza para almacenar variables.

4.6. EL MICRO CONTROLADOR PIC 16F877A

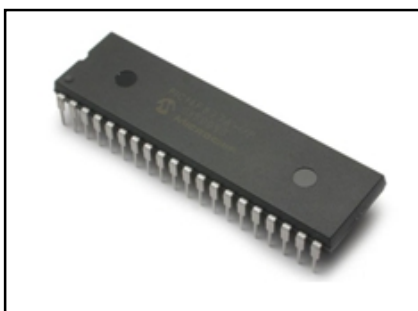


Figura. 4. 5 Micro Controlador Pic 16F877A⁷⁰

4.6.1. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL PIC 16F877A

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Juego de 35 instrucciones con 14 bits de longitud.

Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción menos las de salto que tardan 2.

- Frecuencia de 20 Mhz
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la memoria de código, tipo flash.
- Hasta 368 bytes de memoria de datos RAM
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas
- Pila con 8 niveles
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo
- Perro guardián (WDT)
- Código de protección programable
- Modo Sleep de bajo consumo

⁷⁰ www.rynpsac.com.pe/es/index.

- Programación serie en circuito con 2 patitas
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5.5 voltios
- Bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 5 Mhz)

4.6.2. PINES DE I/O (ENTRADA/SALIDA)

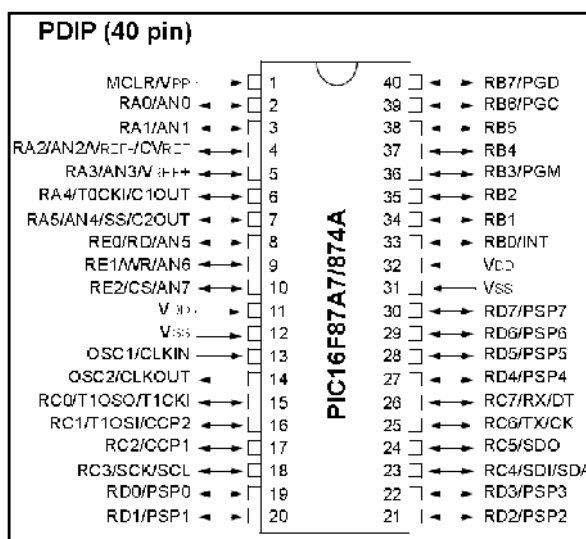


Figura. 4. 6 Designación de Pines del PIC 16F877A⁷¹

Tabla.4. 1 Designación de Pines del Pic 16F877A⁷²

PIN	DESCRIPCION
OSC1/CLKIN(9)	Entrada para el oscilador o cristal externo.
OSC2/CLKOUT (10)	Salida del oscilador. Este pin debe conectarse al cristal o resonador. En caso de usar una red RC este pin se puede usar como tren de pulsos o reloj cuya frecuencia es 1/4 de OSC1
MCLR/VPP/THV(1)	Este pin es el reset del microcontrolador, también se usa como entrada o pulso de grabación al momento de programar el dispositivo.
RA0/AN0(2)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del conversor AD (canal 0)
RA1/AN1(3)	Similar a RA0/AN0
RA2/AN2/VREF-(4)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del

⁷¹ Fuente ECG

⁷² Fuente datasheet Microchip

	conversor AD (canal 2) o entrada negativa de voltaje de referencia
RA3/AN3/VREF+(5)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del conversor AD (canal 3) o entrada positiva de voltaje de referencia
RA4/T0CKI (6)	Línea digital de E/S o entrada del reloj del timer 0. Salida con colector abierto
RA5/SS#/AN4(7)	Línea digital de E/S, entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.
RB0/INT(21)	Puerto B pin 0, bidireccional. Este pin puede ser la entrada para solicitar una interrupción.
RB1(22)	Puerto B pin 1, bidireccional.
RB2(23)	Puerto B pin 2, bidireccional.
RB3/PGM(24)	Puerto B pin 3, bidireccional o entrada del voltaje bajo para programación
RB4(25)	Puerto B pin 4, bidireccional. Puede programarse como petición de interrupción cuando el pin cambia de estado.
RB5(26)	Puerto B pin 5, bidireccional. Puede programarse como petición de interrupción cuando el pin cambia de estado.
RB6/PGC(27)	Puerto B pin 6, bidireccional. Puede programarse como petición de interrupción cuando el pin cambia de estado. En la programación serie recibe las señales de reloj.
RB7/PGD(28)	Puerto B pin 7, bidireccional. Puede programarse como petición de interrupción cuando el pin cambia de estado. En la programación serie actúa como entrada de datos
RC0/T1OSO/ T1CKI(11)	Línea digital de E/S o salida del oscilador del timer 1 o como entrada de reloj del timer 1
RC1/T1OSI/ CCP2(12)	Línea digital de E/S o entrada al oscilador del timer 1 o entrada al módulo captura 2/salida comparación 2/ salida del PWM 2
RC2/CCP1(13)	E/S digital. También puede actuar como entrada captura 1,/salida comparación 1/ salida de PWM 1
RC3/SCK/SCL (14)	E/S digital o entrada de reloj serie síncrona /salida de los módulos SP1 e I2C.
RC4/SDI/SDA (15)	E/S digital o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I2C
RC5/SDO(16)	E/S digital o salida digital en modo SPI
RC6/TX/CK(17)	E/S digital o patita de transmisión de USART asíncrono o como reloj del síncrono

RC7/RX/DT(18)	E/S digital o receptor del USART asíncrono o como datos en el síncrono
RD0/PSP0- RD7/PSP7 (19-22, 27-30)	Las ocho patitas de esta puerta pueden actuar como E/S digitales o como líneas para la transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava. Solo están disponibles en los PIC 16F874/7.
RE0/RD#/AN5 (8)	E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 5.
RE1/WR#/AN6 (9)	E/S digital o señal de escritura para la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 6.
RE2/CS#/AN7	E/S digital o señal de activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 7.
VSS(8,19)	Tierra.
VDD(20,32)	Fuente (5V).

4.6.3. CICLO DE INSTRUCCIÓN

El oscilador o cristal genera pulsos, cada uno de los cuales se les llama cuadratura Q1, Q2, Q3 y Q4. Toda instrucción tiene asociada dos procesos uno de búsqueda y otro de ejecución, cada uno de ellos ocupa un ciclo de instrucción. La primera tarea que se lleva a cabo es la búsqueda, internamente el contador de programa se incrementa en Q1. La búsqueda de la siguiente instrucción se lleva a cabo en Q4. La instrucción es ejecutada en el siguiente ciclo de instrucción como lo muestra el diagrama.

También debemos notar que utilizamos un reloj con un cristal de 4 MHz con capacitores cerámicos de 0.1 micro Faradios, para comandar el tiempo en nuestro sistema híbrido.

4.7. LCD

Los módulos LCD están compuestos básicamente por una pantalla de cristal líquido y un circuito micro controlador especializado el cual posee los circuitos y memorias de control necesarias para desplegar el conjunto de caracteres *ASCII*, un conjunto básico de caracteres japoneses, griegos y algunos símbolos matemáticos por medio de un circuito denominado generador de caracteres. La lógica de control se encarga de mantener la información en la pantalla hasta que ella sea sobre escrita o borrada en la memoria RAM de datos.

La pantalla de cristal líquido está conformada por una ó dos líneas de 8, 16, 20, 24 ó 40 caracteres de 5x7 pixels c/u.

El microcontrolador especializado puede ser el modelo HITACHI 44780 (16x2 pantalla fondo amarillo), ó el modelo HITACHI 44100. También existen módulos LCD con IC's implantados directamente sobre el PCB (POWER TIP®). Existen en el mercado los LCD de 16x2, 16x4, con y sin backlight)

Estos módulos poseen a través de estos CI's una interface paralela para ser comandada desde un microcontrolador, microprocesador ó inclusive se puede realizar el control de este desde el puerto paralelo de un PC.

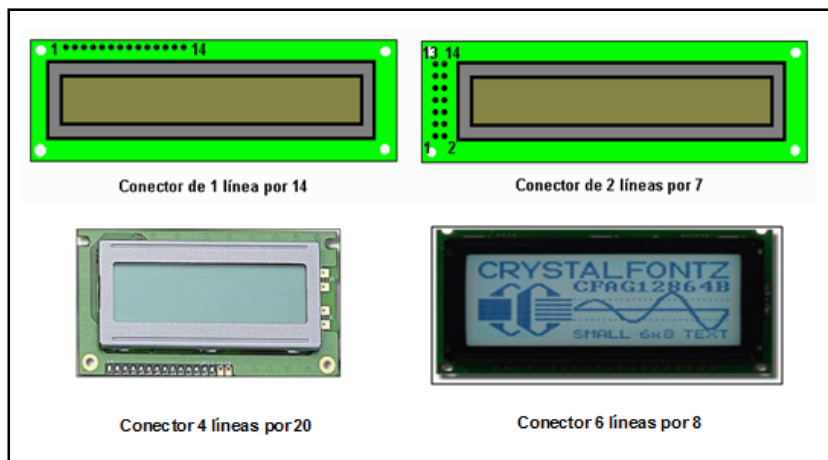


Figura. 4. 7 Tipos de módulos LCD⁷³

4.7.1. LOS CARACTERES DEL LCD

Tabla.4. 2 Caracteres del LCD

INSTRUCCION	Función
\$FE,1	Limpia el visor del LCD
\$FE,2	Vuelve al inicio (comienzo primera línea)
\$FE,\$0C	Apagar el cursor
\$FE,\$0E	Subrayado del cursor activo (-)
\$FE,\$0F	Parpadeo activo del cursor ()
\$FE,\$10	Mover el cursor una posición a la izquierda
\$FE,\$14	Mover el cursor una posición a la derecha
\$FE,\$80	Mover el cursor al comienzo de la primera línea
\$FE,\$C0	Mover el cursor al comienzo de la segunda línea
\$FE,\$94	Mover el cursor al comienzo de la tercera línea
\$FE,\$D4	Mover el cursor al comienzo de la cuarta línea
\$FE,\$7	Que el texto se ponga en movimiento

⁷³ Imágenes www.rynpsac.com.pe/es/index

4.7.2. ASIGNACIÓN DE PINES

Tabla.4. 3 Asignación de Pines

Pin número	Símbolo	Función
1	Vss	Tierra ó Masa
2	Vdd	Alimentación + 5 VDC
3	Vo	Voltaje de ajuste de contraste (5v no visible, 0v más visible)
4	R/S	Selección de Dato / Comando
5	R/W	Lectura / Escritura
6	E	Habilitador
7	D0	1a línea de datos (LSB)
8	D1	2a línea de datos
9	D2	3a línea de datos
10	D3	4a línea de datos
11	D4	5a línea de datos
12	D5	6a línea de datos
13	D6	7a línea de datos
14	D7	8a línea de datos (MSB)
15	A	Alimentación Backlight +3.5 V a +5 V
16	K	GND del Backlight

4.8. SENSORES

Un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una

tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

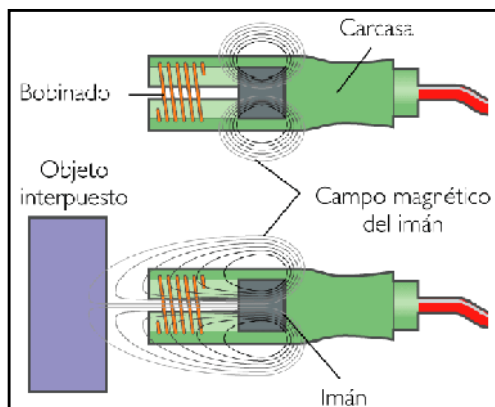


Figura. 4. 8 Sensor Inductivo en reposo y trabajo⁷⁴

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a *medir* o a *controlar*. Hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en un proceso.

Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

⁷⁴ www.kalipedia.com/tecnologia/tema/graficos-sensor-inductivo.htm

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

4.8.1. SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto (control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo).

En este tipo de sensores, debemos encontrar una señal alterna, esta señal alterna depende de una rueda fónica. El número de ondas que espera ver el PCM, depende de cuantos dientes tenga la rueda fónica.

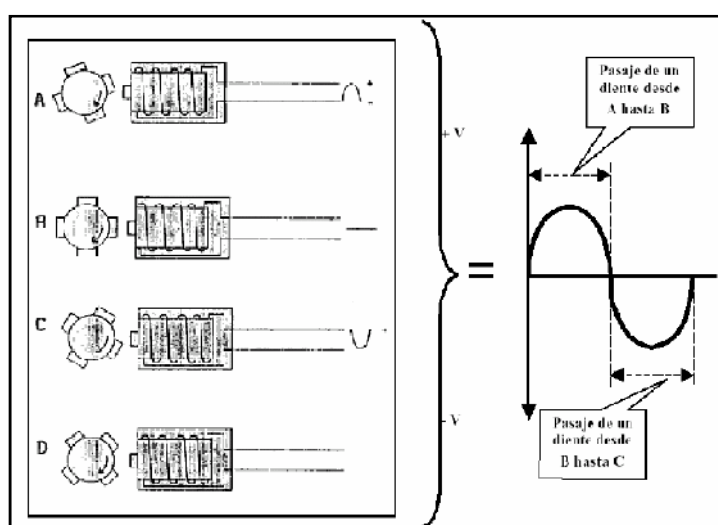


Figura. 4. 9 Diagrama de onda senoidal generada por rueda fónica⁷⁵

⁷⁵ www.libreopinion.net

4.8.1.1. FUNCIONAMIENTO

Una corriente (i) que circula a través de un hilo conductor, genera un campo magnético que está asociado a ella.

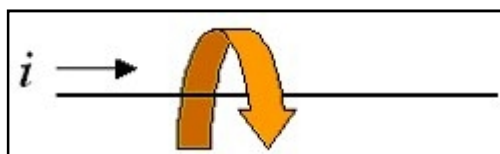


Figura. 4. 10 Campo Magnético generado por una⁷⁶

Corriente Circulante a Través de un Hilo Conductor. Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, que tiene la dirección de las flechas naranjas. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado.

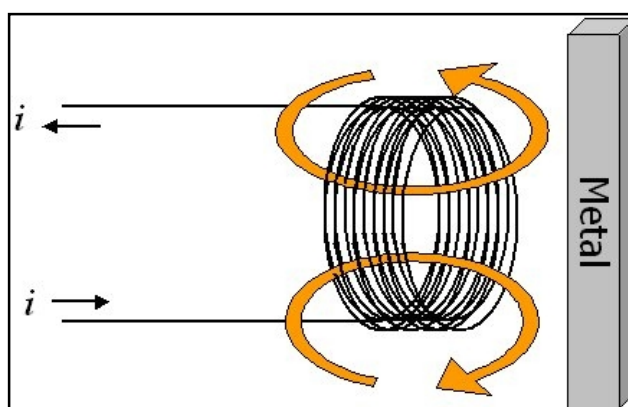


Figura. 4. 11 Campo magnético Producida por Corrientes de Foucault⁷⁷

La bobina del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Éstas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en

⁷⁶ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Cable_corriente.jpg

⁷⁷ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Bobina_corriente.jpg

la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de ésta.

La inductancia, es un valor intrínseco de las bobinas, que depende del diámetro de las espiras y el número de ellas. En sistemas de corriente alterna, la reactancia inductiva se opone al cambio del sentido de la corriente y se calcula de la siguiente manera:

$$XL = 2\pi fL$$

XL = Reactancia Inductiva medida en Ohms (Ω)

= Constante Pi.

f = Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz)

L = Inductancia medida en Henrios (H)

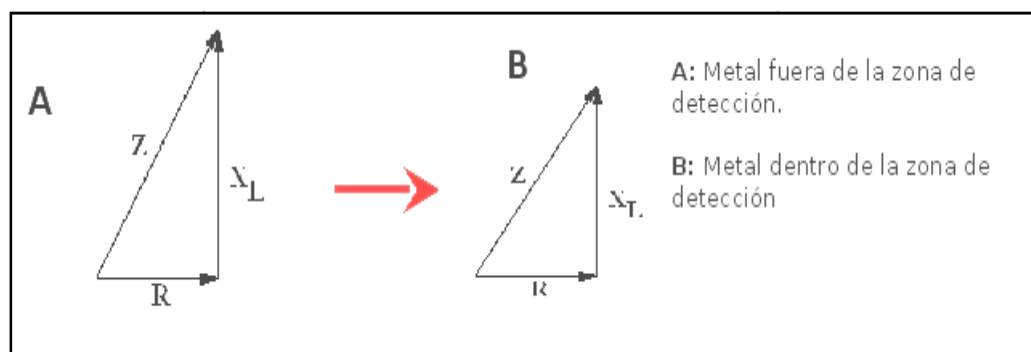


Figura. 4. 12 Metal Fuera y Dentro de la Zona de Detección por Parte del Sensor⁷⁸

En resumen, el circuito detector reconocerá el cambio en la impedancia de la bobina del sensor (Debido a las corrientes de Foucault inducidas en el objeto a detectar) y enviará una señal al amplificador de salida, el cual cambiará el estado de la misma. Cuando el metal a detectar es removido de la zona de detección, el

⁷⁸ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Trianguloimpedancias.jpg

oscilador podrá generar nuevamente el campo magnético con su amplitud normal. Es en este momento en que el circuito detector nuevamente detecta este cambio de impedancia y envía una señal al amplificador de salida para que sea éste quién, nuevamente, restituya el estado de la salida del sensor.

Si el sensor tiene una configuración "Normal Abierta", éste activará la salida cuando el metal a detectar ingrese a la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada" Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLC, Relés, PC, etc.

4.8.1.2. DISTANCIA DE SENSADO

La distancia de sensado (S_n) especificada en la hoja de datos de un sensor inductivo está basada en un objeto de estándar con medidas de 1"x1" de acero dulce. Este valor variará sensiblemente si se quiere detectar otros tipos de metales, aún materiales ferrosos como el acero inoxidable (SS) no ferrosos, como el aluminio, pueden ser detectados, pero a menores distancias.

En el siguiente gráfico se puede ver como varía la distancia de detección en función del material a detectar y el tamaño del mismo.

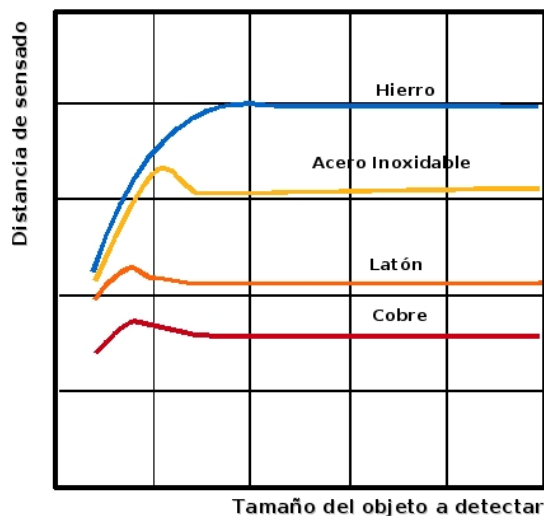


Figura. 4. 13 Distancia de Sensado Vs Tamaño de objeto a Detectar⁷⁹

4.8.1.3. ESTADOS DEL SENSOR INDUCTIVO

a. Objeto a detectar ausente (1)

- Amplitud de oscilación al máximo, sobre el nivel de operación.
- La salida se mantiene inactiva (OFF)

b. Objeto a detectar acercándose a la zona de detección (2)

- Se producen corrientes de Foucault -> “Transferencia de energía”.
- El circuito de detección detecta una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación.
- La salida es activada (ON)

⁷⁹ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Inductivo_distancia.jpg

c. Objeto a detectar se retira de la zona de detección (3)

- Eliminación de corrientes de Foucault.
- El circuito de detección detecta el incremento de la amplitud de oscilación.
- Como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (OFF).

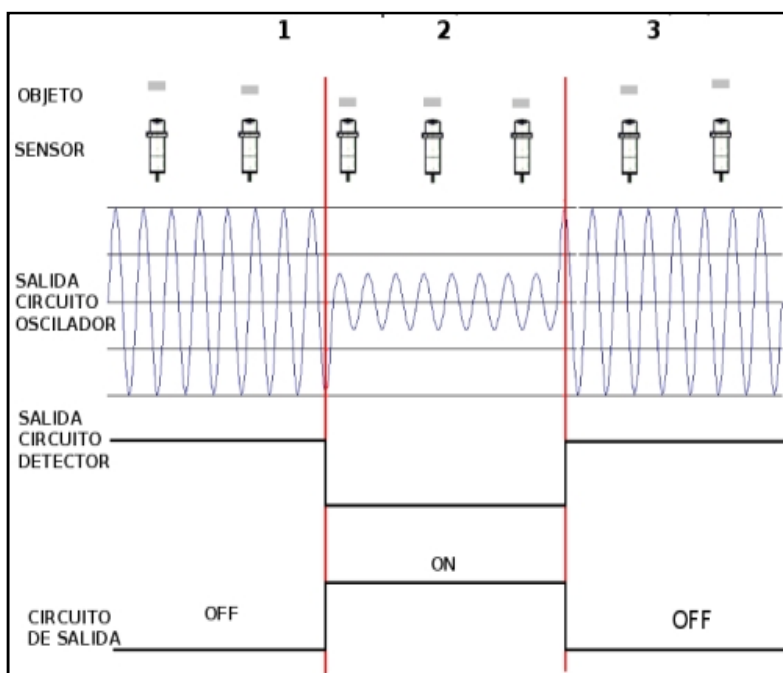
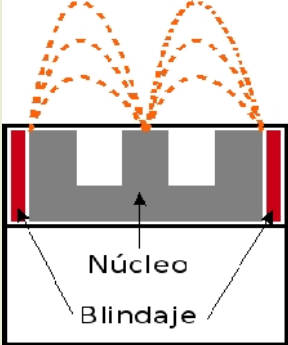
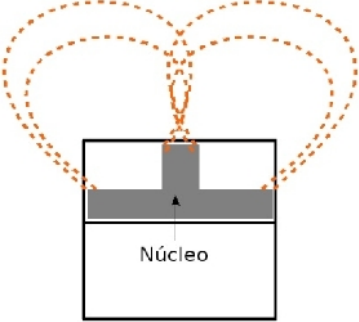


Figura. 4. 14 Estados del Sensor Inductivo⁸⁰

4.8.1.4. MODELOS DE SENSORES INDUCTIVOS

⁸⁰ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Estados_sensor_inductivo.jpg

Tabla.4. 4 Características de los Modelos de Sensores Inductivos⁸¹

SENSOR BLINDADO	SENSOR NO BLINDADO
 <p data-bbox="480 824 719 898">Figura 4.16 Sensor Blindado</p>	 <p data-bbox="943 801 1350 831">Figura 4.17 Sensor No Blindado</p>
<p data-bbox="376 920 743 1133">Los blindados tienen un agregado al núcleo y un blindaje metálico que limita el campo magnético al frente del sensor.</p>	<p data-bbox="847 920 1366 1043">Los no blindados no tienen blindaje extra, resultando en un área de sensado mayor.</p>
<ul data-bbox="376 1155 743 1458" style="list-style-type: none"> • Enrasables. • Especial para posicionamiento. • Distancias más cortas de detección. • Sensado limitado al frente del sensor. 	<ul data-bbox="927 1155 1366 1323" style="list-style-type: none"> • No enrasables. • Detección de presencia. • Distancias más grandes de detección.

Los sensores blindados, al tener todo el cuerpo roscado son más resistentes a los golpes que los no blindados.

⁸¹ www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Estados_sensor_inductivo.jpg

4.9. DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.9.1. ESPECIFICACIONES DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

4.9.1.1. PIC 16F877A

Características:

Memoria de Programa tipo Flash 8Kx14

Memoria Datos 368 bytes

EEPROM 256 bytes

33 pines de Entrada/Salida

Encapsulado: 40 pines DIP, 44 pines PLCC y 44 pines TQFP

Soporta 4 a 20MHz (cristal)

Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5VDC

4.9.1.2. MOTOR ELÉCTRICO 2(MT1)

Motor trifásico LAFERT 220 v, 1900 rpm, 240W



Figura. 4. 15 Motores LAFERT utilizados en el prototipo

4.9.1.3. CARACTERÍSTICAS LCD

Pantalla cristal Líquido AZ DISPLAYS ACM2004D, 5V DC con 16 pines.

4.9.1.4. SINAMICS G110 (VARIADOR DE VELOCIDAD MOTOR2)



Figura. 4. 16 Regulador de velocidad Sinamics G110⁸²

El variador de velocidad SINAMICS G110 de la marca SIEMENS trabaja con control de tensión-frecuencia conectado a redes monofásicas desde 200 a 240 voltios.

La etapa de control de este variador de velocidad se compone de un accesorio denominado BOP (panel básico de operación) y de un bloque de terminales de control para distintos propósitos, para iniciar el trabajo con el variador de velocidad, por medio del BOP se deben configurar los datos de placa del motor al cual se va a conectar el variador de velocidad.

Además se deben configurar parámetros como la fuente de comandos, que especifica desde donde el variador de velocidad va a recibir los comandos para su operación.

Dentro de las opciones de fuentes de comandos tenemos: Enviar comandos desde el BOP, enviar los comandos desde el bloque de terminales de control y finalmente enviar los comandos desde una interface. Para el desarrollo de esta aplicación seleccionaremos la opción de enviar los comandos desde el bloque de terminales de control.

⁸² www.automation.siemens.com

Datos Técnicos:

Tabla.4. 5 Datos Técnicos del variador de velocidad SINAMICS G110

Rango de potencia	0,12 kW a 3,0 kW
Tensión de red	1 AC 200 V a 240 V $\pm 10\%$
Frecuencia de red	47 Hz a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
cos	0,95
Rendimiento del convertidor	en modelos < 0,75 kW: 90% a 94% en modelos 0,75 kW: 95%
Corriente de Sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 x corriente asignada de salida (es decir, 150% de capacidad de sobrecarga) Capacidad de sobrecarga durante 60 s, después 0,85 x corriente asignada de salida durante 240s, tiempo de ciclo 300 s
Corriente de precarga	no superior a la corriente asignada de entrada
Método de control	Característica U/f lineal (con elevación de tensión parametrizable); característica U/f cuadrática ; característica multipunto (característica U/f parametrizable)
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar) 2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz)
Frecuencias fijas	3, parametrizables
Banda de frecuencias inhibible	1, parametrizable
Resolución de consigna	0,01 Hz digital 0,01 Hz serie 10 bits analógica (potenciómetro motorizado 0,1 Hz)
Entradas digitales	3 entradas digitales parametrizables, sin aislamiento galvánico; tipo PNP, compatibles con SIMATIC
Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o utilizable como cuarta entrada digital)
Salida digital	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, óhm., tipo NPN)
Puerto serie (variante USS)	RS485, para servicio con protocolo USS
Longitud del cable al motor	máx. 25 m (apantallado) máx. 50 m (no apantallado)
Frenado	por inyección de corriente continua
Grado de protección	IP20
Temperatura de servicio	-10 °C a +40 °C hasta +50 °C con derating
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C

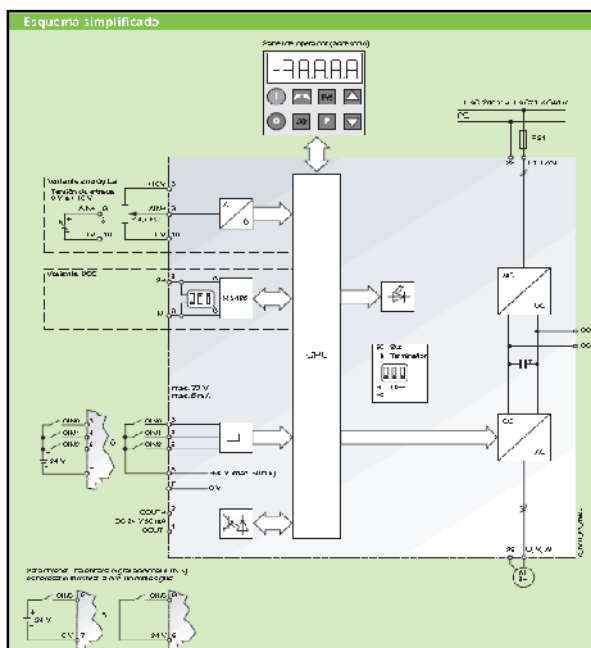


Figura. 4. 17 Esquema Simplificado del Regulador de Velocidad SINAMICS⁸³

4.10. ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS A UTILIZARSE

- Oscilador 20 Mhz
- Pic 16F877A
- (2) Motores 220v, 240W
- Transistores TIP 122
- Disipadores de Calor
- Ventilador para el Disipador
- Resistencias 330 ohmios, 4.7 K ohmios
- LCD 4 X 20
- Capacitores Cerámicos 0.1 uF
- Variador de Velocidad SINAMICS G 110, 220v AC
- Regulador de voltaje a 5v DC LM7805
- Diodos Led
- Opto Acopladores
- Diodos 2N4007
- Fuente Reglable 110v AC – 3, 6, 12 v DC, 3A

⁸³ www.automation.siemens.com

- Fuente Regulable 110v AC – 1.5, 3, 5v DC, 500mA

4.11. DISEÑO DEL CIRCUITO

➤ Adquiridos todos los elementos necesarios empezamos el montaje del circuito en Protoboard para iniciar la parte electrónica de control de la tesis; detalle de elementos en paso 4.10



Figura. 4. 18 Elementos Eléctricos y Electrónicos a utilizarse, Elementos de Programación del Pic 16F877A

➤ Armado de elementos en el Protoboard detalle del circuito total en el paso 4.12

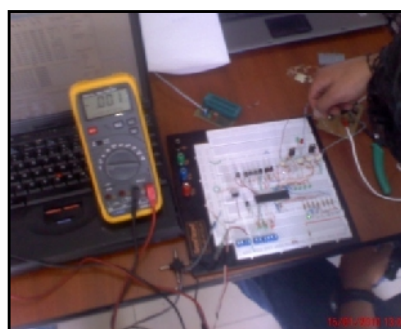


Figura. 4. 19 Ensamblaje de Circuito de Control para el sistema Híbrido

➤ Ensamblaje de indicadores de velocidad Diodos Led, pulsadores de aumento de velocidad, pulsadores de selección de simulación, etc.

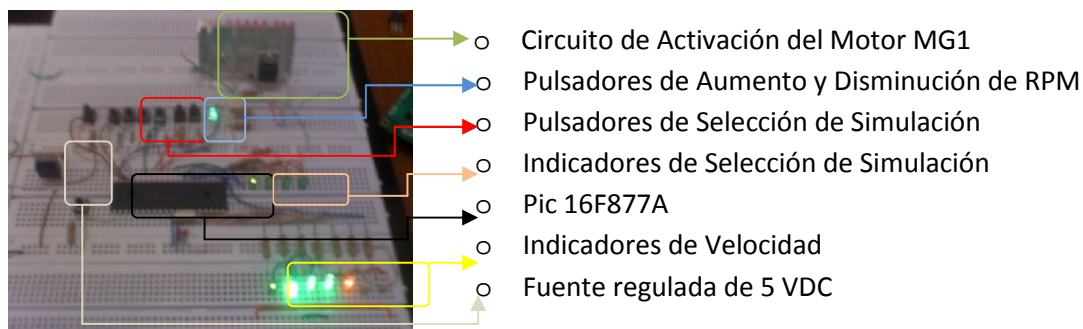


Figura. 4. 20 Ensamblaje de Elementos

➤ Diseño y construcción del circuito de potencia e inversión de giro del sistema híbrido.

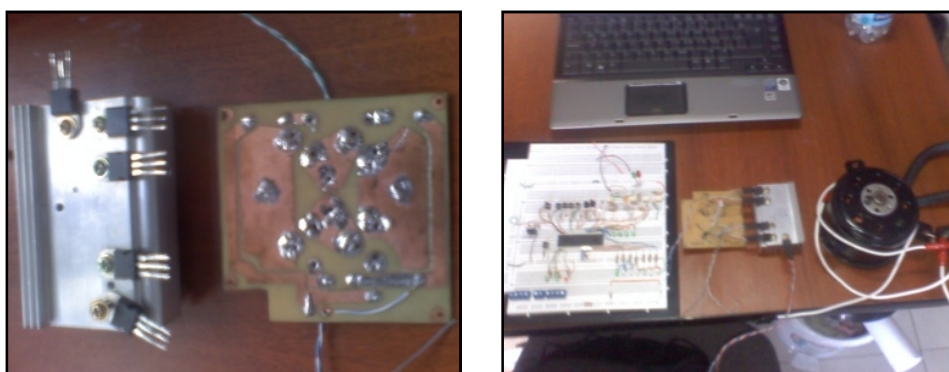


Figura. 4. 21 Construcción y ensamblaje del sistema de Potencia e inversión de giro. (Puente H)

➤ Instalación circuito del LCD, Leds de simulación de carga de Batería, control de iluminación del LCD, indicadores de marcha, etc.

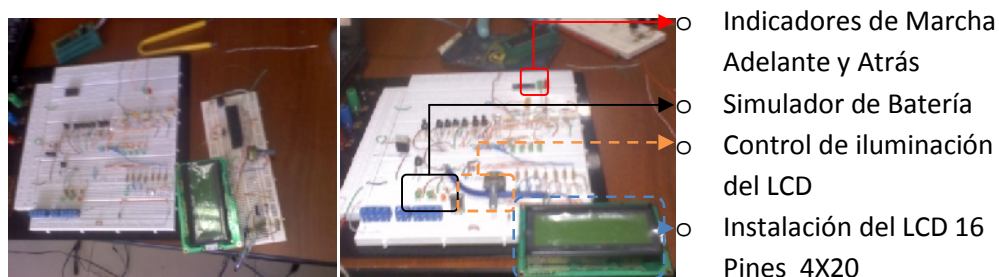


Figura. 4. 22 Instalación de Componentes

- Programación del PIC 16F877A mediante programador de puerto serial y utilización de los programas Microcode para realizar el programa e IC-PROG para grabar la información en el PIC; programación detallada en flujo en el paso 4.12,



Figura. 4. 23 Quemador serial para PICs y Utilización de Programas Microcode e IC-PROG para programar y Grabar en PIC

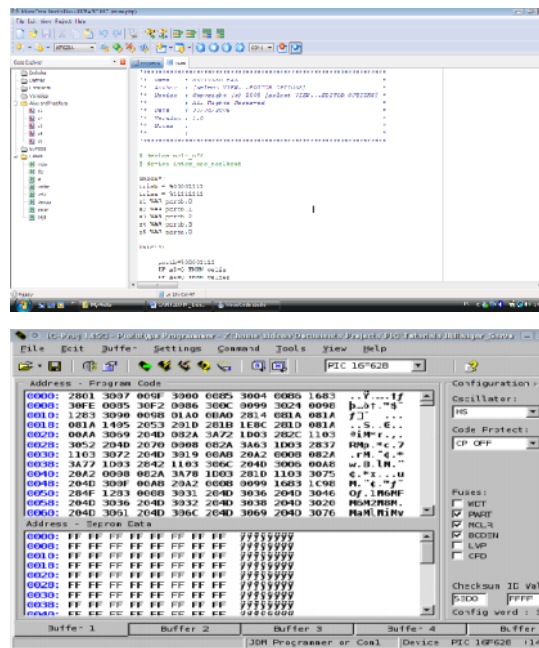


Figura. 4. 24 Programa Microcode e IC.PROG

4.12. PROGRAMACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR

La base del programa del PIC es su diagrama de flujo el cual indica todas las operaciones que debe cumplir el programa el mismo que se deberá incluir en el PIC16F877A.

Al flujo se lo dividirá en rutinas los cuales son:

- Rutina de lectura del mensaje
- Rutina de envío de mensaje
- Rutina de control de eventos

El diagrama de flujo general se indica a continuación:

En este diagrama se muestra en general cual va a ser la secuencia a seguir para formar el programa de control del sistema del prototipo.

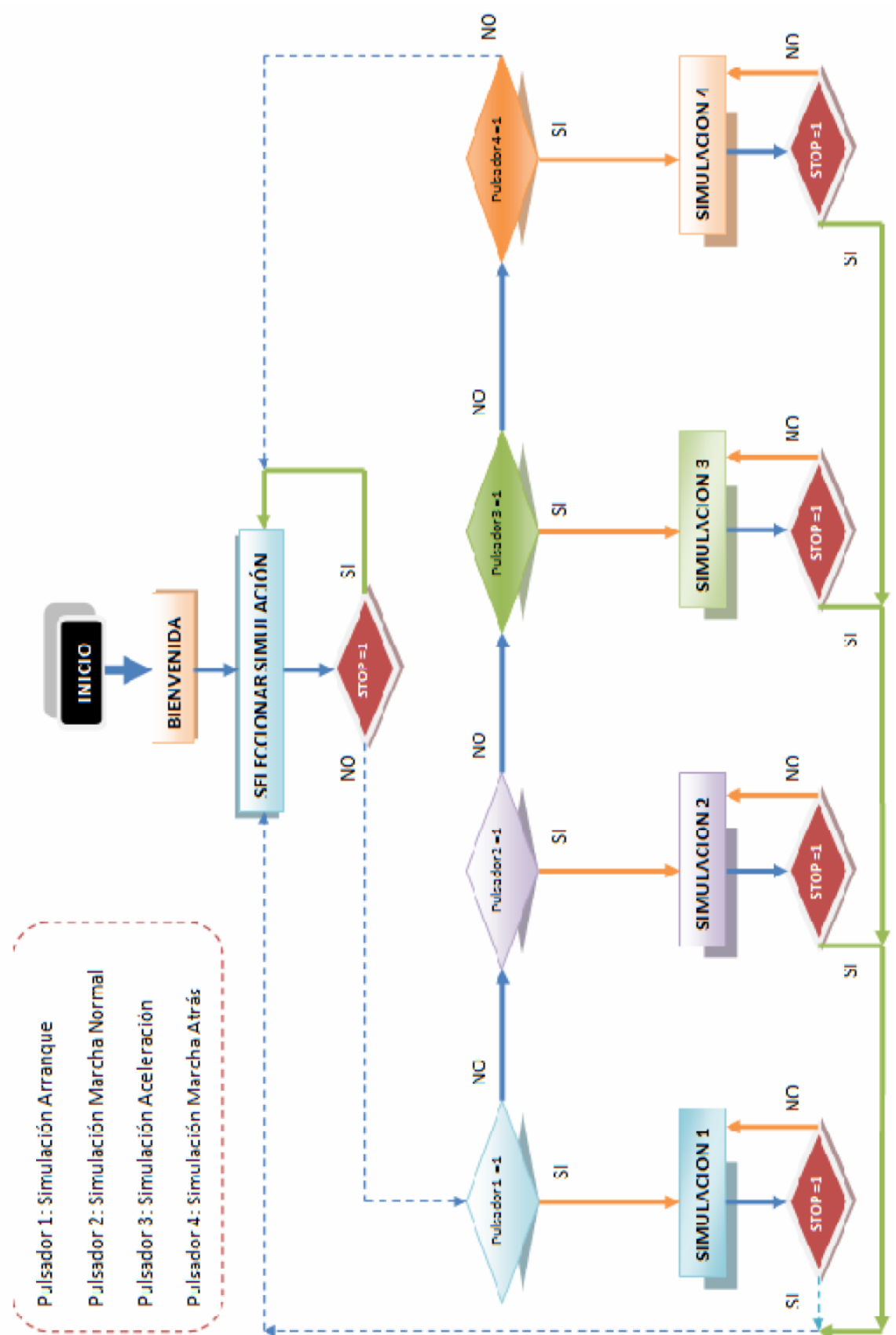


Figura. 4. 25 Diagrama de flujo general

En la figura 4.26 se muestra el diagrama de flujo de la simulación 1, a la cual llegaremos después de escoger el modo de funcionamiento adecuado; las condiciones que se dan para que este modo funcione es que sea manual y permita aumentar y disminuir la velocidad del sistema.

Además debemos tener un indicador de nivel de carga de batería que funcione según el tiempo y el desempeño del sistema.

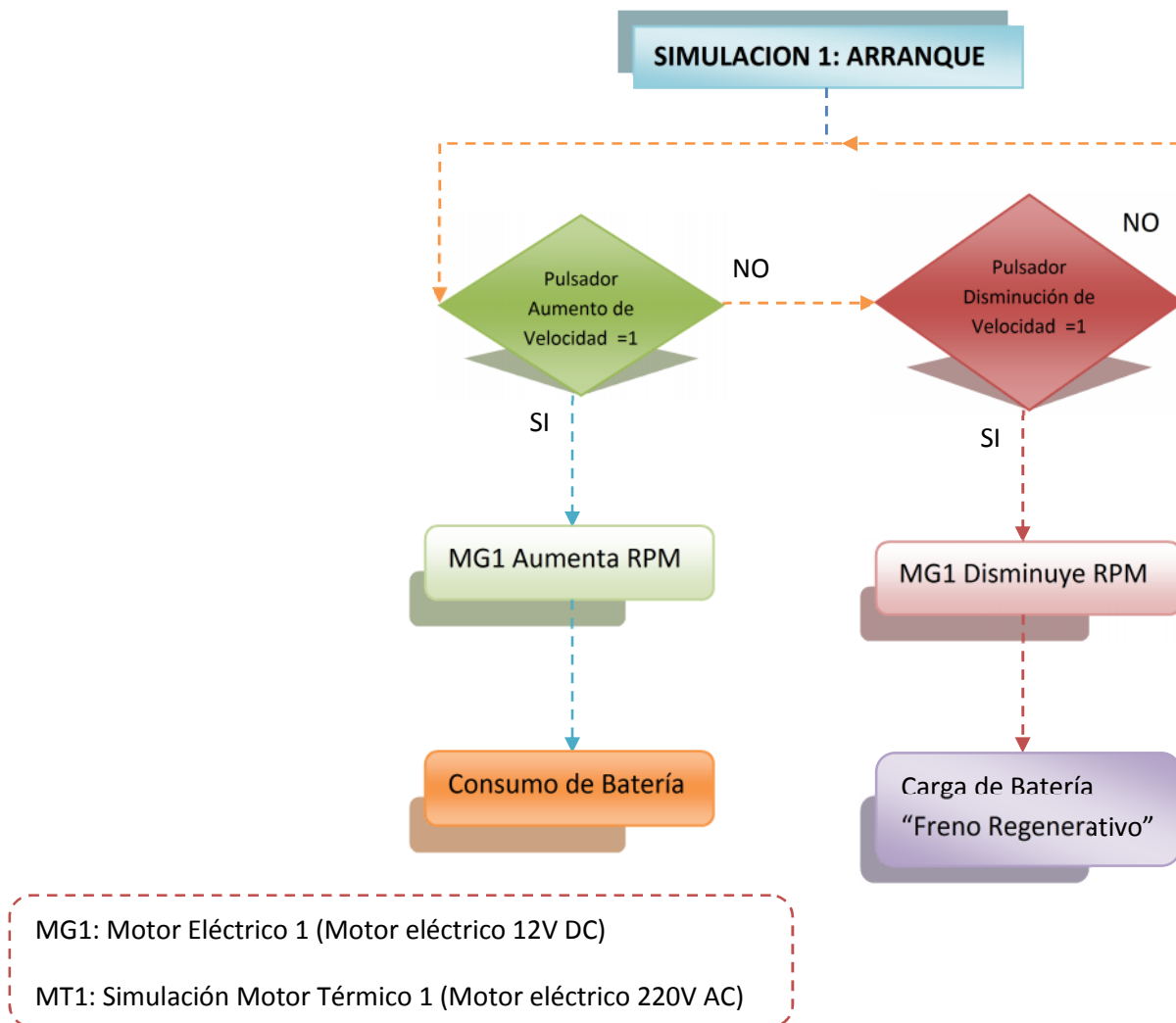


Figura. 4. 26 Diagrama de flujo simulación 1: ARRANQUE

En la figura 4.26 se muestra el diagrama de flujo de la simulacion 2, este modo de funcionamiento tiene que ser automatico, es decir, va realizar la misma operación que la simulacion 1 con la diferencia que no va a permitir aumento o disminucion de velocidad manual.

Al final de que el primer motor llegue a un rango de velocidad este se mantiene a un rango constante de velocidad mientras que el segundo motor arranca mostrando asi la forma como opera un vehículo híbrido en conduccion normal con dos motores.

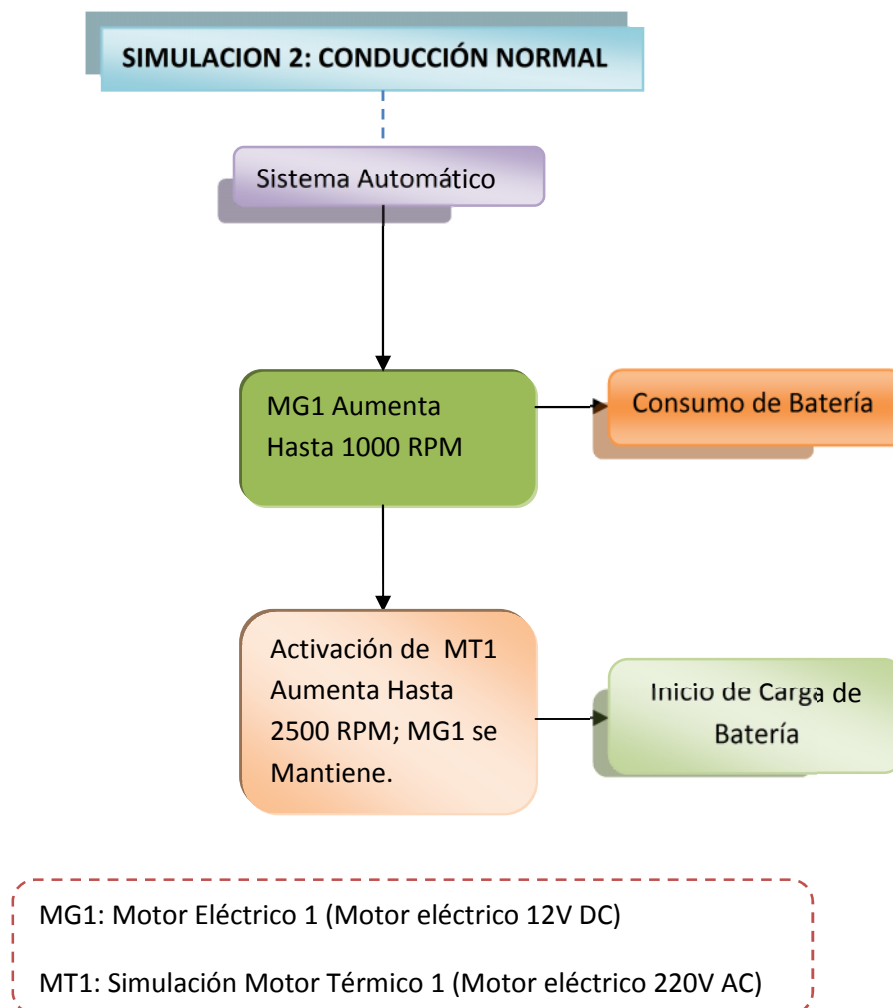


Figura. 4. 27 Diagrama de flujo Simulación 2: CONDUCCIÓN NORMAL

En el modo de funcionamiento 3, se establece que en primera instancia es automático similar a la simulación 2. Con la diferencia que al entrar en funcionamiento el segundo motor este permitirá aumentar o disminuir la velocidad de este motor para poder apreciar la fase de aceleración como se realiza en el vehículo híbrido.

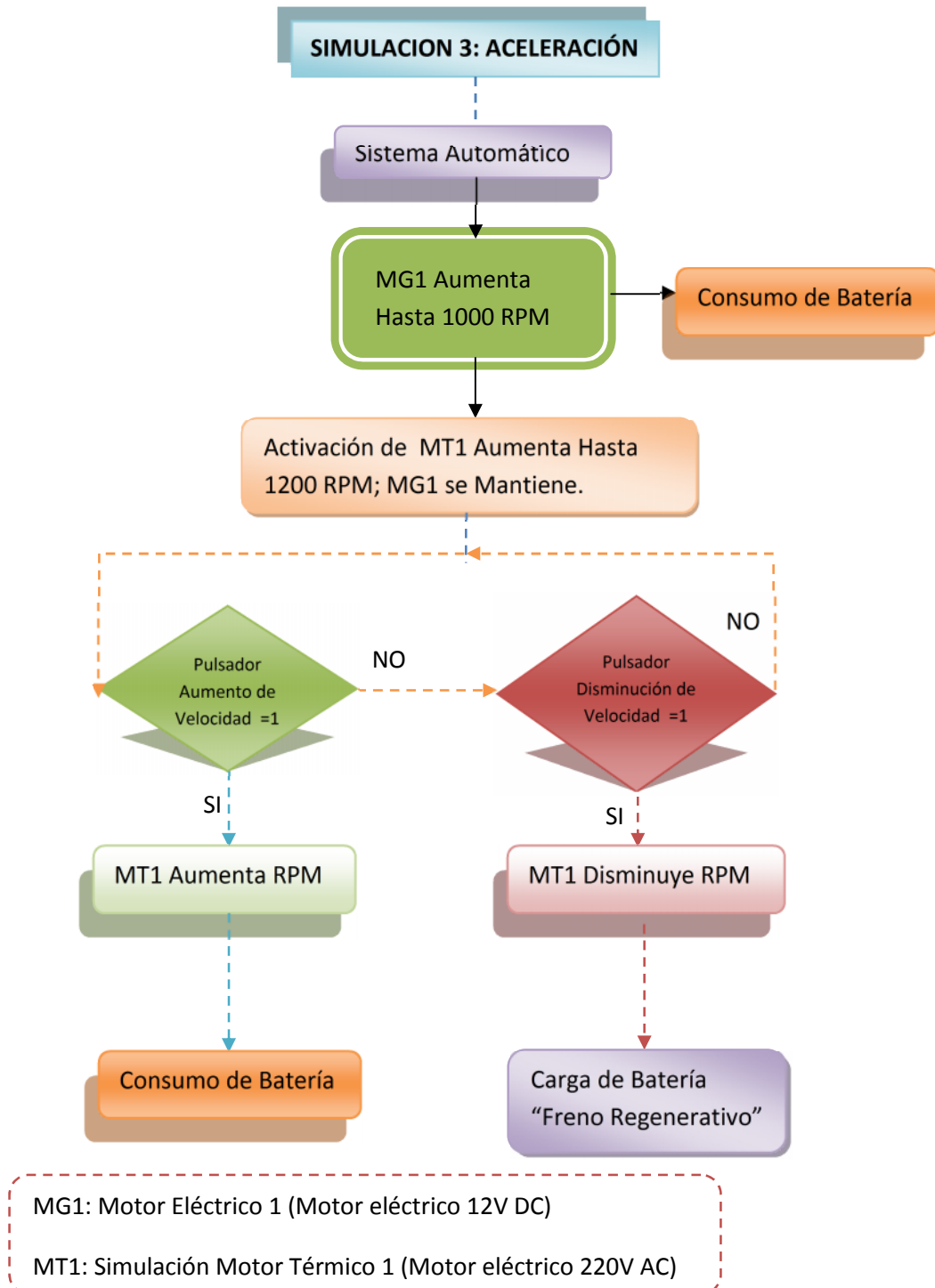


Figura. 4. 28 Diagrama de flujo Simulación 3: ACELERACIÓN

La simulación de marcha atrás nos muestra la operación del vehículo cuando requiere dirigirse en sentido contrario, para esto se invierte el movimiento del motor eléctrico 1, con lo que se obtiene la inversión de giro del sistema.

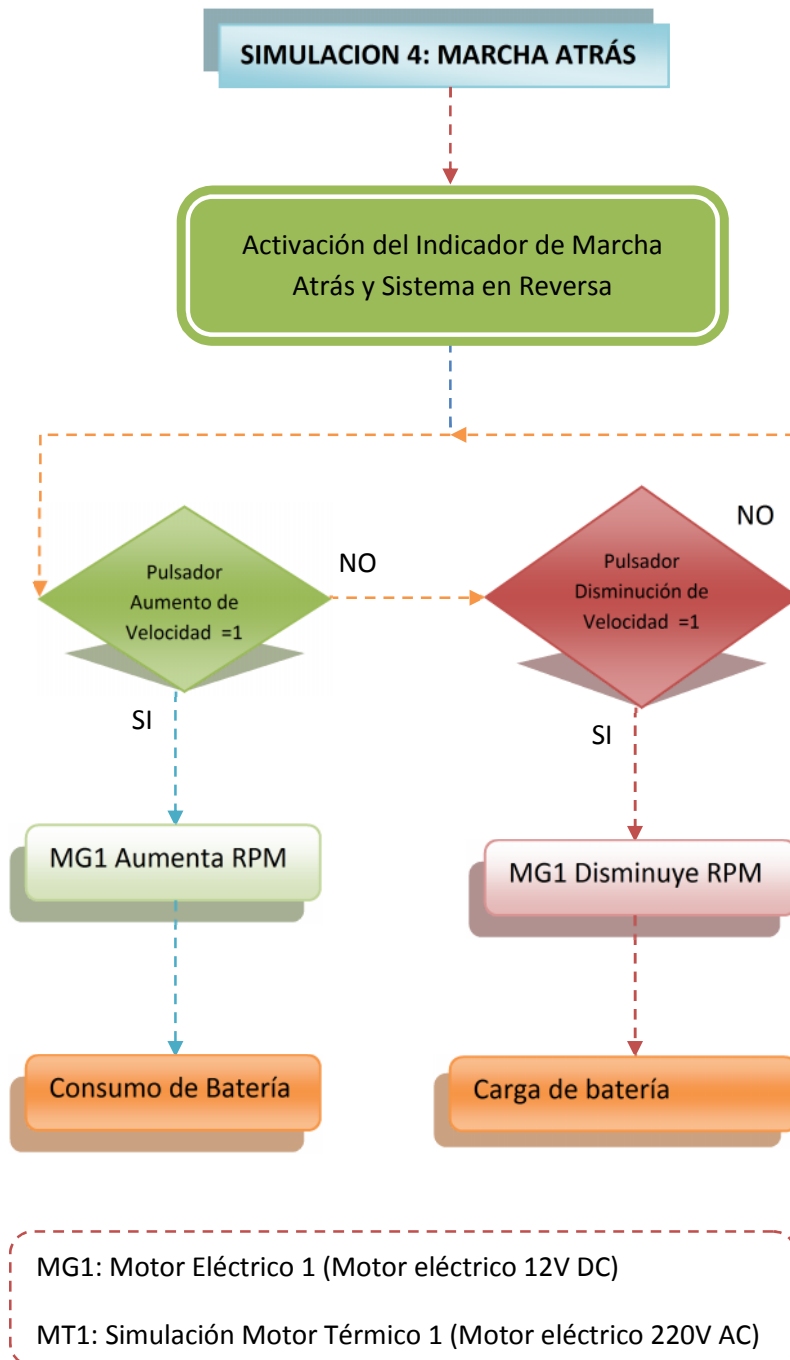


Figura. 4. 29 Diagrama de flujo Simulación 4: MARCHA ATRÁS

4.13. CIRCUITO TOTAL

4.13.1. DISEÑO DE LA PLACA

La placa que contiene el circuito es realizado en baquelita y es desarrollada mediante el circuito principal con todos los componentes requeridos para controlar el sistema.

4.14. SIMULACIÓN DE CARGA DE BATERÍAS

Para la simulación utilizamos diodos emisores de luz tipo Led, conforme el motor eléctrico consume energía, los diodos led indican la descarga de la batería, así cuando el sistema detecta una carga baja, el motor a combustión (Motor Eléctrico2) se activa iniciando la carga de la misma.

Al momento de aplicar el freno tenemos otro indicador el cual nos hace referencia al freno regenerativo, el cual se activa por acción del pulsador de disminución de velocidad conectado al sistema del PIC 16F877A al detectar un 0 lógico este activa el Led indicador dando paso a la carga de batería simulada en el sistema híbrido.

A continuación el flujo general del sistema de frenado regenerativo:

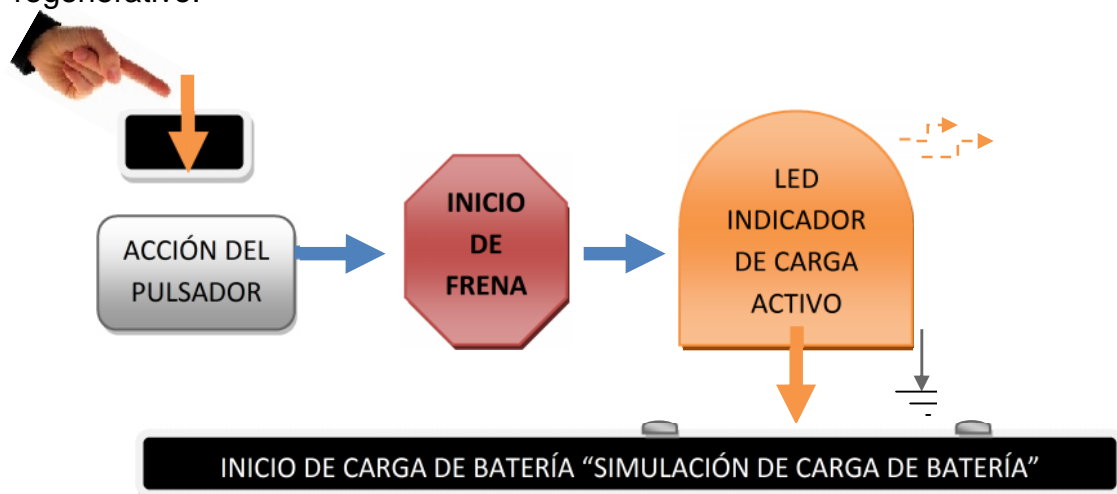


Figura. 4. 30 Flujo del Sistema de Frenado Regenerativo

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

5.1. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

5.1.1. EL TORNO

El torno es una máquina que trabaja en el plano porque solo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado charriot que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se

desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado.



Figura. 5. 1 Torno⁸⁴

5.1.2. FRESADORA

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

Los componentes principales de una fresadora son la base, el cuerpo, la consola, el carro, la mesa, el puente y el eje de la herramienta. La base permite un apoyo correcto de la fresadora en el suelo. El cuerpo o bastidor tiene forma de columna y se apoya sobre la base o ambas forman parte de la misma pieza. Habitualmente, la base y la columna son de fundición aleada y

⁸⁴ www.hierroyaluminio.com/galeria-imagenes/maquinas-herramientas/imagenes/foto-torno.html

estabilizada. La columna tiene en la parte frontal unas guías templadas y rectificadas para el movimiento de la consola y unos mandos para el accionamiento y control de la máquina.

La consola se desliza verticalmente sobre las guías del cuerpo y sirve de sujeción para la mesa. La mesa tiene una superficie ranurada sobre la que se sujeta la pieza a conformar. La mesa se apoya sobre dos carros que permiten el movimiento longitudinal y transversal de la mesa sobre la consola.

El puente es una pieza apoyada en voladizo sobre el bastidor y en él se alojan unas lunetas donde se apoya el eje portaherramientas. En la parte superior del puente suele haber montado uno o varios tornillos de cáncamo para facilitar el transporte de la máquina. [2] El portaherramientas o portafresas es el apoyo de la herramienta y le transmite el movimiento de rotación del mecanismo de accionamiento alojado en el interior del bastidor. Este eje suele ser de acero aleado al cromo-vanadio para herramientas.

5.1.2.1. OPERACIONES DE FRESADO

Con el uso creciente de las fresadoras de control numérico están aumentando las operaciones de fresado que se pueden realizar con este tipo de máquinas, siendo así que el fresado se ha convertido en un método polivalente de mecanizado. El desarrollo de las herramientas ha contribuido también a crear nuevas posibilidades de fresado además de incrementar de forma considerable la productividad, la calidad y exactitud de las operaciones realizadas.

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta

movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.

5.1.2.2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL FRESADO

Para que los trabajos de fresado se realicen en las mejores condiciones se han de cumplir una serie de requisitos. Se debe asegurar una buena rigidez de la máquina y que tenga la potencia suficiente para poder utilizar las herramientas más convenientes. Asimismo debe utilizarse el menor voladizo de la herramienta con el husillo que sea posible.

Respecto de las herramientas de fresar, hay que adecuar el número de dientes, labios o plaquitas de las fresas procurando que no haya demasiados filos trabajando simultáneamente. El diámetro de las fresas de planear debe ser el adecuado de acuerdo con la anchura de corte.

En los parámetros de corte hay que seleccionar el avance de trabajo por diente más adecuado de acuerdo con las características del mecanizado como el material de la pieza, las características de la fresa, la calidad y precisión requeridas para la pieza y la evacuación de la viruta. Siempre que sea posible, hay que realizar el fresado en concordancia y utilizar plaquitas de geometría positiva, es decir, con ángulo de desprendimiento positivo. Debe utilizarse refrigerante sólo si es necesario, pues el fresado se realiza en mejores condiciones sin refrigerante en la mayoría de las aplicaciones de las plaquitas de metal duro.

5.1.2.3. PARÁMETROS DE CORTE DEL FRESADO

Los parámetros tecnológicos fundamentales que hay que considerar en el proceso de fresado son los siguientes:

Elección del tipo de máquina, accesorios y sistemas de fijación de pieza y herramienta más adecuados.

Elección del tipo de fresado: frontal, tangencial en concordancia o tangencial en oposición.

Elección de los parámetros de corte: velocidad de corte (V_c), velocidad de giro de la herramienta (n), velocidad de avance (V_a), profundidad de pasada (p), anchura de corte (Ac),

5.1.2.4. MECANISMO DIVISOR

Un mecanismo divisor es un accesorio de las máquinas fresadoras y de otras máquinas herramientas como taladradoras y mandriladoras. Este dispositivo se fija sobre la mesa de la máquina y permite realizar operaciones espaciadas angularmente respecto a un eje de la pieza a mecanizar. Se utiliza para la elaboración de engranajes, prismas, escariadores, ejes ranurados, etc.

La pieza a mecanizar se acopla al eje de trabajo del divisor, entre el punto del divisor y un contrapunto. Al fresar piezas esbeltas se utilizan también lunetas o apoyos de altura regulable para que las deformaciones no sean excesivas. El divisor directo incorpora un disco o platillo con varias circunferencias concéntricas, en cada una de las cuales hay un número diferente de agujeros espaciados regularmente. En uno de estos agujeros se posiciona un pasador que gira solidariamente con la manivela del eje de mando. Si el divisor está automatizado, la división se realiza de forma automática,

utilizando un disco apropiado para cada caso. Este sistema se emplea en mecanizar grandes cantidades de ejes ranurados por ejemplo. La relación de transmisión entre el eje de mando y el eje de trabajo depende del tipo de mecanismo divisor que se utilice. Hay tres tipos de mecanismos divisores: divisor directo, divisor semiuniversal y divisor universal.



Figura. 5. 2 Cabezal divisor⁸⁵

Un divisor directo tiene un árbol que, por un extremo tiene una punta cónica para centrar el eje la pieza, y por el otro se acciona directamente por la manivela. Algunos de estos divisores, en lugar de tener discos intercambiables con agujeros circunferenciales, tienen ranuras periféricas y el pasador de retención se sitúa perpendicularmente al eje de mando.

Un divisor semi-universal se utiliza básicamente para mecanizar ejes y engranajes de muchos dientes cuando es posible establecer una relación exacta entre el movimiento de giro de la pieza y el giro de la palanca sobre el platillo de agujeros. Para que ello sea posible, este tipo de divisor incorpora un mecanismo interior de tornillo sin fin y rueda helicoidal cuya relación de transmisión (i) usualmente es de 40:1 ó 60:1, así como varios discos intercambiables. En estos casos, la manivela de mando debe dar 40

⁸⁵ www.commonswiki.org/wiki/File:Cabezal_divisor_universal.JPG

ó 60 vueltas para completar una vuelta en el eje de trabajo del divisor. Para girar el eje de trabajo una fracción de vuelta de valor determinado debe calcularse previamente el giro que ha de realizar la manivela. Por ejemplo, para el tallado de un piñón de 20 dientes, la manivela debe girar $40/20 = 2$ vueltas para avanzar de un diente al siguiente. Si se desea tallar un engranaje de 33 dientes, la solución es $40/33 = 1+7/33$, con lo cual hay que instalar un platillo que tenga 33 agujeros y habrá que dar un giro a la manivela de una vuelta completa más 7 agujeros del platillo de 33 agujeros.

El divisor universal es de constitución parecida al divisor semi-universal y se diferencia de este último en que incorpora un tren exterior de engranajes intercambiables que permite realizar la división diferencial y tallar engranajes helicoidales cuando se establece una relación de giro del plato divisor con el avance de la mesa de la fresadora. La división diferencial se utiliza cuando el engranaje que se desea tallar tiene un número de dientes que no es posible hacerlo de forma directa con los platillos disponibles porque no se dispone del número de agujeros que puedan conseguir un cociente exacto entre el giro del eje del divisor y el de la manivela del platillo.

Para el mecanizado de grandes producciones de ejes ranurados o escariadores, existen mecanismos divisores automáticos con discos ranurados según el número de estrías de los ejes. Estos discos agilizan el trabajo de forma considerable. El tallado de engranajes con estos mecanismos apenas se utiliza en la actualidad porque existen máquinas para el tallado de engranajes que consiguen mayores niveles de calidad y productividad. Algunas fresadoras modernas de control numérico (CNC) disponen de mesas giratorias o cabezales orientables para que las piezas puedan ser mecanizadas por diferentes planos y ángulos de aproximación, lo

cual hace innecesario utilizar el mecanismo divisor en estas máquinas.

5.2. CONSTRUCCIÓN Y DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Los primeros elementos que se construyeron fueron los engranajes (tren epicicloidal) ya que ellos eran los que más precisión debían tener.

El trabajo de fresado que consiste en una operación de maquinado en la cual se hace pasar una parte de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes; permite realizar detalles a engranes especiales. Las maquinas fresadoras deben tener un husillo rotatorio para el cortador y una mesa para sujetar, poner en posición y hacer avanzar la parte de trabajo.

5.2.1. PROCEDIMIENTOS PARA TALLAR ENGRANAJES POR MEDIO DE FRESADO

Para realizar engranajes cilíndricos se tiene tres procedimientos los cuales describimos brevemente a continuación:

El de fresado ordinario, que utiliza una fresa de forma circular cuyo perfil corresponde a la forma del hueco entre dientes; el de limado, procedimiento de generación que utiliza una herramienta en forma de diente de cremallera o del piñón que hace pareja con el engranaje que se talla; y el de fresa matriz o tornillo-fresa, el cual es también de generación, y emplea un cierto número de dientes de

cremallera con flancos rectos, arrollados helicoidalmente en torno de un cuerpo cilíndrico.

Las ruedas dentadas de pasos grandes se tallan primero en basto, obteniéndose lo que podría llamarse un engranaje por labrar que servirá de base para acabados de la exactitud que se desee. En esta operación se arranca la mayor parte del metal comprendido entre los dientes como paso preparatorio para el acabado, que se lleva a efecto por uno de los tres procedimientos mencionados antes. Este trabajo se efectúa más económicamente por la fresa con forma o por el método de la fresa matriz o tornillo–fresa. En donde se usa un diente de cremallera como herramienta generadora, es necesario que ruede la pieza base que se quiere labrar a medida que la va tallando la fresa y que se avance esta transversalmente después de cada carrera, de manera que se arranque una pequeña viruta en cada carrera, luego se gira la pieza base un ángulo pequeño y se avanza o gira la herramienta con la pieza base como si las dos estuvieran engranando. Es costumbre usar dos herramientas simultáneamente cuando se emplea este método para engendrar ruedas dentadas cónicas de dientes rectos, trabajando las herramientas sobre los lados o flancos opuestos del mismo diente.

Los engranajes que se maquinaron para este proyecto fueron realizados con una fresadora y seguimos los siguientes pasos:

1. Se procede a realizar el dimensionamiento de la rueda y el piñón de acuerdo a los cálculos realizados, estableciéndose de esta manera el diámetro exterior y el ancho del engranaje, todo esto se lo realizo en el capítulo de diseño donde se tomo como base el programa solidworks para realizar los planos de construcción.

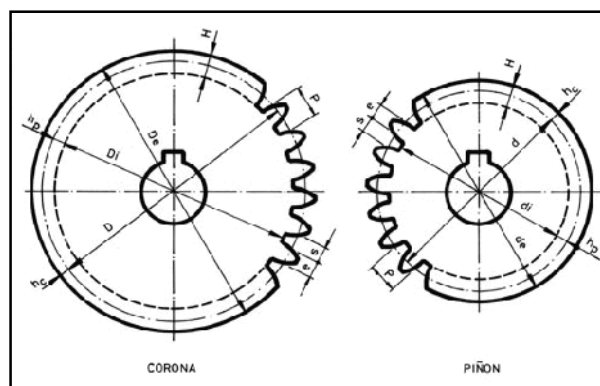


Figura. 5. 3 Dimensionamiento de los engranajes

2. Se procede a mecanizar las diferentes superficies del material a trabajar sobre la cual se fresara la cantidad de dientes previamente calculadas, siguiendo las operaciones fundamentales de torneado necesarias (refrentado, cilindrado, elaboración de agujero, torneado entre puntas), respetando los diferentes datos obtenidos del dimensionamiento del engranaje y piñón.

3. Una vez preparada la masa destinada a ser engranaje se procede a efectuar el montaje de la pieza entre puntas de la maquina fresadora, utilizando para ello el cabezal divisor, contrapunto móvil y la brida de arrastre.



Figura. 5. 4 Elaboración de la corona

4. Se procede a efectuar el montaje y centrado de la fresa en el árbol portafresa. Fresa que es elegida en función del número de dientes calculado y modulo elegido.

5. Se efectúa la división en el cabezal divisor, la cual debe corresponder al número de dientes a fresar, pudiendo ser la división directa, indirecta o diferencial.

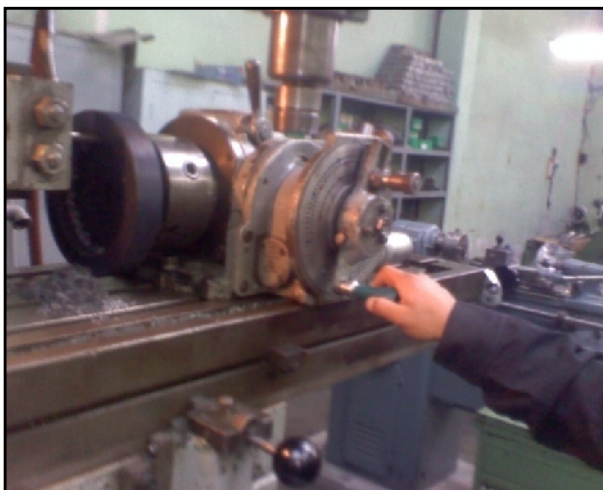


Figura. 5. 5 Elaboración de la corona – cabezal divisor

6. Se determina la altura de corte equivalente a la altura del diente a fresar desplazando la ménsula sobre la cual se halla montado la mesa de la fresadora de manera vertical utilizando el tornillo telescópico, (se debe tener en cuenta que el número de pasadas que se van a dar hasta alcanzar la altura del diente).

7. Se procede a realizar el montaje del tren de ruedas en el cabezal divisor, el cual se ha calculado previamente en función del diámetro primitivo de la rueda, paso de la hélice de la rueda, paso del tornillo de la mesa y el ángulo de inclinación de los dientes, utilizando para ello las ruedas de cambio con las que cuenta la maquina fresadora.

8. Una vez dispuesta el tren de ruedas se procede a desplazar la mesa horizontalmente en un valor equivalente al ángulo de la inclinación del diente.

9. Se procede a seleccionar la velocidad de rotación que se utilizara para el mecanizado correspondiente, la cual está en función de la herramienta y del material a fresar.

10. Una vez realizada las anteriores operaciones se pone en funcionamiento la maquina y se efectúa el corte de la primera ranura, desplazando la mesa longitudinalmente, terminada la operación se retorna al inicio y se procede a realizar una división en el cabezal divisor, nuevamente se desplaza la mesa para realizar la segunda ranura, y así..., esta operación se la debe realizar hasta que la masa de una vuelta completa y se obtengan todos los dientes planificados.



Figura. 5. 6 Tallado de los dientes de la corona 1



Figura. 5. 7 Tallado de los dientes de la corona- dientes

11. Por último, una vez concluido el fresado de todos los dientes, el engranaje se lo lleva al torno para proceder con la eliminación de las rebabas, producto del corte en la fresadora, utilizando para el efecto la cuchilla adecuada.

12. Todas las operaciones anteriormente realizadas se las efectuó para elaborar todos los engranajes del proyecto.

13. En cada uno de los pasos que se desarrollaron de tomo mucho en cuenta los diferentes aspectos de seguridad industrial.

5.2.2. ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Una vez concluido el tallado de engranajes el siguiente paso fue realizar cada una de las demás piezas que conforman el sistema de transmisión con las cuales vamos a poder armar todo el prototipo.

Entonces se procede a unir la corona con su soporte como vemos en la siguiente figura.

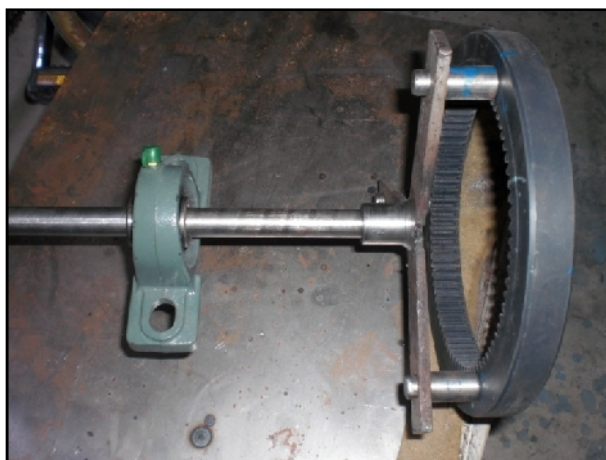


Figura. 5. 8 Vista de la corona con su soporte y chumacera



Figura. 5. 9 Vista de la corona con el porta corona

Para seguir con el armado con forme a los planos se continua a maquinar el eje del engranaje planetario el mismo que debe ser hueco para que en él aloje un eje de menor diámetro que va a ser el del porta satélites y asegurado con engranaje planetario para que gire solidariamente con él, además se coloca dos chumaceras que van a servir de soporte y que el movimiento sea independiente de todos los engranajes del sistema. En la siguiente figura podemos

ver como se encuentran dispuestas las chumaceras cuando ya está armado con el engranaje planetario.



Figura. 5. 10 Eje principal



Figura. 5. 11 Eje planetario y base

A continuación se maquina el porta satélites teniendo en cuenta el juego que debe quedar entre los engranajes, para esto se tuvo que armar el sistema de engranajes sin ninguna otra pieza armada y se dividió en cuatro al número de dientes tanto la corona como el planetario en los puntos correspondientes se colocan los

satélites y tomamos la medida a la que deberían quedar del centro con su respectivo juego libre. La figura muestra ensamblado el porta satélites y los satélites.



Figura. 5. 12 Comprobación de Portasatélites



Figura. 5. 13 Portasatélites

Ubicamos los satélites en sus respectivas posiciones y lo ensamblamos ya con el engranaje planetario y su eje comprobando

así, que giren independientemente y que se encuentren centrados los dos elementos tal como se ve en la siguiente figura.

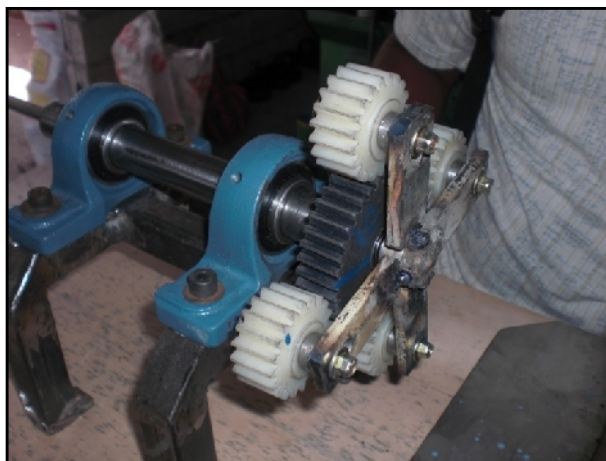


Figura. 5. 14 Montaje de Portasatélites

Armado y asegurados estos elementos vamos a centrar el planetario y los satélites con la corona para esto en su base utilizamos platinas de 0,1 mm para igualar las alturas de ambos conjuntos como mostramos en las siguientes figuras.



Figura. 5. 15 Nivelación de altura entre elementos



Figura. 5. 16 Armado de todo el sistema



Figura. 5. 17 Centrado de todo el sistema

Por último colocamos las bases para los motores, también las bandas y uniones para que proporcionen movimiento al sistema. Después de tener todos los elementos armados procedemos a colocar en la mesa soporte de todo el conjunto, además ponemos una caja para el mando, donde van a estar colocados todos los elementos de control como botones y Switch de encendido como se muestran en las siguientes figuras.



Figura. 5. 18 Todo el sistema en la mesa soporte



Figura. 5. 19 Botones y pantallas instaladas

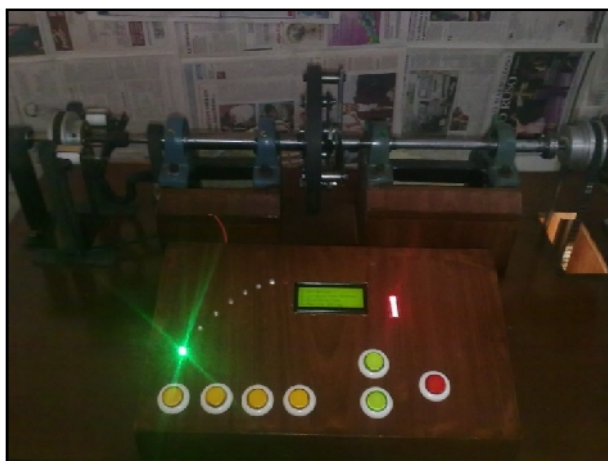


Figura. 5. 20 Presentación final

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE SIMULACIÓN

6.1. DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE MANDO

Antes de describir el funcionamiento del prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido, se mostrara la función de cada elemento del tablero de mando, para esto revisemos la figura 6.1, donde se muestran todos sus elementos.

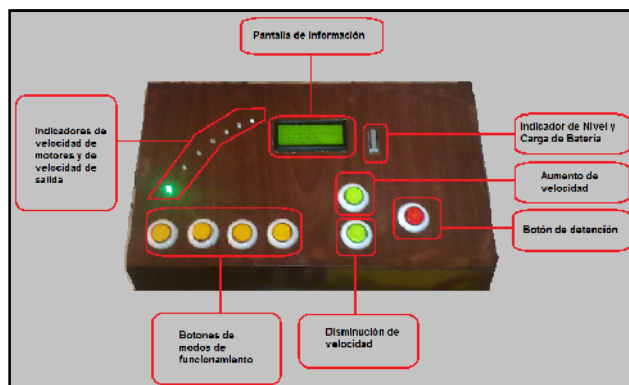


Figura. 6. 1 Elementos del tablero de mando

Cada elemento cumple una función específica dentro de cada modo de funcionamiento del prototipo, a continuación mostraremos dichas funciones.

6.1.1. PANTALLA DE INFORMACIÓN

En la figura 6.2 se encuentra la pantalla de información donde se muestran los datos que contiene la misma. El primer dato que se muestra en la pantalla es el modo de funcionamiento que se haya escogido, en la figura se muestra los primeros instantes de funcionamiento del modo 3 de aceleración. Otra información que también se encuentra en esta pantalla, es la de las revoluciones a las que se encuentran los dos motores, para este caso en particular, MG1 se encuentra a 600 RPM mientras que MT1 aun está detenido por eso se muestra 0 RPM. Estos dos últimos datos van a variar de según se vaya aumentando o disminuyendo la velocidad manual o automáticamente.

Además se debe mencionar que a mas de que aumenten o disminuyan estos valores, también los leds de indicación muestran esta información encendiéndose o apagándose según la ocasión.

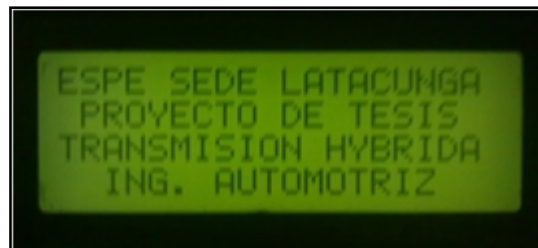


Figura. 6. 2 Presentación de la pantalla inicial



Figura. 6. 3 Información mostrada en la pantalla

6.1.2. INDICADOR DE NIVEL DE CARGA DE BATERÍA

Este indicador nos permite ver el nivel de carga en el que se encuentra la batería. Esta es una señal luminosa que varía según el tiempo y las condiciones de funcionamiento, si aumenta la velocidad esta señal decrece; en cambio cuando el motor térmico (MT1) entra a funcionar este indicador comienza a incrementarse en señal de carga.

Cuando se disminuye la velocidad este indicador parpadea en señal de que el freno regenerativo está funcionando y también comienza a subir el nivel de carga de la batería.

6.1.3. AUMENTO Y DISMINUCIÓN DE VELOCIDAD

Estos son dos botones que nos permiten variar la velocidad del sistema según sea el modo de funcionamiento escogido. El botón de aumento de velocidad cumple desempeña el papel del

acelerador del vehículo, en cambio el botón de disminución de velocidad es el freno del vehículo.

6.1.4. BOTÓN DE DETENCIÓN

Para desplazarnos entre modos de funcionamiento, se tiene que detener la simulación actual, para esto la utilización de este botón es indispensable, el cual va a parar todo el sistema en un lapso de dos segundos.

6.1.5. BOTONES DE SELECCIÓN DE MODO DE FUNCIONAMIENTO

Estos botones ayudaran a escoger el modo de funcionamiento al que se desee acceder, en la figura 6.3 se muestran la designación de estos botones para cada modo.

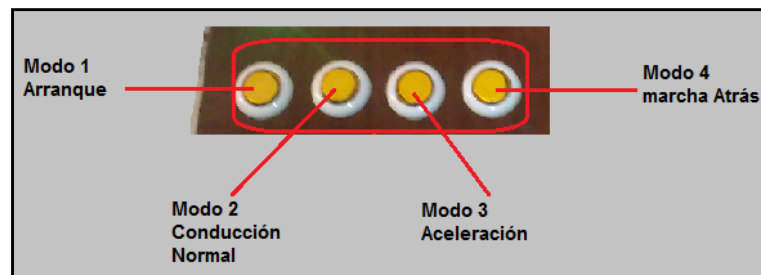


Figura. 6. 4 Designación de botones

6.1.6. INDICADORES DE VELOCIDAD

Estos son unos leds que van dispuestos en forma semicircular y el encendido o apagado de los mismos van a depender de la velocidad a la que se encuentren los motores o todo el sistema.

Cuando cambiamos de modo de funcionamiento, todos los leds indicadores se apagan y luego de dos segundos el primer led se enciende en muestra de que se puede ya escoger otro modo de funcionamiento nuevamente.

6.2. MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Conocidos ya todos los elementos del tablero de mando, mostraremos como se pone en funcionamiento el prototipo.

La primera información que se muestra en la pantalla son los datos de escogimiento de los modos de funcionamiento, como se muestra en la figura 6.4.

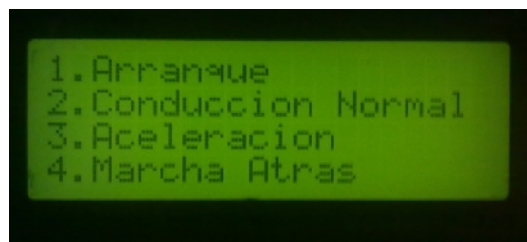


Figura. 6. 5 Primera pantalla mostrada

6.2.1. ARRANQUE

El motor Eléctrico 1 (MG1) inicia el movimiento partiendo de cero, al pulsar el botón aumento de velocidad al máximo este llega hasta las 1000 RPM. Motor Eléctrico2 (Motor Térmico) se encuentra detenido.



Figura. 6. 6 Arranque del vehículo⁸⁶

⁸⁶ www.toyota.com

Para acceder al modo 1 de funcionamiento, pulsamos el botón indicado en la figura. En este momento los motores eléctricos que representan al motor eléctrico (MG1) y al motor térmico (MT1) se encuentran detenidos.



Figura. 6. 7 Tablero de control modo de selección 1

En este momento comenzamos a subir la velocidad con el botón de aumento de velocidad y MG1 comienza a incrementar su velocidad hasta llegar a las 1000 RPM. Vemos además que los leds de indicación de velocidad se van encendiendo a medida que la velocidad aumenta, también después de un tiempo el indicador de carga de batería comienza a disminuir en señal de que la batería se está descargando, en cambio si procedemos a disminuir la velocidad en simulación de que estuviésemos frenando, este mismo indicador comienza a parpadear lo que nos da a conocer que la batería se está cargando mediante el freno regenerativo.



Figura. 6. 8 Pantalla final del modo 1

Además en este estado de funcionamiento el MT1 se encuentra detenido porque uno de los frenos de enclavamiento está activado, dejando así que el único movimiento que tiene el sistema, proviene del motor eléctrico uno que representa a MG1.

6.2.2. CONDUCCIÓN NORMAL

Este es un modo automático donde el motor MG1 realiza la misma operación del modo 1 de arranque partiendo desde cero y con una rampa de velocidad que llega hasta las 1000 RPM, después de las cuales se desenchava el freno que estaba activado y comienza funcionar el MT1 con una velocidad constante de 2500 RPM. Aquí podemos ver que el sistema aumenta su velocidad tal y como lo haría su modelo original.



Figura. 6. 9 Conducción normal⁸⁷



Figura. 6. 10 Tablero de control modo de selección 2

⁸⁷ www.toyota.com

Todos estos datos arriba nombrados se muestran en el display de la maqueta a medida que la velocidad de ambos motores aumente.

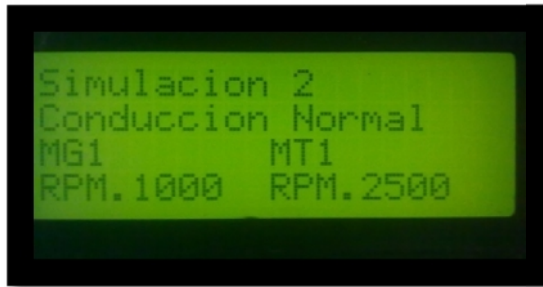


Figura. 6. 11 Pantalla al final del modo 2

Se debe tomar en cuenta que en este modo de operación no se puede aumentar ni disminuir la velocidad manualmente, todo es automático. Esta condición se la puso para protección del sistema.

6.2.3. ACELERACIÓN

El sistema al inicio es automático ya que realiza la misma operación que en el modo de funcionamiento 2, pero en cuando entra en funcionamiento el MT1 el programa nos permite aumentar y disminuir la velocidad de este motor manualmente, se puede apreciar fácilmente como aumentan las revoluciones de todo el sistema.

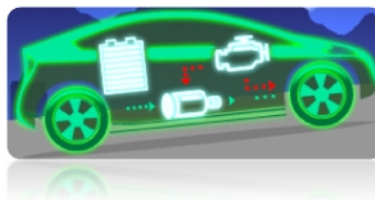


Figura. 6. 12 Aceleración del vehículo⁸⁸

⁸⁸ www.toyota.com

Vemos además que los leds de indicación de velocidad se van encendiendo a medida que la velocidad aumenta, también después de un tiempo el indicador de carga de batería comienza a disminuir en señal de que la batería se está descargando, en cambio si procedemos a disminuir la velocidad en simulación de que estuviésemos frenando, este mismo indicador comienza a parpadear lo que nos da a conocer que la batería se está cargando mediante el freno regenerativo.

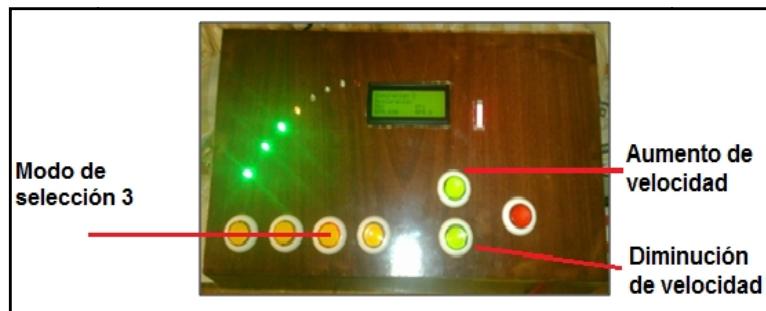


Figura. 6. 13 Tablero de control modo de selección 3

6.2.4. DESACELERACIÓN

Se pulsa el botón de disminución de Velocidad, el indicador de carga de batería se activa y esta se empieza a cargar. (Simulación de carga de baterías). Esta simulación se la puede visualizar mediante el parpadeo del indicador de nivel de batería.



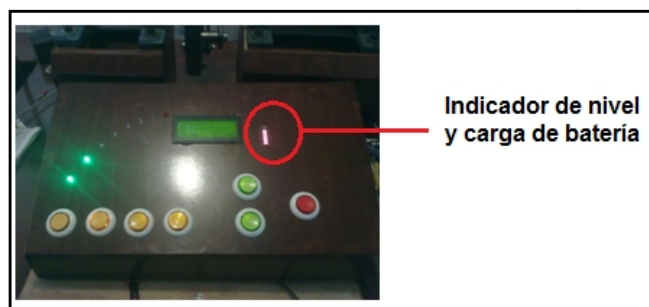
Figura. 6. 14 Desaceleración del vehículo⁸⁹

Figura. 6. 15 Parpadeo del indicador de carga de batería

6.2.5. DETENCIÓN

El sistema se mantiene detenido, ambos motores MG1 y MT1 están apagados al igual que el sistema no carga las baterías. (Simulación de carga de baterías). Aquí este modo de funcionamiento se puede acceder mediante el botón de detención que se muestra en la figura 6.10.

Figura. 6. 16 Detención del vehículo⁹⁰

⁸⁹ www.toyota.com

⁹⁰ www.toyota.com



Figura. 6. 17 Detención de funcionamiento

6.2.6. MARCHA ATRÁS

El motor Eléctrico 1 (MG1) inicia el movimiento partiendo de cero, al pulsar el botón aumento de velocidad, el sistema gira en sentido anti horario; el Motor Eléctrico2 (MT1) se encuentra detenido.



Figura. 6. 18 Marcha atrás del vehículo⁹¹

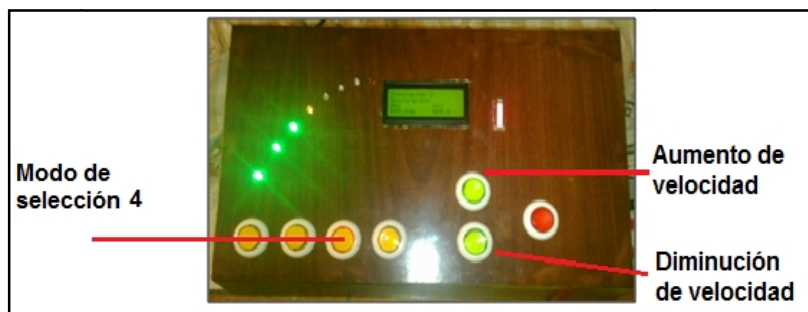


Figura. 6. 19 Marcha atrás

⁹¹ www.toyota.com

En este modo también se puede aumentar y disminuir la velocidad de los motores.

6.3. DATOS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se muestra una tabulación de datos obtenidos a partir del funcionamiento del prototipo, en los dos modos de funcionamiento principales como son el 2 y 3.

Tabla. 6. 1 Tabulación de datos de simulación del prototipo

MODO DE FUNCIONAMIENTO		Velocidad MG1 (RPM)	Velocidad MT1 (RPM)
SIMULACIÓN 1 ARRANQUE	SIMULACIÓN 2 CONDUCCIÓN NORMAL	0	0
		167	0
		334	0
		501	0
		668	0
		835	0
		1000	0
	SIMULACIÓN 3 ACELERACIÓN	1000	250
		1000	500
		1000	750
		1000	1000
		1000	1250
		1000	1500
		1000	1750
		1000	2000
		1000	2250
		1000	2500
		1000	3000
		1000	3250
1000	4000		
1000	4750		
1000	5500		

Analizando la tabla anterior podemos ver que el prototipo está funcionando de acuerdo a lo que se esperaba ya que las revoluciones de ambos motores están dentro de lo establecido con detenciones y avances de velocidad manual y automáticamente.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se cumple el objetivo principal del proyecto, este es diseñar y construir prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido de forma satisfactoria, de acuerdo a los estados de funcionamiento reales de un vehículo.
- Luego de realizar las pruebas del prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido podemos concluir que es un proyecto que permitirá instruir a las nuevas generaciones sobre esta tecnología, teniendo los laboratorios de la carrera de ingeniería automotriz actualizados.

- Después de realizar las pruebas de campo del prototipo construido se observó, que cumple con los parámetros de diseño.
- Con el control del sistema puede incrementar o disminuir su velocidad, gracias a que posee un variador de frecuencia, el cual controla las revoluciones de los dos motores.
- Para la operación del prototipo requiere de una sola persona la cual primero debe conocer el funcionamiento del sistema híbrido y haber leído la manera de operación del prototipo.
- La construcción de la máquina permite aplicar la teoría aprendida durante la carrera y a la vez tener conocimiento sobre procesos de construcción necesarios para la vida profesional.
- La transmisión del híbrido construido es de fácil manejo, ya que está diseñada para el mejor aprendizaje del estudiante en lo referido a principios fundamentales relacionado a los vehículos híbridos.
- El sistema de transmisión híbrido es mejor que un sistema convencional ya que según las pruebas obtenemos un ahorro de combustible, además se garantiza una buena confiabilidad en el manejo y aumento de potencia gracias a su motor eléctrico.
- El control electrónico se encuentra diseñado para que sea amigable para el usuario, ya que el menú del que consta no es complejo, por su simplicidad en opciones el cual permitirá al

estudiante escoger todos los estados de funcionamiento del vehículo híbrido, mostrándonos también los datos de revoluciones a las que se encuentran los motores.

- El manejo del programa SolidWorks permite realizar el diseño mecánico de todas las partes móviles y fijas del prototipo así como los cálculos de parámetros fundamentales como son tensiones, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad entre otros, basándose así en este programa para determinar el éxito en este modelo.
- El manejo de los programas Microcode e IC-PROG permitió el diseño electrónico de control para el prototipo, los cuales facilitaron la programación y grabación en el Pic el cual comanda los movimientos del sistema, además los programas ISIS y ARES permitieron el diseño del circuito total y la creación de la placa electrónica de manera rápida y cómoda.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en cuenta estrictamente el uso de las indicaciones de funcionamiento que se encuentran en el capítulo 6.
- Para evitar riesgo de electrocución no realice una mala manipulación de elementos eléctricos, tomar en cuenta las instalaciones eléctricas que se haga a la maqueta.

- Utilizar estrictamente las fuentes de voltaje establecidas en el banco de pruebas, para eso el banco didáctico tiene identificaciones para fuentes de voltaje.
- Se recomienda guardar toda norma de seguridad al momento de encender el módulo Híbrido, no utilizar pulseras, cadenas, u otro tipo similar al momento de la práctica.
- Encontrarse en conocimiento previo sobre transmisiones híbridas antes de manipular el prototipo.
- En caso de dudas en el funcionamiento del sistema, ponerse en contacto con el encargado del laboratorio.
- Realizar el mantenimiento de las partes mecánicas como son: los engranajes, chumaceras, tensión de bandas, así como limpieza de circuitos electrónicos cada inicio de período académico para un óptimo funcionamiento.
- Tener cuidado de no provocar descargas eléctricas en los circuitos electrónicos de control ya que esto podría dañar la sincronización del Módulo.
- Se debe tener presente la ubicación del botón de apagado de emergencia, por si surge algún imprevisto durante su operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOTT, Robert, "Diseño De Elementos De Máquina", Prince Hall, México, 1992
2. SHIGLEY, Joseph, "Resistencia De Materiales", McGraw Hill, México 2002
3. CAJAS DE CAMBIO AUTOMÁTICAS, Mathias Brejcha, Ronald Tuuri. Editorial Paraninfo "thomson Learning"
4. SHIGLEY, Joseph, "Diseño De Ingeniería Mecánica", McGraw Hill, Mexico 2002
5. MANUAL DE LA TOYOTA, "Transeje Y Transmisiones Automáticas", Toyota Motor Corporation
6. DORSEY John, "Sistemas De Control Continuos Y Discretos, Diseño Implementación", editorial McGraw Hill, México 2004
7. PALCACIOS, LÓPEZ, "Microcontrolador Pic16f84 Desarrollo De Proyectos". Editorial alfaomega segunda edición. México 2006
8. VARIOS, "Automatización Y Control Prácticas De Laboratorio". Editorial McGraw Hill, México 2004
9. MANUAL DE LA TOYOTA, "Embrague, Transeje Y Transmisión", Toyota Motor Corporation
10. MANUAL TECNICO DE SERVICIO, Toyota 2010
11. FILER, LEINONEN "Programmable Controllers Using And Control Logics" editorial Pretince Hall united estates of America 2002.

12. http://www.geocities.com/micros_uan/cap11.html (Arquitectura Harvard y Von Neuman)

13. <http://www.autorneto.com/referencia/ciencia/maquinado-engranaje> -
recto

14. <http://www.alos.5u.com/indexpic877.htm> (pic 16F877A)

ANEXOS

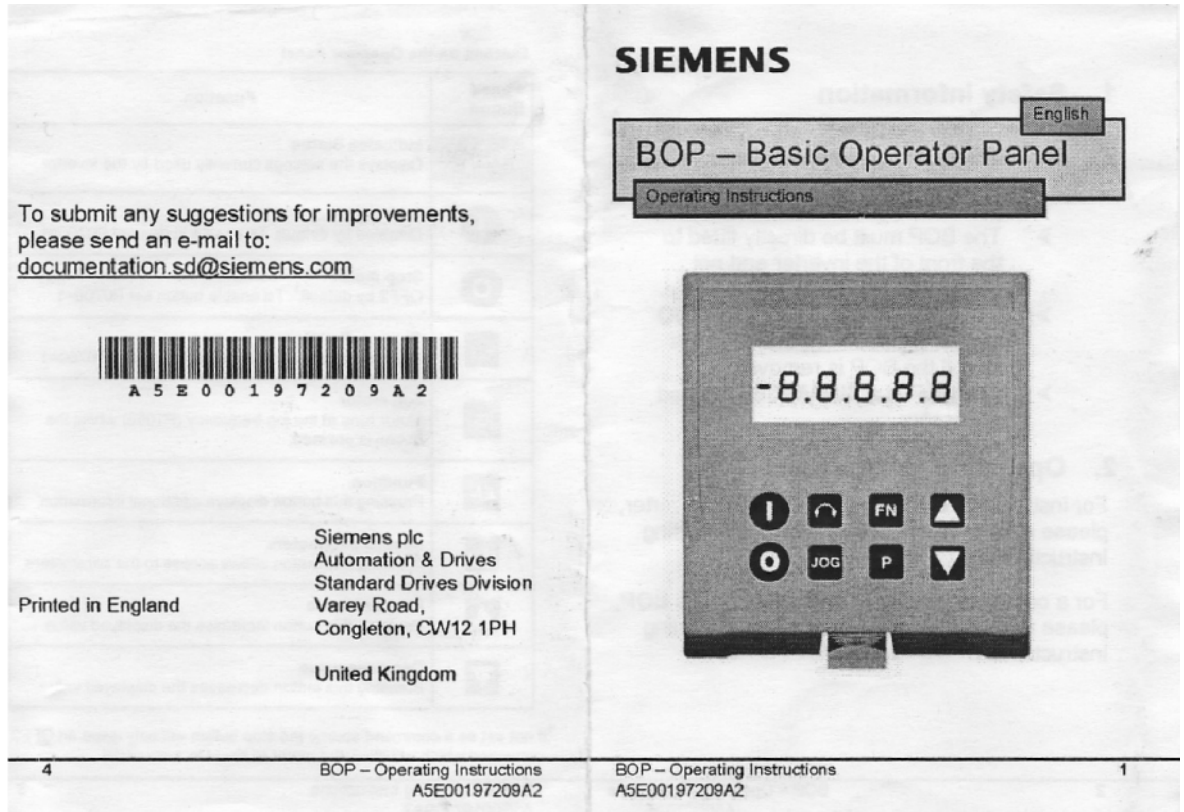
ANEXO 1

Planos

ANEXO 2

Manuales de Equipos Utilizados

a) Manual del Panel de programación del variador de frecuencia



1. Safety Information



- The BOP can be fitted to and removed from the inverter whilst power is applied.
- The BOP must be directly fitted to the front of the inverter and not connected remotely using a cable.
- If the BOP has been set as the I/O control (P0700 = 1), the drive will stop if the BOP is removed.
- The BOP is a SINAMICS UL listed accessory.

2. Operating Instructions

For instructions on fitting the BOP to the inverter, please refer to the SINAMICS G110 Operating Instructions.

For a complete functional description of the BOP, please refer to the SINAMICS G110 Operating Instructions.

Buttons on the Operator Panel

Panel/ Button	Function
	Indicates Status Displays the settings currently used by the inverter.
	Start motor Disabled by default. To enable button set P0700=1
	Stop motor OFF2 by default ¹ . To enable button set P0700=1
	Change direction Disabled by default. To enable button set P0700=1
	Jog motor Motor runs at the jog frequency (P1058) whilst the button is pressed.
	Function Pressing this button displays additional information.
	Access parameters Pressing this button allows access to the parameters.
	Increase value Pressing this button increases the displayed value.
	Decrease value Pressing this button decreases the displayed value.

¹If not set as a command source the stop button will only issue an OFF2 command which will allow the motor to coast to a standstill.

b) Manual del motor trifásico de 1800 RPM 0,25 HP

SIEMENS

Motores eléctricos trifásicos (Edición Enero 2005)



Motor 1LA5



Motor 1LA7

1. Generalidades

Para evitar accidentes personales y/o daños en el motor, lea cuidadosamente estas instrucciones antes de poner en funcionamiento el equipo.

2. Descripción.

Este es un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión.

2.1. Normas
El motor cumple con la norma IEC 34 y sus equivalentes VDE 0530 y NTC (ICONTEC). Adicionalmente hay ejecuciones según los requerimientos de otras normas como la norma NEMAMG 1.

Siemens posee un sistema de aseguramiento de calidad, certificado según norma NTC- ISO 9001, que garantiza que el motor es diseñado, fabricado y probado según las más altas exigencias de norma y del cliente.

2.2 Grado de protección
El motor tiene un grado de protección IP55 de acuerdo con IEC 34-5, en ejecución estándar.

El grado de protección se indica, para cada motor, en la placa de características.

2.3. Forma constructiva
La forma constructiva suministrada, de acuerdo con IEC 34-7, se indica en la placa de características. El motor se puede instalar según lo indicado en cada uno de los siguientes grupos:

Si se desea utilizar el motor en una forma constructiva distinta a la indicada, favor consultar previamente debido a eventuales modificaciones que se requieran según el caso.

3. Montaje

3.1. Almacenamiento
El motor se debe almacenar en un lugar cerrado y libre de humedad hasta el momento de la instalación.

3.2. Instalación
Para la instalación del motor deben tenerse en cuenta, como mínimo, las siguientes recomendaciones:

- El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- El motor debe estar perfectamente alineado con su carga.
- Preferiblemente emplear acoples flexibles.
- La carga debe estar muy bien balanceada para evitar vibraciones anormales.
- Téngase en cuenta que el rotor ha sido equilibrado dinámicamente en la fábrica con la chaveta colocada en el eje.
- Si el montaje es tal que el eje queda en posición vertical, debe garantizarse que el agua no entre al rodamiento superior.
- En caso de accionamiento por correa debe preverse que el motor sea montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, para poder ajustar la tensión y retensarla cuando sea necesario. Si la correa queda excesivamente tensionada, se pueden producir daños en los rodamientos.
- Remover con vapor o similar, la capa de protección contra el óxido aplicada al eje en la fábrica. Debe evitarse que el líquido limpiador penetre en el rodamiento pues lo puede dañar. No use tela de esmeril ni ningún otro abrasivo para la limpieza del eje.
- Para ensamblar el elemento de acople (polea, rueda dentada, etc.), utilice un dispositivo adecuado de montaje. En ningún caso golpee el eje ni el elemento acoplado a él, pues se pueden producir daños en los rodamientos.

3.3. Conexión
Para la conexión eléctrica del motor, se recomienda el siguiente procedimiento:

- Si el motor ha estado almacenado por un período largo en un lugar húmedo, mida la resistencia de aislamiento del devanado respecto a tierra. Si dicha resistencia resulta menor de 30 Mohm a una temperatura del devanado de 25°C, medida con 500V, o bien, inferior a 1 Mohm a 75°C, medida con 500V, es preciso secar los devanados.

- Compare la tensión de la red con la nominal del motor que se indica en la placa de características. Seleccione los cables de calibres adecuados a la corriente nominal del motor.
- Proteja el motor atendiendo una de las siguientes alternativas:
 - Con guardamotor tipo 3RV, cuya función es proteger el motor contra sobrecarga y cortocircuito por medio de disparadores de sobre-intensidad regulables que se deben graduar exactamente a la intensidad nominal del motor.
 - Mediante interruptores 3MCCB/IVF22/SENTRON 3VL, Contactores 3RT y relés bimetalicos 3RU para obtener protección contra cortocircuito y sobrecarga, permitiendo además control a distancia.
- En lo posible, los cables de alimentación deben llegar a la caja de bornes dentro de tubo flexible de protección, el cual se fijará a ella mediante acople adecuado. Verificar que la caja de bornes quede sometida al menor esfuerzo mecánico posible.

- Conecte el motor de acuerdo con el esquema de conexiones que se encuentra adherido a la tapa de la caja de bornes. Al terminar las conexiones coloque nuevamente la tapa y asegúrese de que quede bien cerrada, para garantizar el grado de protección indicado.
- Verifique el sentido de giro del motor. Lo puede cambiar intercambiando dos de las líneas de alimentación.

4. Mantenimiento

4.1. Advertencia de Seguridad

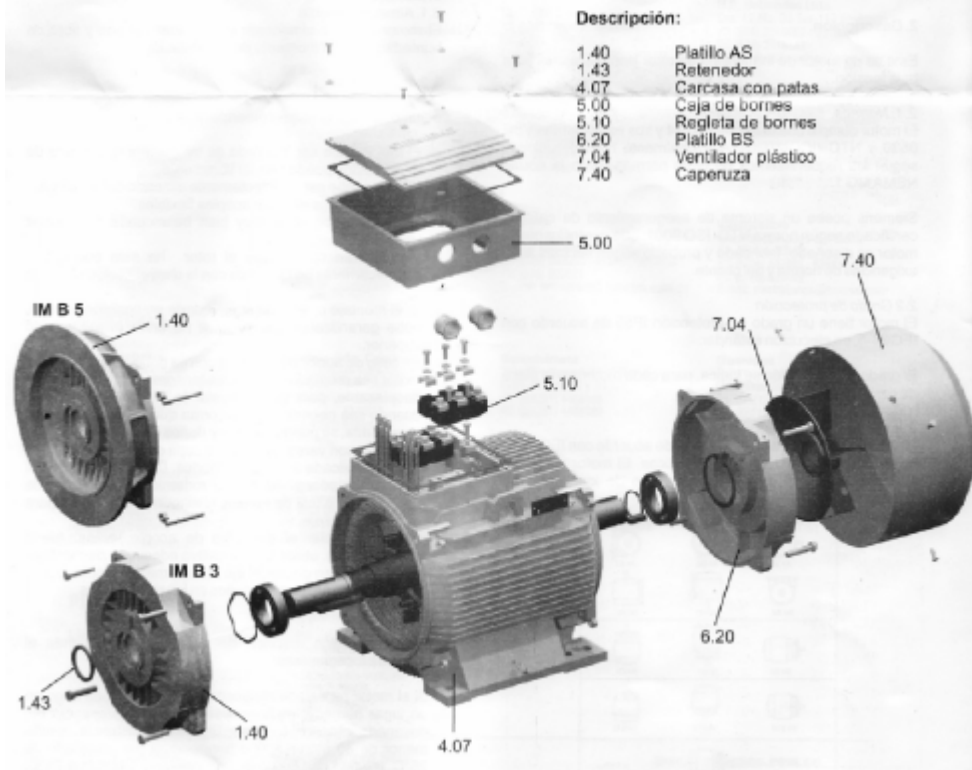
Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor, asegúrese de que esté desconectado y que no es posible su reconexión.

4.2 Intervalos de mantenimiento

Es necesario efectuar periódicamente inspecciones para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores.

Como las condiciones de servicio son tan variadas, los periodos de inspección dependen del sitio de instalación, de la frecuencia de maniobras, de la carga, etc.

Motores Trifásicos 1LA5



Motores Trifásicos 1LA7

Descripción:

1.40	Platillo AS
1.43	Retenedor
4.07	Carcasa con patas
5.00	Caja de bornes completa, con regleta
5.10	Regleta de bornes
6.20	Platillo BS
7.04	Ventilador plástico
7.40	Caperuza

4.3. Lubricación
 Los motores tienen rodamientos rígidos de bolas con dos tapas de protección (tipo 2Z) y prelubricados. Los rodamientos tienen juego interno C3 y su designación está dada en la siguiente tabla:

Tipo	Lado AS	Lado BS
1LA7 071	6202-2Z	6202-2Z
1LA7 080	6004-2Z	6004-2Z
1LA7 090	6205-2Z	6004-2Z
1LA7 100	6206-2Z	6205-2Z
1LA7 112	6206-2Z	6205-2Z
1LA7 132	6208-2Z	6208-2Z
1LA7 160	6209-2Z	6209-2Z
1LA5 180	6210-Z	6210-Z
1LA5 200	6212-Z	6212-Z
1LA5 225	6213-Z	6213-Z

Para montar nuevos rodamientos, en caso de ser necesario, debe tenerse en cuenta su tipo y tamaño. Los rodamientos, se pueden montar a presión mediante dispositivos mecánicos o hidráulicos, o mediante calentamiento en seco.

4.4. Limpieza
 En cada inspección debe limpiarse el polvo que se haya acumulado en la superficie externa del motor. Puede usarse para ello aire seco a presión.

4.5. Piezas de repuesto
 Al efectuar el pedido de repuestos, por favor indique el tipo de motor y el número de fabricación, información que se encuentra en la carcasa. En la figura anexa se indican las piezas de recambio.

4.6. Disposición final
 Al terminar la vida útil del motor tenga en cuenta que:

- Las partes constitutivas hechas de hierro, aluminio, cobre, acero o lamina CR (según el tipo de motor), son 100% reciclables (chatarra)
- Las partes constitutivas hechas de plástico, corresponden al tipo PP5 (100% reciclable).
- Las partes constitutivas hechas de caucho sintético pueden enviarse a procesos de vulcanización.

"Trabajemos respetando el medio ambiente."

ANEXO 3

Catálogo de Rodamientos

a) Dimensiones, capacidades de carga y factores de FAG.

Rodamientos FAG
rigidos de bolas
 con ranura circular de sujeción
 Serie 62 N según DIN 625

Dimensiones · Capacidades de carga · Factores

Denominación abreviada			Dimensiones						Capacidades de carga			
Rodamientos con ranura circular de sujeción ¹⁾	Rodamientos con ranura circular de sujeción y anillo elástico	Rodamientos con ranura circular de sujeción, anillo elástico y una tapa de protección	d	D	B	r	D _s	e	b	r _s	C kg	C ₀ kg
62 00 N	62 00 NR	62 00 ZNR	10	30	9	1	20,17	2,06	1,35	0,4	465	270
62 01 N	62 01 NR	62 01 ZNR	12	32	10	1	30,15	2,06	1,35	0,4	540	315
62 02 N	62 02 NR	62 02 ZNR	15	35	11	1	33,17	2,06	1,35	0,4	610	360
62 03 N	62 03 NR	62 03 ZNR	17	40	12	1	38,10	2,06	1,35	0,4	760	455
62 04 N	62 04 NR	62 04 ZNR	20	47	14	1,5	41,60	2,46	1,35	0,4	1 000	630
62 05 N	62 05 NR	62 05 ZNR	25	52	15	1,5	43,73	2,46	1,35	0,4	1 120	720
62 06 N	62 06 NR	62 06 ZNR	28	62	16	1,5	53,61	3,28	1,9	0,6	1 530	1 020
62 07 N	62 07 NR	62 07 ZNR	35	72	17	2	68,81	3,28	1,9	0,6	2 000	1 400
62 08 N	62 08 NR	62 08 ZNR	40	80	18	2	78,81	3,28	1,9	0,6	2 280	1 600
62 09 N	62 09 NR	62 09 ZNR	48	95	19	3	81,91	3,28	1,9	0,6	3 650	1 950
62 10 N	62 10 NR	62 10 ZNR	50	90	20	2	85,79	3,28	2,7	0,6	2 880	2 120
62 11 N	62 11 NR	62 11 ZNR	58	100	21	2,5	98,80	3,28	2,7	0,6	3 400	2 550
62 12 N	62 12 NR	62 12 ZNR	60	110	22	2,5	106,81	3,28	2,7	0,6	4 150	3 150
62 13 N	62 13 NR	62 13 ZNR	66	120	23	2,5	115,21	4,05	3,1	0,6	4 650	3 600
62 14 N	62 14 NR	62 14 ZNR	70	125	24	2,5	120,22	4,05	3,1	0,6	4 900	3 600
62 15 N	62 15 NR	62 15 ZNR	75	130	25	2,5	125,22	4,05	3,1	0,6	5 200	4 150
62 16 N	62 16 NR	62 16 ZNR	80	140	26	3	135,23	4,90	3,1	0,6	5 700	4 050
62 17 N	62 17 NR	62 17 ZNR	85	150	28	3	145,24	4,90	3,1	0,6	6 550	5 400
62 18 N	62 18 NR	62 18 ZNR	90	160	30	3	155,22	4,90	3,1	0,6	7 200	6 100
62 19 N	62 19 NR	62 19 ZNR	95	170	32	3,5	163,65	5,65	3,5	0,6	8 500	7 100
62 20 N	62 20 NR	62 20 ZNR	100	180	34	3,5	173,68	5,65	3,5	0,6	9 850	8 000
62 21 N	62 21 NR	62 21 ZNR	105	190	36	3,5	183,64	5,65	3,5	0,6	10 400	8 150
62 22 N	62 22 NR	62 22 ZNR	110	200	38	3,5	193,65	5,65	3,5	0,6	11 200	10 200

¹⁾ Las dimensiones y tolerancias de las ranuras circulares de sujeción de los rodamientos se encuentran en la página 251.

$\frac{F_R}{C_0}$	e	Y
0,025	0,22	2,0
0,04	0,24	1,8
0,07	0,27	1,6
0,13	0,31	1,4
0,25	0,37	1,2
0,5	0,44	1,0

Carga dinámica equivalente

$P = F_R$ para $\frac{F_R}{F_R} \leq e$

$P = 0,58 F_R + Y F_a$ para $\frac{F_R}{F_R} > e$

Carga estática equivalente

$P_0 = F_R$ para $\frac{F_R}{F_R} \leq 0,8$

$P_0 = 0,8 F_R + 0,5 F_a$ para $\frac{F_R}{F_R} > 0,8$

FAG
80

b) Rodamientos Rígidos de una hilera de bolas de KOYO.

Rodamientos Rígido de Una Hilera de Bolas

Dimensiones Principales (mm)				No. de Rodamiento								Capacidad de Carga (N)		Límite de Velocidad (rpm)				
d	D	B	r _{min}	Abierto	Placa de Protección		Sello sin Contacto		Sello con Contacto		Con Ranura para Candelado	Con Ranura x Candelado	Dinámica C _e	Estática C ₀	Lub. con Grasa			Lub. con Aceite
					Z	ZZ	RU	2RU	RS	2RS					Abierto Z, ZZ, RU, 2RU	RS, 2RS	Abierto Z	
22	44	12	0.6	60/22	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	9.40	5.15	17 000	10 000	20 000	
22	50	14	1	62/22	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	12.8	6.65	15 000	8 700	17 000	
22	56	16	1.1	63/22	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	18.5	9.40	13 000	7 500	15 000	
25	37	7	0.3	6805	-	-	-	-	-	-	-	-	4.30	2.95	18 000	-	21 000	
25	42	9	0.3	6905	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	4.55	16 000	-	19 000	
25	47	8	0.3	16005	-	-	-	-	-	-	-	-	8.85	5.60	15 000	-	18 000	
25	47	12	0.6	6005	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	10.1	5.85	15 000	9 300	18 000	
25	52	15	1	6205	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	14.0	7.85	13 000	7 700	15 000	
25	52	15	1	6205R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	17.6	9.30	13 000	-	16 000	
25	62	17	1.1	6305	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	20.6	11.3	11 000	6 700	13 000	
25	62	17	1.1	6305R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	23.4	13.4	11 000	-	14 000	
25	80	21	1.5	6405	-	-	-	-	-	-	-	-	36.1	19.4	9 100	-	11 000	
28	52	12	0.6	60/28	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	12.4	7.40	14 000	8 300	16 000	
28	58	16	1	62/28	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	17.9	9.75	12 000	7 000	14 000	
28	68	18	1.1	63/28	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	23.5	13.1	10 000	6 200	12 000	
30	42	7	0.3	6806	-	-	-	-	-	-	-	-	4.55	3.40	15 000	-	18 000	
30	47	9	0.3	6906	-	-	-	-	-	-	-	-	7.25	5.00	14 000	-	17 000	
30	55	9	0.3	16006	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2	7.35	13 000	-	15 000	
30	55	13	1	6006	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	11.2	8.25	13 000	7 800	15 000	
30	62	16	1	6206	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	15.5	11.3	11 000	6 400	13 000	
30	62	16	1	6206R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	23.4	12.8	11 000	-	13 000	
30	72	19	1.1	6306	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	26.7	15.0	9 600	5 800	12 000	
30	72	19	1.1	6306R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	33.4	17.7	9 800	-	12 000	
30	90	23	1.5	6406	-	-	-	-	-	-	-	-	43.4	23.9	8 100	-	9 700	
32	58	13	1	60/32	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	15.0	9.15	12 000	7 300	14 000	
32	65	17	1	62/32	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	23.5	13.1	10 000	6 200	12 000	
32	75	20	1.1	63/32	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	30.1	16.2	9 300	5 600	11 000	
35	47	7	0.3	6807	-	-	-	-	-	-	-	-	4.75	3.85	13 000	-	16 000	
35	55	10	0.6	6907	-	-	-	-	-	-	-	-	10.9	7.75	12 000	-	14 000	
35	62	9	0.3	16007	-	-	-	-	-	-	-	-	12.2	8.85	11 000	-	13 000	
35	62	14	1	6007	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	15.9	10.3	11 000	6 700	13 000	
35	72	17	1.1	6207	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	25.7	15.4	9 200	5 500	11 000	
35	72	17	1.1	6207R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	31.0	17.5	9 300	-	11 000	
35	80	21	1.5	6307	...Z	...ZZ	...RU	...2RU	...RS	...2RS	...N	...NR	33.4	19.3	8 500	5 100	10 000	
35	80	21	1.5	6307R	-	-	-	-	-	-	...N	...NR	40.0	21.7	8 700	-	10 000	

[Nota] 1) La dimensión del chaflán simple más pequeña permisible.
 [Observación] Los tipos de jaulas normales usados para los rodamientos arriba indicados se muestran en la Tabla 2 de la página B-3.

Continuación

Carga Dinámica Equivalente
 $P = \sqrt{X F_r + Y F_a}$

$\frac{F_a}{F_r}$	e	$\frac{F_a}{F_r} < e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.014	0.19				2.30
0.026	0.22				1.99
0.056	0.26				1.71
0.084	0.28				1.55
0.11	0.30	1	0	0.56	1.45
0.17	0.34				1.31
0.26	0.38				1.15
0.42	0.42				1.04
0.56	0.44				1.00

Carga Estática Equivalente
 $P_0 = 0.6 F_r + 0.5 F_a$
 Sin embargo, se toma $P_0 = F_r$ cuando $P_0 < F_r$

Dimensiones de la Ranura para Candado y Candado (mm)										(Refer.) Dimensiones de los Resaltes (mm)						Peso de Refer. (kg)	No. de Rod.
D_n	a_n	b_n	r_n	S	E	f	X_n	Y_n	Abierto			Placa de Protección y Sello					
									D_{S1}	d_{h1}	R_1	D_{S1}	d_{h1}	R_1			
Máx.	Máx.	± 0.15	Máx.	Máx.	Máx.	± 0.05	Refer.	Máx.	Mín.	Máx.	Máx.	Mín.	Máx.	Máx.	Máx.		
41.75	2.05	1.5	0.4	3.18	48.3	1.07	49	2.92	27	39	0.6	26.5	26.5	39	0.6	0.073	60/22
47.6	2.46	1.5	0.4	3.58	55.7	1.07	56.5	3.33	28	44	1	27	27	44	1	0.118	62/22
53.6	2.46	1.5	0.4	3.58	61.7	1.07	62.5	3.33	29	49	1	29	30	49	1	0.201	63/22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	34.5	0.3	-	-	-	-	0.022	6805
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	39.5	0.3	-	-	-	-	0.041	6905
-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.060	16005
44.6	2.06	1.5	0.4	3.18	52.7	1.07	53.5	2.92	30	42	0.6	29	29	42	0.6	0.080	6005
49.73	2.46	1.5	0.4	3.58	57.9	1.07	58.5	3.33	31	46	1	31	31	46	1	0.128	6205
49.73	2.46	1.5	0.4	3.58	57.9	1.07	58.5	3.33	31	46	1	-	-	-	-	0.138	6205R
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	32	55	1	32	34.5	55	1	0.232	6305
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	32	55	1	-	-	-	-	0.255	6305R
-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.5	71.5	1.5	-	-	-	-	0.530	6405
49.73	2.06	1.5	0.4	3.18	57.9	1.07	58.5	2.92	33	47	0.6	32.5	32.5	47	0.6	0.097	60/28
55.6	2.46	1.5	0.4	3.58	63.7	1.07	64.5	3.33	34	52	1	34	34.5	52	1	0.173	62/28
64.82	3.28	2.05	0.6	4.98	74.6	1.65	76	4.67	35	61	1	35	38	61	1	0.328	63/28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	39.5	0.3	-	-	-	-	0.026	6806
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.045	6906
-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	52.5	0.3	-	-	-	-	0.085	16006
52.6	2.08	1.5	0.4	3.20	60.7	1.07	61.5	2.9	36	49	1	34.5	34.5	49	1	0.116	6006
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	36	56	1	36	37	56	1	0.199	6206
59.61	3.28	2.05	0.6	4.98	67.7	1.65	68.5	4.67	36	56	1	-	-	-	-	0.212	6206R
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	37	65	1	37	41.5	65	1	0.346	6306
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	37	65	1	-	-	-	-	0.379	6306R
-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.5	81.5	1.5	-	-	-	-	0.735	6406
55.6	2.08	1.5	0.4	3.20	63.7	1.07	64.5	2.9	38	52	1	36.5	36.5	52	1	0.127	60/32
62.6	3.28	2.05	0.6	4.98	70.7	1.65	71.5	4.67	38	59	1	38	38.5	59	1	0.228	62/32
71.83	3.28	2.05	0.6	4.98	81.6	1.65	83	4.67	39	68	1	39	41.5	68	1	0.437	63/32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5	44.5	0.3	-	-	-	-	0.030	6807
-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	0.6	-	-	-	-	0.073	6907
-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5	59.5	0.3	-	-	-	-	0.110	16007
59.61	2.08	2.05	0.6	3.78	67.7	1.65	68.5	3.48	41	56	1	40.5	40.5	56	1	0.155	6007
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	42	65	1	42	44	65	1	0.288	6207
68.81	3.28	2.05	0.6	4.98	78.6	1.65	80	4.67	42	65	1	-	-	-	-	0.309	6207R
76.81	3.28	2.05	0.6	4.98	86.6	1.65	88	4.67	43.5	71.5	1.5	43.5	46.5	71.5	1.5	0.457	6307
76.81	3.28	2.05	0.6	4.98	86.6	1.65	88	4.67	43.5	71.5	1.5	-	-	-	-	0.494	6307R

