



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y
RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE
CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MEDIO DE
ELEMENTOS FINITOS**

**AUTOR: HENRY DANIEL PAUCAR JARRIN
VÍCTOR ALFONSO YUPA LOJA**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

LATACUNGA

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS**” realizados por los señores **HENRY DANIEL PAUCAR JARRIN** y **VÍCTOR ALFONSO YUPA LOJA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por software anti plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **HENRY DANIEL PAUCAR JARRIN** y **VICTOR ALFONSO YUPA LOJA** para que lo sustente públicamente

Latacunga, 22 de agosto del 2017

**WASHINGTON GERMAN ERAZO LAVERDE
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **HENRY DANIEL PAUCAR JARRÍN**, con la cédula de ciudadanía N° 1722650791, y **VÍCTOR ALFONSO YUPA LOJA**, con la cedula de ciudadanía N° 0604670729, se declara que este trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se han respetado los derechos intelectuales existentes de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaró que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 22 de agosto del 2017

Henry Daniel Paucar Jarrin

C.C.: 1722650791

Victor Alfonso Yupa Loja

C.C.: 0604670729



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **HENRY DANIEL PAUCAR JARRÍN Y VÍCTOR ALFONSO YUPA LOJA**, se autoriza a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 22 de agosto del 2017

Henry Daniel Paucar Jarrin

C.C.: 1722650791

Victor Alfonso Yupa Loja

C.C.: 0604670729

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Alfredo Paucar y Germania Jarrín quienes son la prioridad en mi vida siempre me brindaron su apoyo incondicional y han sabido formarme con buenos consejos, valores y ejemplos, a mi hermana Germania Paucar por darme su apoyo, cariño y amistad me inspiran cada día para cumplir metas mucho más grandes y seguir adelante.

A Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi vida y finalmente a mis demás familiares quienes han estado junto a mi dándome ánimos y apoyo en todo momento.

Henry Daniel Paucar Jarrín

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi fuente de inspiración por ser una mujer luchadora, mi mamá María Loja, por sus consejos e inspiración de prosperidad, a mi hermana, familia, amigos que en todos estos años me han brindado su tiempo y paciencia.

A todos los amigos que he conocido en este importante transcurso de la vida de estudiante, donde se vivió buenas anécdotas que permanecerán en mis recuerdos y me permitieron cumplir esta meta tan anhelada.

Víctor Alfonso Yupa Loja

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por acompañarme todos los días y permitirme llegar a finalizar una meta más en esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres ya que ellos han sido el motor para llegar al objetivo, siendo un apoyo constante durante mi trayectoria estudiantil y un ejemplo de superación para formarme como profesional.

A mi compañero de tesis y gran amigo Víctor Yupa gracias a su apoyo y perseverancia por sacar adelante la investigación.

A la Universidad por abrirme sus puertas dándome la oportunidad de forme personal y profesionalmente.

Agradezco al Ingeniero German Erazo por todas las enseñanzas, paciencia y tiempo prestado para la realización de este proyecto de investigación.

Henry Daniel Paucar Jarrín

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre por haberme tenido paciencia y brindarme todo el apoyo, amor incondicional y confiar en mí.

Agradezco a mi hermana por la amistad y cariño que nos tenemos y gracias por permitir crecer contigo y llegar a ser la persona que soy hoy.

Agradezco a todos mis conocidos, amigos, familiares que han compartido un tiempo de sus vidas conmigo, y gracias a esas experiencias, consejos dados me permitieron llegar a cumplir la meta que se trazó, todos los recuerdos siempre estarán en mi mente y nunca olvidare lo que han impartido en sus deseos de verme superar.

Agradezco a nuestro estimado tutor Ing. Germán Erazo, por su estricta forma de enseñar con métodos excelentes que nos permiten desarrollar nuevas aptitudes y confiar en nosotros mismo, por la amistad brindada, por los consejos brindados que siempre nos servirán para ser excelentes profesionales.

Agradezco a todos nuestros tutores que en todo este tiempo de vida estudiantil nos brindaron la amistad, enseñanzas, consejos que permitieron que crezca con valores éticos y alta calidad de educación.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espel, por acogernos como sus hijos y ser la fuente de nuestro conocimiento, dotarnos de valores éticos y profesionales para ser personas de bien al país.

Víctor Alfonso Yupa Loja

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxvi
RESUMEN	xxvii
ABSTRACT	xxviii

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS, POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS.

1.1	Antecedentes.....	23
1.2	Planteamiento del problema	25
1.3	Descripción resumida del proyecto.....	27
1.4	Justificación e importancia.....	28
1.5	Objetivo general.....	30
1.6	Objetivos específicos	30
1.7	Metas.....	31
1.8	Hipótesis.....	31
1.9	Variables de la investigación	31
1.9.1	Variable Dependiente:	31
1.9.2	Variable independiente	33
1.10	Metodología	34

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Sistema de climatización	37
2.2	Funcionamiento.	38
2.3	Componentes	38
2.3.1	Compresor	38
2.3.2	Inversor conductor	42
2.3.3	Comunicación del compresor de un vehículo híbrido.	43
2.3.4	Motor del soplador	43
2.3.5	Amplificador del A/C	44
2.3.6	Control Modo ECO	44
2.4	Sensores del sistema de climatización en vehículos híbridos	45
2.4.1	Temperatura ambiente	45
2.4.2	Temperatura interior	46
2.4.3	Temperatura del evaporador	47
2.4.4	Temperatura del refrigerante	47
2.4.5	Presión del refrigerante de aire acondicionado	47
2.4.6	Solar	48
2.5	Servomotor de impulsos	48
2.6	Conexión BUS	49
2.7	Calentador de TPC	49
2.8	Módulos de control electrónico	50
2.9	Renovación del caudal de aire.....	53
2.10	Ventilación	54
2.10.1	Ventilación con escotillas.....	54
2.10.2	Ventilador axial	55
2.10.3	Efectos de ventilación.....	56
2.10.4	Sistema de control de la ventilación	57
2.10.5	Dispositivo de salida de emergencia de expulsión y/o fragmentación.....	58
2.11	Cantidad mínima de ventiladores	58
2.12	Número de insufladores.....	59
2.13	Velocidad del viento.....	59

2.14	Humedad relativa del aire.....	60
2.15	Presión atmosférica.....	62
2.16	Método de ensayo para verificar la renovación de aire	62
2.16.1	Principio	14
2.16.2	Equipo de ensayo	14
2.16.3	Procedimiento	20
2.16.4	Modelo de cálculo	24
2.17	Psicrometría.....	28
2.17.1	Opinión media estimada	29
2.18	Propiedades del aire.....	30
2.19	La carta psicrométrica.....	30
2.20	Procesos de acondicionamiento de aire	31
2.20.1	Proceso de enfriamiento y deshumificación.....	31
2.20.2	Proceso de enfriamiento y humificación	32
2.20.3	Proceso de calentamiento y des humificación	33
2.20.4	Proceso de calentamiento y humificación	33
2.21	Flujo en tuberías y ductos.....	34
2.22	Válvulas y aislamiento	35

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE CLIMATIZACIÓN

3.1	Generalidades	37
3.2	Selección de elementos sistema de aire acondicionado	37
3.2.1	Compresor eléctrico.....	37
3.2.2	Potencia térmica de refrigeración.	38
3.2.3	Evaporador	39
3.2.4	Condensador	41
3.2.5	Válvula de control de flujo.....	43
3.2.6	Filtro de humedad o deshidratador	44
3.3	Construcción e instalación del banco simulador.....	46
3.3.1	Diseño del Chasis.	46
3.3.2	Diseño del habitáculo.....	48
3.4	Instalación de los elementos del banco simulador.....	49

3.4.1	Instalación del sistema de aire acondicionado.....	49
3.4.2	Instalación de sistema de control.....	51
3.5	Sistema de control térmico.....	52
3.5.1	Circuito del banco de simulación.....	53
3.6	Infiltración o ventilación del aire exterior del banco simulador.....	54
3.6.1	Infiltración y ventilación.....	55
3.6.2	Calor total de calefacción.....	55
3.6.3	Ganancia de calor.....	56
3.7	Comprobaciones de climatización de un vehículo Híbrido.....	57
3.8	Consideraciones para realizar las comprobaciones del sistema.....	64
3.9	Protocolo de Pruebas.....	67
3.9.1	Equipo.....	68
3.10	Comprobación de sensores.....	71
3.10.1	Inspección de los sensores.....	72
3.10.2	Inspección del mazo de cables.....	73
3.10.3	Sensor de presión del A/C.....	74
3.11	Actuadores.....	80
3.11.1	Motor del soplador.....	80
3.11.2	Relé de ventilación solar.....	84
3.11.3	Calentador PTC.....	85
3.11.4	Servomotor de control de la entrada de aire.....	87
3.11.5	Compresor.....	88
3.12	Módulo de control.....	89
3.12.1	Panel de control del aire acondicionado.....	89
3.12.2	Amplificador de aire acondicionado.....	91
3.12.3	Fusible eléctrico del vehículo.....	91
3.12.4	Inspección del cable N° 2 del motor.....	93
3.13	Carga de refrigerante.....	94
3.13.1	Compruebe el volumen del refrigerante.....	94
3.13.2	Compruebe la presión del refrigerante con el manómetro.....	95
3.13.3	Recuperación del refrigerante en el sistema de refrigeración.....	101
3.13.4	Carga de refrigerante.....	102
3.14	Autonomía vehicular respecto del estado de batería de alta tensión y tipo de conducción.....	105

3.14.1 Plena carga y régimen variado (SOC)	105
3.14.2 Bajo régimen y generación	107
3.14.3 Aceleración y frenado	111
3.14.4 Conducción y consumo.....	111
3.14.5 Aceleración brusca y frenado.....	112

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DE CAUDAL DE AIRE

4.1 Equipos.....	113
4.1.1 Vehículos	113
4.1.2 Anemómetro Smart Electric	114
4.1.3 Scanner.....	115
4.2 Programa de diseño y simulación.....	117
4.3 Análisis de la presión, temperatura, flujo de aire del Toyota Prius.....	120
4.4 Pruebas de flujo de aire en el Toyota Prius utilizando anemómetro.....	120
4.4.1 Cálculo de volúmenes finitos.	122
4.4.2 Análisis de la presión	123
4.4.3 Análisis de temperatura	125
4.5 Pruebas de flujo de aire en el Toyota Highlander utilizando anemómetro.....	126
4.5.1 Cálculo de volúmenes finitos.	127
4.5.2 Análisis de la presión	129
4.5.3 Análisis de temperatura Toyota Highlander.	130
4.6 Pruebas de flujo de aire en Ford Scape utilizando anemómetro.....	131
4.6.1 Cálculo de volúmenes finitos.	133
4.6.2 Análisis de la presión	134
4.6.3 Análisis de temperatura	135
4.7 Pruebas de flujo de aire del banco simulador con anemómetro.	136
4.7.1 Cálculo de volúmenes finitos.	138
4.7.2 Análisis de la presión	139
4.7.3 Análisis de temperatura	140

4.8	Consumo de energía	141
-----	--------------------------	-----

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1	Recursos	146
5.1.1	Recursos humanos	146
5.1.2	Recurso Tecnológico	146
5.1.3	Recursos Materiales	147
5.2	Presupuesto.....	147
5.3	Financiamiento.....	149
5.4	Cronograma.....	149
	CONCLUSIONES.....	205
	RECOMENDACIONES.....	207
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	208
	ANEXOS.....	215

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama causa efecto	26
Figura 2 Circuito del sistema de climatización.	38
Figura 3 Compresor del Toyota modelo Prius 2010.....	39
Figura 4 Carcasa con sección del motor.....	40
Figura 5 Sección de compresión.....	41
Figura 6 Inversor.....	41
Figura 7 Placa de control del compresor trifásico.	42
Figura 8 Señal del inversor.	42
Figura 9 Circuitos de control de A/C.	43
Figura 10 Motor del soplador	44
Figura 11 Amplificador de A/C	44
Figura 12 Sensor de temperatura de ambiente.....	46
Figura 13 Líneas características del sensor de temperatura.	46
Figura 14 Sensor de temperatura del evaporador	47
Figura 15 Sensor de presión Ford Scape.	48
Figura 16 Sensor solar de Toyota Prius.....	48
Figura 17 Esquema del servomotor.	49
Figura 18 Unidad de calentador TPC.....	49
Figura 19 Esquema del Módulo de Climatización.	50
Figura 20 Circuito de control automático de un Ford Scape Hibrido.....	51
Figura 21 Simulación de la renovación de caudal de aire.....	53
Figura 22 Simulación de ventilación forzada por soplador.....	54
Figura 23 Difusores con escotilla frontal, Ford Scape,.....	55
Figura 24 Ventilador radial.....	56
Figura 25 Control del sistema de flujo de aire.....	57
Figura 26 Salidas de emergencia de fragmentación de aire.	58
Figura 27 Efecto de la velocidad del viento	59
Figura 28 Diagrama de protocolo de pruebas.....	64
Figura 29 Simulación del vehículo Toyota Prius	14
Figura 30 Simulación del vehículo Toyota Higlander.	15
Figura 31 Simulación del vehículo Ford Scape.....	15
Figura 32 Anemómetro.	15
Figura 33 Techstream.....	16
Figura 34 manómetros de presión.	16
Figura 35 Multímetro Automotriz	17
Figura 36 Software de simulación ANSYS.....	17
Figura 37 Leyes de conservación para subdominio del dominio W.	19
Figura 38 Software de simulación LIVEWIRE.....	20
Figura 39 Menú de selección del sistema.	21
Figura 40 Control del sistema de aire acondicionado	22
Figura 41 Prueba con anemómetro.	22
Figura 42 Simulación de volúmenes finitos del interior del habitáculo	23
Figura 43 Selección de cuerpo para sacar el volumen	23
Figura 44 Volumen retirado del diseño en SolidWork	24
Figura 45 Simulación en fluid flow	24
Figura 46 Grilla unidimensional.....	25
Figura 47 Grilla bidimensionales.....	28
Figura 48 Carta psicometría.....	30

Figura 49 Carta psicrométrica	31
Figura 50 Carta psicrométrica, enfriamiento y des humificación	32
Figura 51 Carta psicrométrica enfriamiento y humidificación	33
Figura 52 Carta psicrométrica calentamiento y des humificación	33
Figura 53 Carta psicrométrica humificación	34
Figura 54 Funcionamiento del evaporador.	40
Figura 55 Selección del evaporador del banco de simulación	41
Figura 56 Selección del Condensador del banco simulador	42
Figura 57 Selección del electro ventilador del banco de simulación.....	43
Figura 58 Válvula de expansión termostática del banco.....	44
Figura 59 Filtro deshidratador del banco simulador	45
Figura 60 Diseño del chasis del banco simulador.....	47
Figura 61 Malla del chasis para el análisis de cargas del banco.	48
Figura 62 Habitáculo del banco simulador Solidwork	48
Figura 63 Conexión de tuberías al compresor del banco simulador	49
Figura 64 Componentes internos del bloque de climatización.....	50
Figura 65 Soplador	50
Figura 66 Filtro de humedad y condensador	51
Figura 67 Variador de frecuencia modelo CFW300 de banco.	51
Figura 68 Caja de fusible	52
Figura 69 Presos-tato y termostato.....	52
Figura 70 Circuito controlador del sistema A/C del banco.	53
Figura 71 Circuito del inversor.	54
Figura 72 Módulo de control de aire acondicionado (1)	57
Figura 73 Controlador del soplador (2)	58
Figura 74 Lectura de entradas del A/C (3).....	58
Figura 75 Comprobación sensor de temperatura (4)	59
Figura 76 Temperatura del evaporador (5).....	59
Figura 77 Funcionamiento del ventilador (6).....	60
Figura 78 Trabajo del compresor (7).....	60
Figura 79 Control de calefacción (8).....	61
Figura 80 Funcionamiento del PTC (9).....	61
Figura 81 Control del PTC (10).....	62
Figura 82 Condiciones de funcionamiento (11).....	62
Figura 83 Control de PTC y compresor (12,13)	63
Figura 84 Velocidad del soplador (14)	63
Figura 85 Caja de fusibles, Ford Scape	64
Figura 86 Distribución de pines de comunicación Toyota Prius.....	65
Figura 87 Relé del ventilador del A/C, Ford Scape	65
Figura 88 Trabajo del compresor	67
Figura 89 Funcionamiento del sistema de A/C	67
Figura 90 Comunicación del Scanner Techstream, red CAN	68
Figura 91 Conexión del interface	70
Figura 92 Información del vehículo	70
Figura 93 Menú de selección de sistema.....	70
Figura 94 Extracción del sensor de temperatura (Ford Scape)	72
Figura 95 Pines de conexión del sensor de temperatura	72
Figura 96 Pines de conexión del sensor de presión	74
Figura 97 Sockets del mazo de cables del sensor de presión	75
Figura 98 Circuito del motor soplador	83

Figura 99 Pines del motor del soplador	83
Figura 100 Conector del motor del soplador	84
Figura 101 Circuito del relé solar	85
Figura 102 Circuito del conjunto del calentador PTC.....	85
Figura 103 Conector del amplificador de A/C	86
Figura 104 Conector del bloque de relés	86
Figura 105 Diagrama del servomotor de entrada de aire.....	87
Figura 106 Compresor de aire acondicionado	89
Figura 107 Placa de control del compresor	89
Figura 108 Panel de control del aire acondicionado	90
Figura 109 Inspección de los indicadores del panel de control.....	90
Figura 110 Conector del conjunto de control de aire acondicionado	90
Figura 111 Conector del amplificador de A/C	91
Figura 112 Conjunto del inversor con transformador	92
Figura 113 Cable N° 2 del motor.....	93
Figura 114 Manómetros de presión	96
Figura 115 Estado del manómetro al comprobar la presión en el sistema ..	96
Figura 116 Rango del manómetro cuando la refrigeración insuficiente.	97
Figura 117 Rango de la presión del refrigerante es insuficiente	98
Figura 118 Rango de medición el manómetro del refrigerante no circula....	98
Figura 119 Rango de medición al estar aire en el sistema	99
Figura 120 Rango de medición de la válvula de expansión	100
Figura 121 Rango de medición al estar la compresión insuficiente	100
Figura 122 Diagrama de presión del manómetro.....	101
Figura 123 Diagrama de la cantidad de refrigerante del sistema.....	102
Figura 124 Vacío del sistema de aire acondicionado.....	103
Figura 125 Manómetros de alta y baja presión	103
Figura 126 Carga del refrigerante	104
Figura 127 Conexión de la válvula de alta presión	104
Figura 128 válvulas de alta y baja presión.....	104
Figura 129 Cierre de las válvulas de alta y baja presión.....	105
Figura 130 Indicador del módulo de energía del Toyota prius	105
Figura 131 Conexión del interface	106
Figura 132 Información del vehículo	106
Figura 133 Menú de selección de sistemas	106
Figura 134 monitoreo de la batería en aceleración	111
Figura 135 monitoreo de la batería en conducción	112
Figura 136 monitoreo de la batería descarga de la batería	112
Figura 137 monitoreo de la batería a aceleración brusca	112
Figura 138 Anemómetro Smart Electric	114
Figura 139 Programa techstream	116
Figura 140 Ventana de selección de Ecus.....	116
Figura 141 Sensores y actuadores controlados por la ECU	117
Figura 142 Volumen del vehículo Toyota Highlander	118
Figura 143 Malla en Fluid Flow.....	119
Figura 144 Condiciones de entrada de la simulación	119
Figura 145 Cálculo de valores en el mallado	120
Figura 146 Difusores del Toyota Prius.....	120
Figura 147 Flujo de aire con relación a la velocidad del soplador	121
Figura 148 Gráfico de presión vs flujo de aire del Toyota Prius.....	124

Figura 149 Presión por volúmenes finitos en Toyota Prius	124
Figura 150 Temperatura del Toyota Prius	125
Figura 151 Relación temperatura y Flujo de aire	125
Figura 152 Control del Toyota Highlander de temperatura	126
Figura 153 Prueba de flujo de aire con anemómetro	127
Figura 154 Presión vs flujo de aire del Toyota Highlander.....	129
Figura 155 Presión en el habitáculo del Toyota Highlander.....	130
Figura 156 Temperatura del Toyota Highlander	130
Figura 157 Relación temperatura y Flujo de aire	131
Figura 158 Control del Ford Scape.	131
Figura 159 Flujo de aire con anemómetro	132
Figura 160 Gráfico de presión vs flujo de aire del Ford Scape	135
Figura 161 Análisis de la presión por elementos finitos.	135
Figura 162 Temperatura del Toyota Prius	135
Figura 163 Relación temperatura y Flujo de aire	136
Figura 164 Difusores del banco simulador.....	137
Figura 165 Flujo de aire con anemómetro	137
Figura 166 Flujo de aire del banco simulador	138
Figura 167 Gráfico de presión vs flujo de aire del Ford Scape	139
Figura 168 Análisis de la presión por elementos finitos.	140
Figura 169 Temperatura del Toyota Prius	140
Figura 170 Relación temperatura y Flujo de aire	141
Figura 171. Consumo de voltaje y potencia	142
Figura 172 Carga de la batería, vehículo en reposo	143
Figura 173 Consumo de potencia en la batería.	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Eficiencia energética y renovación de carga.....	32
Tabla 2	Sistema de climatización en vehículos híbridos.....	33
Tabla 3	Tipos de metodología de investigación.....	35
Tabla 4	Datos técnicos del compresor.....	39
Tabla 5	Funcionamiento del control del Modo ECO.....	45
Tabla 6	Renovación de aire por hora en distintos habitáculos.....	53
Tabla 7	Velocidad del viento Beaufort	60
Tabla 8	Protocolo de pruebas.....	62
Tabla 9	Valor de las cargas en el habitáculo.....	38
Tabla 10	Características del compresor	39
Tabla 11	Características del evaporador.....	41
Tabla 12	Características del condensador.....	42
Tabla 13	Características de la válvula de expansión.....	43
Tabla 14	Características de componentes de A/C.....	45
Tabla 15	Peso total del Banco simulador.....	46
Tabla 16	Dimensiones de la estructura.....	47
Tabla 17	Características del tubo de refrigerante	48
Tabla 18	Dimensiones de tuberías de refrigerante	49
Tabla 19	Áreas de los elementos de calefacción del banco.....	55
Tabla 20	Resumen de las cargas de calentamiento	56
Tabla 21	Ganancia de calor.....	57
Tabla 22	Especificaciones técnicas del escáner Techstream.....	69
Tabla 23	Estado de funcionamiento de los sensores de A/C.....	70
Tabla 24	Estado de funcionamiento de los sensores de A/C.....	71
Tabla 25	Valores de resistencia de los sensores de aire acondicionado...	73
Tabla 26	Diagnóstico del sensor de presión	73
Tabla 27	Estado del sensor apagado el aire acondicionado.....	74
Tabla 28	Códigos de diagnóstico de los DTC del A/C	75
Tabla 29	Valores de soplador	75
Tabla 30	Estado del soplador	76
Tabla 31	Estado del soplado.....	76
Tabla 32	Estado del soplado.....	80
Tabla 33	Conexión del conector del soplador.....	81
Tabla 34	Estado del relé de ventilación	81
Tabla 35	Conexión del calentador PTC	81
Tabla 36	Estado de resistencia del mazo de cable.....	82
Tabla 37	Estado del servomotor de entrada de aire.....	82
Tabla 38	DTC del servomotor de entrada de aire	82
Tabla 39	Valores de soplador.....	83
Tabla 40	Estado del conector del control del aire acondicionado	84
Tabla 41	Conexión del conector del soplador.....	84
Tabla 42	Estado del relé de ventilación.....	85
Tabla 43	Conexión del calentador PTC	85
Tabla 44	Estado de resistencia del mazo de cable.....	86
Tabla 45	Estado del vehículo para la prueba de volumen	87
Tabla 46	Estado del servomotor de entrada de aire.....	88
Tabla 47	DTC del servomotor de entrada de aire	88
Tabla 48	Estado del compresor de aire acondicionado	89

Tabla 49	Estado del conector del control del aire acondicionado.	91
Tabla 50	Anomalías del refrigerante deficiente.....	91
Tabla 51	Estado del conjunto del inversor	92
Tabla 52	DTC del conjunto del inversor.....	93
Tabla 53	Estado del cable N° 2 del motor.....	93
Tabla 54	Estado del vehículo para la prueba de volumen	94
Tabla 55	Averías del sistema de aire acondicionado.....	94
Tabla 56	Especificación de presiones del sistema de aire acondicionado.	96
Tabla 57	Anomalías de humedad en el sistema.	97
Tabla 58	Anomalías de refrigeración insuficiente.	97
Tabla 59	Anomalías del refrigerante deficiente.....	98
Tabla 60	Anomalías del refrigerante no circula.....	99
Tabla 61	Diseño en SolidWorks de vehículos.....	99
Tabla 62	Anomalías de la válvula de expansión.....	100
Tabla 63	Anomalías de la compresión insuficiente	101
Tabla 64	Valores del estado de la batería hibrida.....	107
Tabla 65	Prueba de flujo de aire con anemómetro	108
Tabla 66	Prueba de flujo de aire con anemómetro	108
Tabla 67	Prueba de flujo de aire con anemómetro	108
Tabla 68	Valores obtenidos de la prueba por medio del Techstream	109
Tabla 69	Consumo de potencia en un vehículo híbrido	109
Tabla 70	Carga de batería (HV), vehículo en reposo.....	110
Tabla 71	Carga de batería en movimiento del vehículo	110
Tabla 72	Valores del consumo de potencia del A/C	110
Tabla 73	Características de los Vehículos	113
Tabla 74	Modelo de prueba	115
Tabla 75	Diseño en SolidWorks de vehículos.....	117
Tabla 76	Flujo de aire del Toyota Prius	121
Tabla 77	Análisis Toyota Prius volúmenes finitos	123
Tabla 78	Prueba de flujo de aire con anemómetro Toyota Highlander	126
Tabla 79	Análisis Toyota Highlander con volúmenes finitos	128
Tabla 80	Prueba de flujo de aire con anemómetro	132
Tabla 81	Análisis del Ford Scape con volúmenes finitos	133
Tabla 82	Prueba de flujo de aire con anemómetro	137
Tabla 83	Análisis del banco simulador con volúmenes finitos	138
Tabla 84	Analisis del banco pruebas	141
Tabla 85	Carga de batería (HV), vehículo en reposo.....	142
Tabla 86	Tabla de la batería en movimiento del vehículo.....	143
Tabla 87	Recursos tecnológicos.....	147
Tabla 88	Recursos materiales	147
Tabla 89	Detalle de gastos en repuestos e insumos	148
Tabla 90	Detalle de la mano de obra.....	148
Tabla 91	Tabla de gastos total.....	148

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el análisis de la eficiencia energética y renovación del caudal de aire del sistema de climatización en vehículos híbridos por medio de elementos finitos, el proyecto comenzó con el levantamiento de información bibliográfica respaldada de libros, revistas, artículos científicos, patentes, así como también la compilación técnica de los vehículos híbridos utilizados para realizar las pruebas, Por medio del levantamiento de dimensiones se realizó el diseño de los habitáculos de los vehículos en SolidWork, y con el volumen extraído del habitáculo se simuló en ANSYS, en este programa se ingresó datos de flujo de aire y temperatura, esta información se obtuvo mediante un anemómetro, utilizando la norma INEN 2902, modo de pruebas con anemómetro, después de haber ingresado los datos de flujo de aire y las condiciones iniciales para la simulación ingresar el tipo de mallado y el espesor de la malla para terminar con la simulación de aire acondicionado en el habitáculo por medio de volúmenes finitos. También se construyó un simulador de aire acondicionado, el habitáculo fue diseñadas en SolidWork para realizar la simulación de volúmenes finitos en ANSYS del flujo de aire acondicionado. El programa de simulación nos proporciona datos de presión temperatura, flujo de aire en cualquier punto de la cabina con una malla de dos millones de nodos.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS - AIRE ACONDICIONADO**
- **AIRE ACONDICIONADO - EFICIENCIA ENERGÉTICA**
- **AIRE ACONDICIONADO - VOLÚMENES FINITOS**

ABSTRACT

The main objective of the present titration work is the analysis of the energy efficiency and renewal of the airflow of the air conditioning system in hybrid vehicles by means of finite elements, the project began with the collection of bibliographical information backing of books, magazines, articles scientific, patents, as well as the technical compilation of the hybrid vehicles used to carry out the tests. The dimensioning of the vehicles was carried out in SolidWork, and the volume extracted from the passenger compartment was simulated in ANSYS , in this program air and temperature data were entered, this information was obtained by means of an anemometer, using the INEN 2902 standard, anemometer test mode, after having entered the air flow data and the initial conditions for the simulation enter the type of mesh and the thickness of the mesh for finish with the simulation of air conditioning in the passenger compartment by means of finite volumes. An air conditioning simulator was also built, the cockpit was designed in SolidWork to perform the simulation of finite volumes in ANSYS's air-conditioning flow. The simulation program gives us data of temperature pressure, airflow at any point in the cabin with a mesh of two million nodes.

KEYWORDS:

- **HYBRID VEHICLES - AIR CONDITIONING**
- **AIR CONDITIONING - ENERGY EFFICIENCY**
- **AIR CONDITIONING - FINITE VOLUMES**

CAPÍTULO I

1 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS, POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS

1.1 Antecedentes

El compresor es una máquina giratoria volumétrica, la presión es fijada por el circuito y el caudal másico depende de la velocidad de revolución, la eficiencia volumétrica, es ligeramente dependiente de la presión y velocidad suministradas que depende de las condiciones termodinámicas en el acumulador. (Roberto, et. Al. 2015, pág. 55)

Según (Cepollone, 2015), la reducción del consumo de combustible de los vehículos debe lograrse, por la eficiencia del sistema de aire acondicionado, en términos de reducción potencial de energía con respecto al aumento de costos y condiciones de los componentes individuales, así como las influencias de los parámetros externos. (pág. 105)

Según (Hannan, Azidin, Mohamed, 2014) Los desafíos en vehículos híbridos (HEV) y eléctricos (EV), es el efecto del sistema de control climático sobre el rendimiento de las baterías en el consumo de corriente según las condiciones de conducción, climáticas y de operación. El sistema A/C se convirtió en el mayor consumidor de energía para un vehículo híbrido altamente eficiente y el sistema A/C tiene un alto impacto en el consumo total de combustible del vehículo. (pág. 135)

(Torregrosa, Payá, Corberán, 2011), menciona que, “el sistema de refrigeración y calefacción es un parámetro a considerar para mejorar la eficiencia del sistema de control de climatización”.

(Rugh, Hovland, Andersen, 2004), menciona que, el consumo de combustible en Europa debido al uso del sistema de A/C para el enfriamiento de la cabina es de alrededor de 7 mil millones de litros al año, lo que representa el 3,2% del consumo mundial de combustible.

La importancia del sistema de A/C en términos de necesidades energéticas y las otras restricciones en términos de refrigerantes invita a considerar nuevas tecnologías y oportunidades para mejorar su eficiencia, desde el punto de vista termodinámico, la posibilidad más importante es disminuir la temperatura de condensación. (Bharathan, et.Al, 2007).

El fluido refrigerante en el circuito de A/C, no sólo afecta a la mejora de su eficiencia energética, sino también la elección de nuevos fluidos, por ejemplo, R1234yf y la posibilidad de reducir los caudales y las cantidades en tablero.

En el Ecuador la influencia de los índices de contaminación atmosféricas de los vehículos convencionales son analizados en la Red de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), los vehículos híbridos de recién introducción al país, representan una oportunidad para disminuir esta contaminación gracias a sus nuevas tecnologías, se han llegado a investigar maneras de reducir el consumo energético del automóvil por medio del ahorro del combustible, un factor que influye esto es el tamaño y el peso del vehículo, pues cuanto más pesados son los motores, más combustible requieren.

(Clavero, 2014), La conducción vehicular diaria afecta al rendimiento del vehículo un 35% de su funcionamiento por el uso del aire acondicionado por las condiciones térmicas, el mal uso del A/C afecta al rendimiento del motor incrementando el uso de combustible en un 20%, estudios realizados por la Toyota Motor Corporation indica que los vehículos híbridos están considerados mejores referentes en cuanto a eficiencia.

Las emisiones del CO₂ son mayores en un vehículo convencional por la cantidad de energía que consume el motor, mientras que en un vehículo híbrido recarga la batería permitiendo funcionar los motores eléctricos siendo

estos más eficientes que los motores térmicos. De manera general se puede mencionar dos aspectos relevantes en la evaluación del desempeño de un vehículo híbrido no obstante este rendimiento es afectado al momento de usar el aire acondicionado.

Un estudio realizado por el científico Calvert J. en los Estados Unidos estableció protocolos con el motor en frío o caliente donde se determinó que en arranque en frío tiene alto porcentaje de emisiones contaminantes mientras que al alcanzar una temperatura adecuada en caliente el porcentaje de emisiones es menor sin embargo es necesario conocer el desempeño del vehículo realizando una comparación directa con su contraparte convencional y de esa manera tener más datos para valorar las ventajas de los vehículos híbridos (Lizzy, 2013, pág. 29).

El sector automotriz ecuatoriano en los últimos años, según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), expone que, los vehículos híbridos desde el año 2012 hasta el 2014 ha crecido un 6,85 por ciento, algo positivo para el país y el medio ambiente, evitando emanar cantidades considerables de CO₂. La marca Toyota es una de las marcas más vendidas hasta la actualidad de vehículos híbridos, incluso en el 2012 y 2013 fue líder en ventas, ocupando el 80% del mercado nacional seguido de la marca Ford ocupando el segundo lugar hasta el 2014 (INEN, 2015)

1.2 Planteamiento del problema

Debido al calentamiento global y la rápida decadencia de la reserva de energía fósil, recientemente los vehículos eléctricos híbridos (HEVs) y vehículos eléctricos (EVs) se han convertido en nuevos objetivos para el mercado de vehículos. Entre ellos, los vehículos híbridos (EV) se destacan específicamente, debido a su propiedad de cero emisiones.

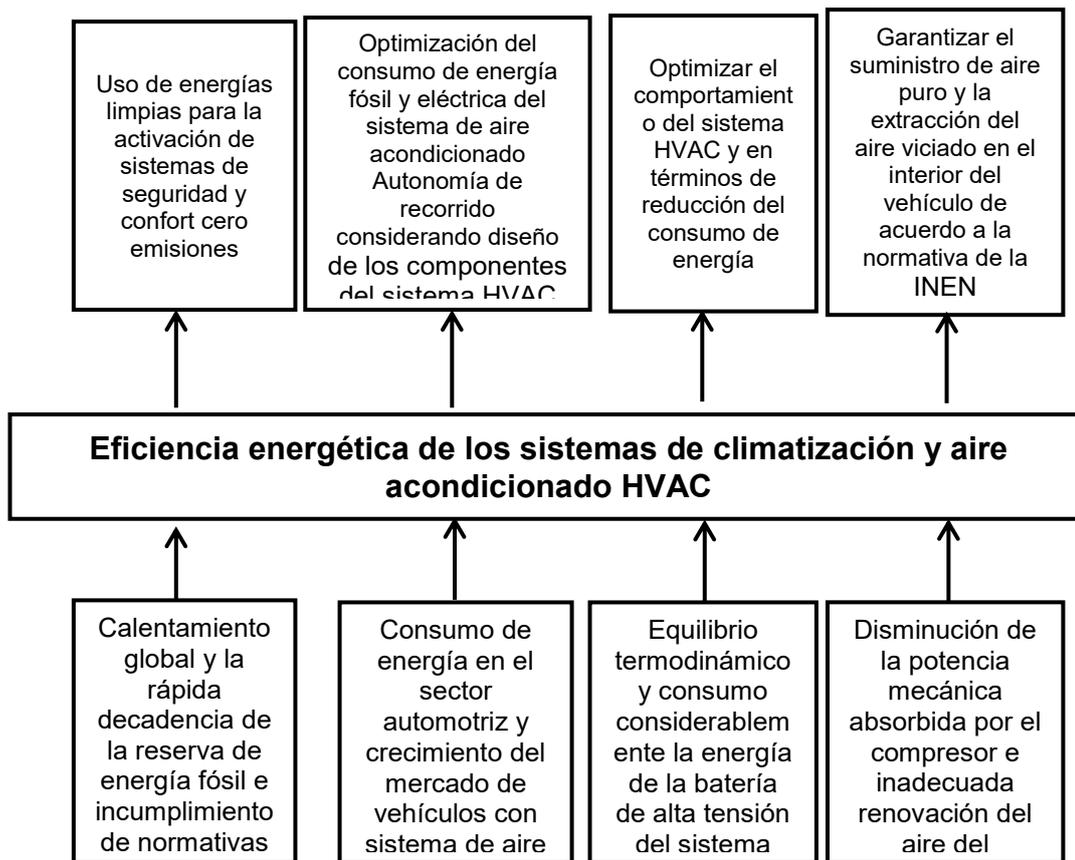


Figura 1 Diagrama causa efecto

El sistema HVAC (aire acondicionado y calefacción) el funcionamiento del compresor en un vehículo a gasolina es impulsado por el motor de combustión, pero en los HEVs el funcionamiento lo realiza el motor eléctrico. El sistema de aire acondicionado y climatización HVAC de la cabina es un sistema auxiliar y de confort más consumidor de energía en un vehículo, su optimización es una opción tecnológica adecuada para lograr la reducción del consumo de combustible en sector automotriz.

La evolución de la normativa sobre los temas medio ambientales y los desafíos tecnológicos en los últimos años del sector automovilístico, en el sector del transporte se ha puesto énfasis en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, confirmando la importancia de las cuestiones ambientales en el sector del transporte manteniendo o incluso mejorando la eficiencia energética tradicionales de los sistemas que conforman un vehículo.

Comprender el comportamiento del sistema de aire acondicionado, optimizarlo en términos de reducción del consumo de energía es fundamental el equilibrio termodinámico del sistema A/C, no es fácil determinar ya que depende de factores como: temperatura ambiente, irradiación solar, velocidad del vehículo o funcionamiento del ventilador, refrigerante y, sobre todo, diseño de los componentes. En este sentido, es importante obtener datos experimentales y modelos basados en ecuaciones físicas de tal manera de profundizar en el proceso, para lograr la mejor eficiencia, el control óptimo, el ahorro y la gestión de la energía con buenos resultados de refrigeración de la cabina.

El uso de energía del sistema de climatización ha puesto la atención de las comunidades de investigación, la industria y las agencias reguladoras, debido principalmente al impacto relativamente grande en el rango de vehículos vendidos en los mercados de América Latina, las soluciones al problema de la energía del sistema de climatización se pueden dividir en dos áreas: disminuir el calentamiento requerido o refrigeración y el aumento de la eficiencia de los sistemas calentando y enfriando.

Comparar el potencial de energía y renovación del caudal de aire del vehículo híbrido, mediante el flujo de aire en el habitáculo para investigar las medidas combinadas de ahorro de energía con una prueba realista entre un sistema de aire acondicionado activado por un motor de combustión (ICE) y un motor eléctrico HEVs.

1.3 Descripción resumida del proyecto

La investigación se desarrolló en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, en los laboratorios de autotrónica y mecánica de patio de la carrera de ingeniería automotriz, se analizó la eficiencia energética y renovación del caudal de aire del sistema de climatización en vehículos híbridos.

Se recopiló información confiable como bases de datos digitales, textos, proyectos de investigación aplicada, manuales técnicos, normativas, publicaciones, que permitan obtener antecedentes, conceptos, definiciones para dar a conocer los aspectos teóricos, científicos, prácticos para fundamentar el estudio. Entre las cuales se considera estas referencias, Scielo, Science direct, Springer, Tandf on line, Elibrary, Manuales de (Toyota, Ford), Normas (ASHRAE-ISO, INEN), Patentes.

Se construyó el banco simulador, seleccionando los elementos principales que lo constituyen, y obedecer a la normativa de ventilación de aire, “el sistema de ventilación debe asegurar la renovación de un caudal mínimo de aire de 13 m³/h por pasajero, en caso de que se tengan instalados equipos de aire acondicionado, se debe garantizar la renovación mínima del 20% del volumen”. (INEN, 2015)

Con el anemómetro, se realizó pruebas de flujo aire de acondicionado y ventilación según el anexo D de la norma INEN NTE 2902, a los vehículos que se les realizaron pruebas fue, de la marca Toyota con modelo Prius, Highlander (híbridos), La marca Ford con modelo Scape (híbrido).

Con el flexómetro, se tomó datos de las dimensiones de los habitáculos de los vehículos a prueba de flujo de aire acondicionado, y con SolidWork, se realizó el diseño de los habitáculos, y por medio de un simulador dinámico Workbench, de ANSYS, se obtuvo el volumen de cada uno de los habitáculos.

Se realizó un protocolo de pruebas en sistema de aire acondicionado en vehículos Híbridos, y se detallaron el funcionamiento de los diferentes sensores, actuadores, motores que se utiliza para una mejor eficiencia en el sistema de aire acondicionado y en el sistema de alta tensión del vehículo.

1.4 Justificación e importancia

[Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico, 2015], menciona que, En el balance energético nacional, indicó que el transporte es el sector que más

energía consume con un 47%, cual equivale a 42.513 KBEP (kilo barriles equivalente de petróleo) y produciendo grandes cantidades de CO₂.

En la zona 9 con 460.000 vehículos emanan 2.8 millones de gases de efecto invernadero anuales por el transporte público y particular. En la zona 3 con una cantidad de 58.810 vehículos produce la cantidad de 242.641 toneladas de CO₂ (Ministerio de Ambiente, 2014).

En Ecuador el 24% de vehículos sobrepasan los 20 años y un 15% que sobrepasa los 30 años, por lo que el gobierno nacional con el registro oficial N° 193 con decreto 636 el 18 de octubre del 2007, establece un diferimiento arancelario a 0% del total de la tarifa arancelaria para vehículos híbridos, con el fin de mejorar la eficiencia energética y reducir la contaminación por el efecto invernadero producido por el CO₂, la cantidad de vehículos híbridos aumentó considerablemente, por lo que hasta el 2014 según el documento expuesto por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) por sus siglas, que en la zona 3 y zona 9 existen la cantidad de 2070 vehículos matriculados, Los vehículos híbridos que en mayor cantidad se puede encontrar son: En la marca Toyota con modelos como (Prius, Highlander), en la marca Ford con su modelo Scape, los datos obtenidos son perteneciente a los años 2008 y 2011 (INEC, 2014)

El sistema de aire acondicionado ha evolucionado tecnológicamente, han incorporado elementos que controlan la temperatura del habitáculo para que tengan confort térmico los pasajeros, como son sensores, actuadores y módulos de control electrónico propios del sistema.

El aumento del uso de refrigerantes que ocasionan daño a la capa de ozono permitió que el gobierno apruebe un decreto ejecutivo N°1429 registro oficial No. 420 del 19 de abril de 1990 llamado, Protocolo de Montreal, para dar aplicación a las enmiendas se emite la resolución COMEX N° 58 publicada en el registro oficial N°726 de fecha 18 de junio del 2012 que incorpora a los clorofluorocarbonos (CFC), de prohibida importación, y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), que tendrán un cupo de importación que

reduzca un 4% anual y hasta el 2040 se finalice el consumo de estos compuestos.

La investigación consideró el análisis del sistema de aire acondicionado, la eficiencia energética y renovación del caudal de aire en el vehículo Toyota con modelo Prius, en la zona 3 de Ecuador, ya que el sistema realiza la función de mantener el confort en el habitáculo, pero para realizar ese proceso se han modificado algunos componentes en relación a los sistemas de aire acondicionado en vehículos a gasolina, como en el caso del compresor que funciona con alto voltaje que recibe de la batería (HV), también funciona con un motor eléctrico, la incorporación de varios sensores, actuadores que regulan automáticamente la temperatura del habitáculo, un sistema de refrigeración de la batería (HV) que conjuntamente al sistema de A/C van a controlar la climatización del habitáculo.

1.5 Objetivo general

- Analizar la eficiencia energética y renovación de caudal de aire del sistema de climatización en vehículos híbridos para reducir el impacto ambiental

1.6 Objetivos específicos

- Recopilar información por medio de las fuentes bibliográficas confiables y redes de investigación, para interpretar la eficiencia energética del sistema de climatización en vehículos híbridos.
- Selección de los elementos a conformar el sistema de aire acondicionado.
- Diseñar un banco simulador de aire acondicionado
- Construir el sistema de aire acondicionado
- Poner a punto el sistema de climatización utilizando equipo de medición y diagnóstico validando el funcionamiento óptimo.

- Obtener datos de velocidad de aire de acuerdo a la Norma 2902: 2015 del sistema de climatización y aire acondicionado de los vehículos de prueba.
- Elaborar un protocolo de pruebas para los vehículos híbridos Toyota con su modelo Prius, para establecer la eficiencia energética y renovación del caudal de aire bajo diferentes condiciones de operación y funcionamiento.
- Analizar la autonomía del vehículo de prueba en relación a la durabilidad, capacidad de la batería de alta tensión y verificar la eficiencia del sistema.

1.7 Metas

Implementar un módulo de entrenamiento del sistema de climatización y aire acondicionado utilizado en el vehículo híbrido Toyota e indicar la renovación del caudal de aire y temperatura del habitáculo para establecer la eficiencia energética del mismo.

1.8 Hipótesis

El sistema de renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido garantiza un estado de confort, y optimización de energía realizando un suministro de aire puro y la extracción del aire viciado en el interior del vehículo asegurando la renovación de un caudal mínimo 13 m³/h de aire

1.9 Variables de la investigación

1.9.1 Variable Dependiente:

Eficiencia energética y renovación del caudal de aire

Tabla 1
Eficiencia energética y renovación de carga.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Caudal másico del refrigerante	$\frac{g}{s}$	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Entalpia a la salida del compresor	kJ	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Caudal másico de refrigerante a través de la válvula de expansión	$\frac{g}{s}$	Medición cálculo	Prueba de laboratorio
		Transferencia de energía del refrigerante a los tubos	kJ	Cálculos	Prueba de laboratorio
		Cambio de velocidad del refrigerante en los tubos	$\frac{m}{s}$	Cálculos	Prueba de laboratorio
		Transferencia de calor del proceso	$\frac{j}{s * m * ^\circ C}$	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Masa del refrigerante dentro del condensador	g	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Temperatura interna de la carga	$^\circ C$	Medición cálculo	Prueba de laboratorio
		Presión total	Pa	Cálculo	Prueba de laboratorio
		Volumen Especifico	m^3	cálculo	Prueba de laboratorio
		Presión parcial de vapor de agua	Pa	cálculo	Prueba de laboratorio
		Entalpia-	kJ	cálculo	Prueba de laboratorio
		Mezcla de aire de retorno de A/C y exterior	K	Medición cálculo	Prueba de laboratorio
		Masa de aire	g/s	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Masa de agua	g/s	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Caudal másico	g/s	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio

CONTINÚA 

Consumo de agua	g/s	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
Balance energético	j	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio

1.9.2 Variable independiente

Sistema de climatización

Tabla 2
Sistema de climatización en vehículos híbridos.

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
		longitud	m	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Temperatura	$^{\circ}C$	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Voltaje	V	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Intensidad de Corriente	A	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Motor eléctrico	V	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Asistencia eléctrica	V	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Batería HV	V	Medición Calculo	Protocolo de pruebas
		Inversor dc/ac	V	Medición Calculo	Ensayo Protocolo de pruebas
		Densidad	Kg/m^3	Medición	Ensayo
		Energía	J	Medición	Ensayo
		Entalpia	kJ	Medición	Ensayo

CONTINÚA



Conductividad ad térmica	$\frac{j}{s * ^\circ C * m}$	Cálculo	Ensayo
-----------------------------	------------------------------	---------	--------

1.10 Metodología

- Método Deductivo

La forma de relacionar la eficiencia de todos los elementos que lo componen el sistema de climatización, mediante magnitudes numéricas que serán analizados por medio de comparaciones. El rendimiento del compresor, el diseño de las tuberías, condensador y evaporador, indican una eficiencia energética, cada uno de estos componentes está relacionado para poder determinar las pérdidas de potencia y confort térmico del habitáculo.

- Método analítico

Se realizó la investigación de la eficiencia energética que conforma sistema de climatización en el automóvil en diferentes condiciones de operación considerando métodos de ensayo establecidos en la normativa.

- Método de medición

Se realizó mediciones aplicando métodos de ensayo a ejecutarse al sistema de renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido y la extracción del aire viciado en el interior del vehículo.

- Método de síntesis

Se utilizó este método para esquematizar los resultados del ensayo a ejecutarse evidenciando autonomía del vehículo híbrido cuando se utiliza el sistema de climatización considerando la disminución de la potencia mecánica absorbida de sus componentes.

- Método experimental

El experimento tiene como propósito evaluar y examinar los efectos que se manifiestan en la renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido que tiene como principal objetivo garantizar el volumen de suministro de aire y la extracción del aire viciado en el interior del vehículo encaminados a determinar la eficiencia del sistema

- Método de mate matización

La mate matización está constituida por un conjunto de leyes que permiten el cálculo de la demanda energética en relación a las cargas de calefacción y refrigeración basado en los estados de ambiente como temperatura, humedad relativa, propiedades psicométricas sujetas a una serie de factores que permitan el confort y seguridad térmica en el habitáculo.

Tabla 3
Tipos de metodología de investigación.

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Deductivo	La forma de relacionar la eficiencia de todos los elementos que lo componen el sistema de climatización, mediante magnitudes numéricas que serán analizados por medio de comparaciones. El rendimiento del compresor, el diseño de las tuberías, condensador y evaporador, indican una eficiencia energética, cada uno de estos componentes está relacionado para poder determinar las pérdidas de potencia y confort térmico del habitáculo.	Vehículos híbridos, Toyota Highlander y Prius, Ford Scape. scanner Techstream, anemómetro banco simulador de aire acondicionado	Laboratorio de autotrónica – Mecánica de patio
Analítico	En función del cumplimiento del objetivo de la investigación examinando imparcialmente las causas y efectos del estudio, se realiza el estudio de la eficiencia energética que conforma sistema de climatización en el automóvil en diferentes condiciones de operación considerando métodos de	Vehículos híbridos, Toyota Highlander y Prius, Ford Scape. banco simulador de aire acondicionado simulador de aire acondicionado y computadora	Laboratorio de autotrónica – mecánica de patio

CONTINÚA



	ensayo establecidos en la normativa.	personal, scanner Techstream, anemómetro	
Medición	Se realiza mediciones aplicando métodos de ensayo a ejecutarse al sistema de renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido y la extracción del aire viciado en el interior del vehículo.	Vehículos híbridos, Toyota Highlander y Prius, Ford Scape. y banco simulador de aire acondicionado y computadora personal anemómetro digital, scanner equipo de carga y descarga de refrigerante	Laboratorio de autotrónica – mecánica de patio
Experimental	El experimento tiene como propósito evaluar y examinar los efectos que se manifiestan en la renovación del aire del habitáculo del vehículo híbrido que tiene como principal objetivo garantizar el volumen de suministro de aire y la extracción del aire viciado en el interior del vehículo encaminados a determinar la eficiencia del sistema	Vehículos híbridos, Toyota Highlander y Prius, Ford Scape. y banco simulador de aire acondicionado, computadora personal, anemómetro digital, scanner, equipo de carga y descarga, equipo de diagnóstico.	Laboratorio de autotrónica – mecánica de patio
Medición	Se realiza mediciones por medio de un protocolo de pruebas en donde la potencia en un dinamómetro de rodillos, así como también por medio de un anemómetro en pruebas activando el aire acondicionado y desactivando el aire acondicionado también con el equipo TECH STREAM	Protocolo de pruebas Vehículos híbridos, Toyota Highlander y Prius, Ford Scape. y banco didáctico de aire acondicionado, anemómetro, equipo de carga y descarga, scanner Techstream	Laboratorio de autotrónica – mecánica de patio
Método de mate matización	La mate matización está constituida por un conjunto de leyes que permiten el cálculo de la demanda energética en relación a las cargas de calefacción y refrigeración basado en los estados de ambiente como temperatura, humedad relativa y propiedades Psicométricas sujetas a una serie de factores que permitan el confort y seguridad térmica en el habitáculo.	Computadora personal, anemómetro, scanner Techstream.	Laboratorio de autotrónica – mecánica de patio

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de climatización

El sistema de climatización automotriz tiene como finalidad el proporcionar un confort agradable en el interior del habitáculo, la buena visibilidad del conductor y crear un ambiente óptimo para el pasajero.

(Anderson, 2010) Menciona que, climatización automotriz se refiere al conjunto de sistemas que permiten crear en el interior del vehículo unas condiciones de temperatura, humedad y ventilación óptimas tales que permitan al conductor concentrarse en la conducción, siendo así un medio de seguridad activa, al mismo tiempo haciendo el trayecto lo más confortable posible al conductor y a los pasajeros.

Según (Mitchell, 2011), un sistema de climatización completo comprende estos criterios:

- Generación de energía térmica
- Transporte de energía térmica para ser utilizada. Este transporte generalmente se realiza por gas o líquido refrigerante en forma primaria si es para enfriamiento o para calefacción.

El uso de la energía térmica puede ser:

- El aire del exterior o aire de ventilación, que puede ser recirculado, el sistema lo mezcla, trata y lo impulsa hacia la cabina nuevamente.
- El transporte, con el aire tratado previamente, se traslada por los ductos para así poder llevarlo a la cabina y su dispersión en el sitio, de modo que el aire tratado alcance toda la zona considerada.

2.2 Funcionamiento.

(Roy, 2004) Menciona que: El funcionamiento del sistema de climatización del automóvil se basa en que el compresor empuja el gas, enviando presión al condensador. El gas, al pasar por el condensador baja su temperatura y presión pasando a estado líquido.

Al salir del condensador, el líquido pasa por el presostato, de ahí prosigue hacia el filtro para eliminar humedad e impurezas, una vez que sale del filtro se dirige hacia la válvula de expansión, la cual se encarga de regular la cantidad de líquido que entra al evaporador.

Simultáneamente que el líquido se encuentra circulando por el evaporador, el ventilador empuja aire frío filtrado hacia la cabina para culminar el ciclo, el compresor aspira el gas llevándolo de nuevo a su interior para comprimirlo y enviarlo de nuevo al sistema.

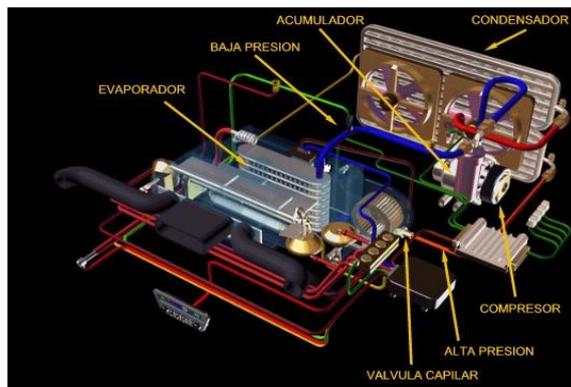


Figura 2 Circuito del sistema de climatización.

Fuente: (David, 2004)

2.3 Componentes

El sistema de climatización está compuesto por:

2.3.1 Compresor

(Skala, 2014) menciona: “Los sistemas de aire acondicionado en vehículos híbridos, pueden venir equipados con compresores accionados mediante una correa impulsada por el motor de combustión interna o accionado por un motor eléctrico integrando en el cuerpo del mismo compresor”, ver (figura 3) es un compresor eléctrico que tiene interiormente un inversor para su funcionamiento.



Figura 3 Compresor del Toyota modelo Prius 2010.

El compresor al ser impulsado por el motor eléctrico cuyas RPM son calculadas por el módulo de control, fácilmente controla la temperatura del habitáculo variando las misma, optimizando el consumo de energía.

Utilizan el refrigerante R134a, aunque el aceite es especial para este tipo de compresores ya que el motor eléctrico esta siempre en contacto directo con el refrigerante y aceite. “En caso de Toyota el aceite es el ND-11 compatible con el refrigerante 134a y no afecta la aislación del bobinado del motor” (Augeri, 2010).

En la tabla (4), indica los datos técnicos del compresor.

**Tabla 4
Datos técnicos del compresor.**

DATOS TÉCNICOS COMPRESOR ES14	
Peso Neto	4.623kg
Driver	A través de trifásico de alto voltaje hasta 288v
Inversor	Integrado
Cantidad de aceite	Aproximadamente 140 ml
Uso	Refrigerante R134

CONTINÚA



Capacidad	9 litros
Tecnología	Compresor de desplazamiento eléctrico
Lubricante]	ND- OIL 11

Fuente: (Denso Corporation, 2010).

Este compresor consta de una sección de motor, sección de compresor, una carcasa, un inversor:

Carcasa. - Es un recinto cerrado, y está compuesto por un alojamiento de motor, un alojamiento central, un alojamiento trasero, en este último alojamiento se encuentra la sección de motor y la sección de compresor.

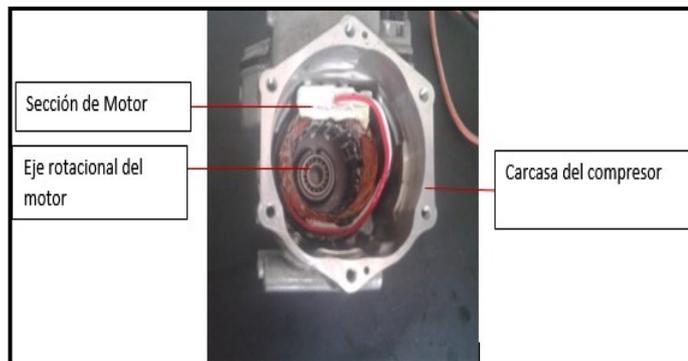


Figura 4 Carcasa con sección del motor.

Sección de Motor. - Contiene un motor trifásico de corriente alterna contenida en el alojamiento de motor, un eje de rotación del motor está conectada a la sección de compresor, y el accionamiento de la sección del motor es a través de corriente eléctrica recibida por parte del inversor, en la (figura 5) se detalla la sección de motor.

Sección de compresor. - Ubicada en el alojamiento central, se acciona en conexión con el accionamiento de la sección de motor para comprimir el refrigerante en el sistema de ciclo de refrigeración a alta temperatura y alta presión.

El alojamiento central está provisto de un orificio de succión para aspirar el refrigerante. El refrigerante a baja temperatura y baja presión extraído de la

lumbreira de aspiración fluye a través de la sección de motor en el alojamiento del motor con un giro de U. Luego el refrigerante es comprimido en una cámara de operación es descargado desde un orificio de descarga a través de una cámara de descarga dispuesta en el alojamiento trasero.



Figura 5 Sección de compresión.

Inversor. - Es un dispositivo inversor de corriente continua a corriente alterna (DC -a-AC), El inversor también varía una cantidad de corriente de salida a la sección del motor de acuerdo con la conmutación dispuesto dentro del propio inversor.

La entrada del dispositivo de computación está conectada a la batería (HV) y a la unidad de control, y su salida está conectada a la sección del motor. El inversor está fijado a la carcasa del compresor en la superficie exterior, en una zona donde el refrigerante fluye en forma de U expuesta anteriormente.

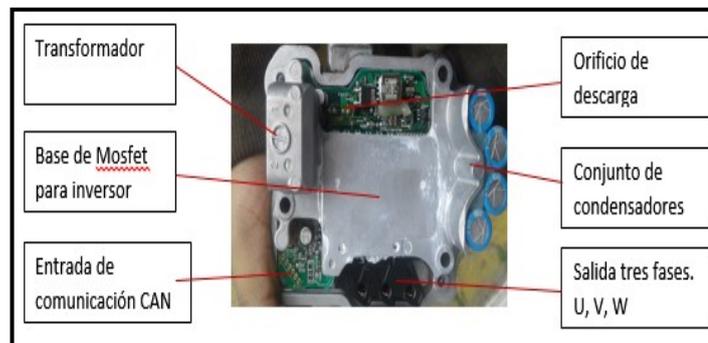


Figura 6 Inversor.

2.3.2 Inversor conductor

(Augeri, 2010) “Este componente es fundamental en el vehículo híbrido, incorpora gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos pero el funcionamiento es controlado por la unidad de control del sistema híbrido ECU (HV). Este sistema se encarga de controlar al inversor y generalmente cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos el DTC.”



Figura 7 Placa de control del compresor trifásico.

El circuito de control del compresor y el controlador IGBT funcionan como un controlador de accionamiento que suministra las señales de impulsos al inversor para accionar el inversor.

Como se muestra en la, (figura 8), el inversor incluye, además del controlador IGBT, sensores de temperatura de unión (detectores de temperatura) para detectar las temperaturas de unión de los elementos de conmutación en el inversor.

El inversor incluye además circuitos que varían de pendiente, que controlan de forma variable un grado abrupto de formas de onda de pendiente ascendente / descendente de las señales de impulso.

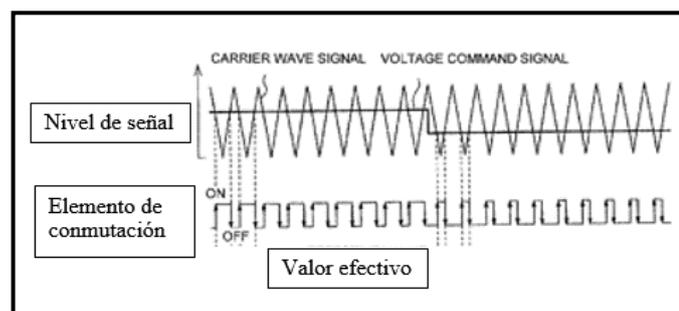


Figura 8 Señal del inversor.

Fuente: (TOYOTA, 2016)

2.3.3 Comunicación del compresor de un vehículo híbrido.

En un vehículo híbrido o eléctrico, un motor para accionar el vehículo o un compresor de A/C es realizado por una batería de alto voltaje y un dispositivo de comunicación como un instrumento de audio, LIN (Local InterConnect Network) o CAN (Controller Area Network) por una batería de bajo voltaje.

En esta estructura, las señales son enviadas y recibidas a través de un foto-couple "Dispositivo opto electrónico diseñado para la transferencia de señales eléctricas mediante una radiación óptica, a fin de asegurar un acoplamiento mientras que la salida esté aislada de la entrada", entre una CPU para controlar un dispositivo inversor para el motor y *otra CPU para controlar el dispositivo de comunicación. (Najima, Kagawa, et.AI, 2010).

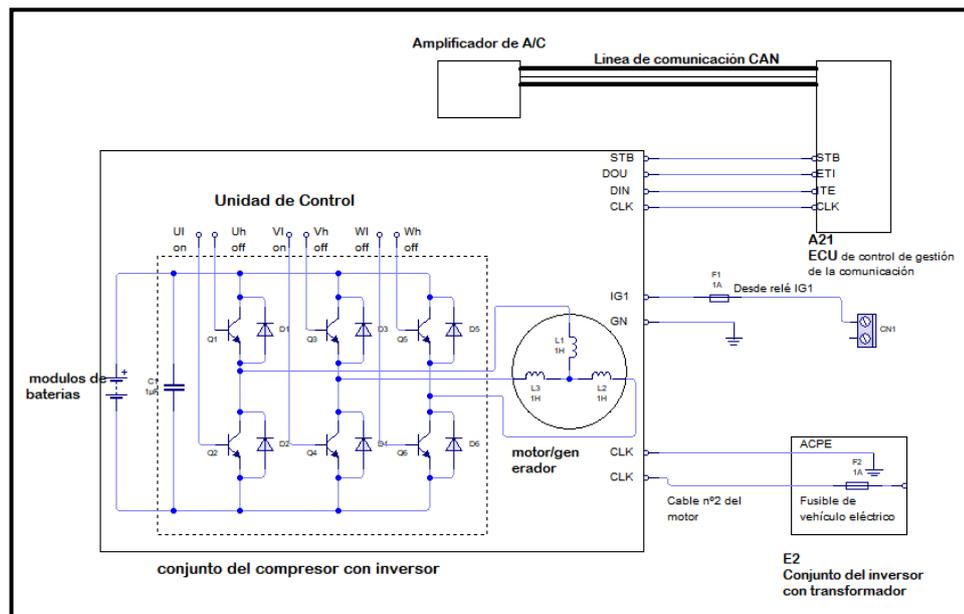


Figura 9 Circuitos de control de A/C.

2.3.4 Motor del soplador

Es un dispositivo por el que la calefacción de un automóvil y aire moderados permite una velocidad del ventilador, existen dos tipos:

- El tipo de cable resistor utilizando bobina de tamaño diferente de los alambres, con diferentes resistencias, para cada velocidad del ventilador.
- Es una placa de circuito impreso con circuito integrado electrónico.



Figura 10 Motor del soplador

2.3.5 Amplificador del A/C

El sistema de climatización en vehículos híbridos cuenta con una unidad de control central, llamado amplificador de aire acondicionado, el cual tiene como misión interpretar los datos de condiciones operativas del sistema mediante sus componentes y sensores para así poder enviar información necesaria a la ECU principal del vehículo, en la (figura 11) se encuentra debajo de los controles de mando exteriores.



Figura 11 Amplificador de A/C

2.3.6 Control Modo ECO

Este control de modo ECO al estar en funcionamiento optimiza el consumo energético, mediante el amplificador del A/C restringiendo el rendimiento del

aire acondicionado en situaciones específicas para un aumento de ahorro de combustible.

Tabla 5
Funcionamiento del control del Modo ECO.

Control	Descripción
Control del interruptor de aire interior/exterior	Cambia automáticamente la lumbrera de entrada de aire al modo de circulación de aire interno cuando la temperatura del aire exterior es igual o superior a la temperatura predeterminada y reduce el consumo de energía.
Control del nivel del soplador	Ajusta el nivel del soplador en el modo AUTO inferior al normal y suprime el consumo de energía.
Control del calentador de PTC	Detiene el funcionamiento del conjunto del calentador de PTC y suprime el consumo de energía.
Control de restricción del calentamiento	Cambia la temperatura de salida activando y desactivando el interruptor de modo ecológico durante el calentamiento y aumenta el tiempo de desconexión del motor cuando el interruptor del modo ECO en estado ON, lo que supone un aumento en el ahorro de combustible
Control de la restricción de velocidad del compresor	Restringe la velocidad máxima durante la refrigeración y reduce el consumo de energía.

Fuente: (Toyota, 2010)

2.4 Sensores del sistema de climatización en vehículos híbridos

A continuación, se detalla el funcionamiento de los sensores del sistema de climatización que constan en los vehículos híbridos.

2.4.1 Temperatura ambiente

El sensor de temperatura de ambiente, figura 11, Detecta la temperatura exterior mediante los cambios de resistencias del termistor y envía una señal al amplificador de A/C, Para controlar la temperatura del habitáculo. A medida que la temperatura disminuye, la resistencia aumenta, a medida que la temperatura aumenta, la resistencia disminuye.



Figura 12 Sensor de temperatura de ambiente.

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Según (TOYOTA, 2010), el amplificador del A/C aplica una tensión de (5V) al sensor de temperatura de ambiente y lee cambios de tensión a medida que cambia la resistencia del sensor de temperatura ambiente en la (figura 12) se puede visualizar el funcionamiento donde la variación de la resistencia según la temperatura del aire.

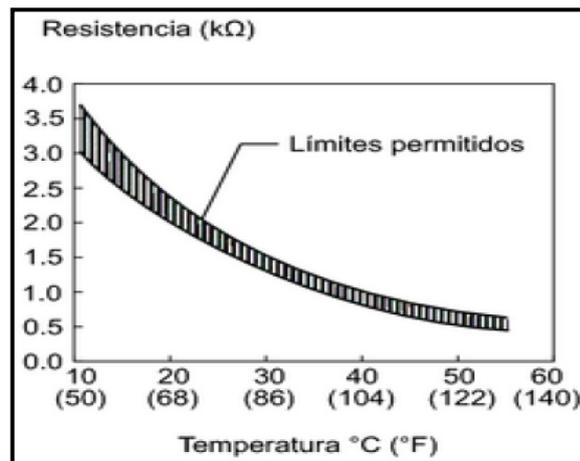


Figura 13 Líneas características del sensor de temperatura.

Fuente: (TOYOTA, 2016)

2.4.2 Temperatura interior

El sensor de temperatura interior se encuentra ubicado en el panel de control, en el exterior hay una pequeña rejilla que permite detectar la temperatura que se encuentra en el habitáculo mediante un termistor y envía una señal amplificadora de A/C.

[Toyota, 2010], menciona que: el sensor de temperatura interior recibe del amplificador del A/C una tensión (5V) a medida que cambia la temperatura y se encuentra integrado al sensor de humedad interior este envía una señal digital al amplificador según la temperatura y la humedad interna del habitáculo.

2.4.3 Temperatura del evaporador

El sensor de temperatura del evaporador, ver (figura 13), se encuentra ubicado en el evaporador de la unidad de aire acondicionado. Su función es detectar la temperatura del aire enfriado que pasa a través del evaporador y controlar el aire acondicionado.

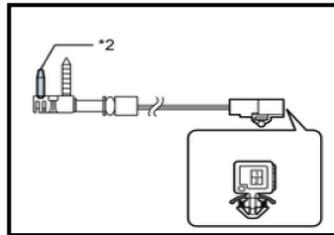


Figura 14 Sensor de temperatura del evaporador

Fuente: (Toyota, 2010)

2.4.4 Temperatura del refrigerante

Este responde a los cambios en la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia, que provoca la caída de voltaje. Además, este sensor envía información a la computadora para la activación de la moto-ventilador.

2.4.5 Presión del refrigerante de aire acondicionado

Es el encargado de detectar la presión del refrigerante y la transmite al amplificador A/C.



Figura 15 Sensor de presión Ford Scape.

2.4.6 Solar

Suelen ir ubicados en el salpicadero, únicamente se presentan en sistemas de climatización automática es capaz de detectar los cambios en cantidad de luz solar y los transmite al amplificador de A/C para así poder enviar una señal en forma de cambios de tensión.



Figura 16 Sensor solar de Toyota Prius.

2.5 Servomotor de impulsos

Conformada por una placa de circuito impreso y un servomotor. Esta placa consta de tres puntos de contacto y transmite dos señales ON-OFF al amplificador A/C. El conector BUS es capaz de detectar la posición y dirección de movimiento del regulador con estas señales.

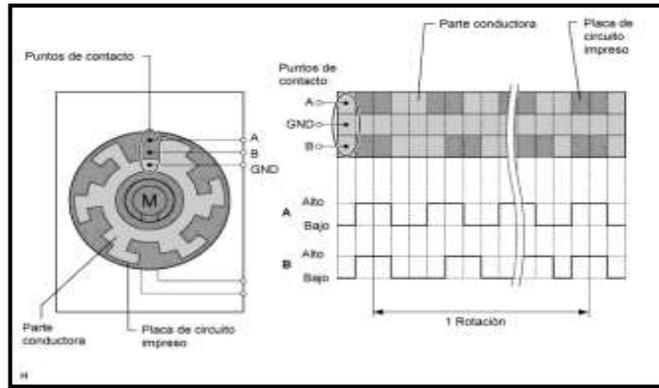


Figura 17 Esquema del servomotor.

Fuente: (TOYOTA, 2010)

2.6 Conexión BUS

Este protocolo de comunicación permite conectar el servomotor al amplificador de A/C, este conector dispone de un IC propulsor de comunicación el cual va a unir, accionar y detectar la posición de los servomotores. Además, permite comunicar un bus para el mazo de cables del dicho servomotor, con ello se obtiene una estructura menos pesada y un número reducido de cables.

2.7 Calentador de TPC

Este se encuentra montado sobre una base de cerámica encima del núcleo de la calefacción, en la unidad de aire acondicionado, la unidad calentadora PTC se activa y desactiva mediante señales enviadas por el amplificador del A/C en función de la temperatura ambiente.

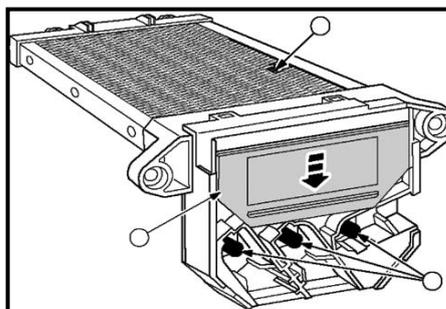


Figura 18 Unidad de calentador TPC.

Fuente: (Daly, 2009)

(Daly, 2009), indica que: las principales características de un calentador PTC son:

- Calentar rápido después de arrancar el vehículo
- Diseño ligero y compacto
- La unidad no puede sobrecalentarse
- Sin mantenimiento

2.8 Módulos de control electrónico

El sistema de climatización cuenta con un control central, llamado amplificador del aire acondicionado, el cual es el encargado de monitorear e interpretar los requisitos y las condiciones operativas de todos los componentes y sensores del sistema, para luego enviar la información necesaria a la ECU principal del automóvil.

A continuación, se muestra el esquema de funcionamiento del sistema de climatización del Toyota Prius.

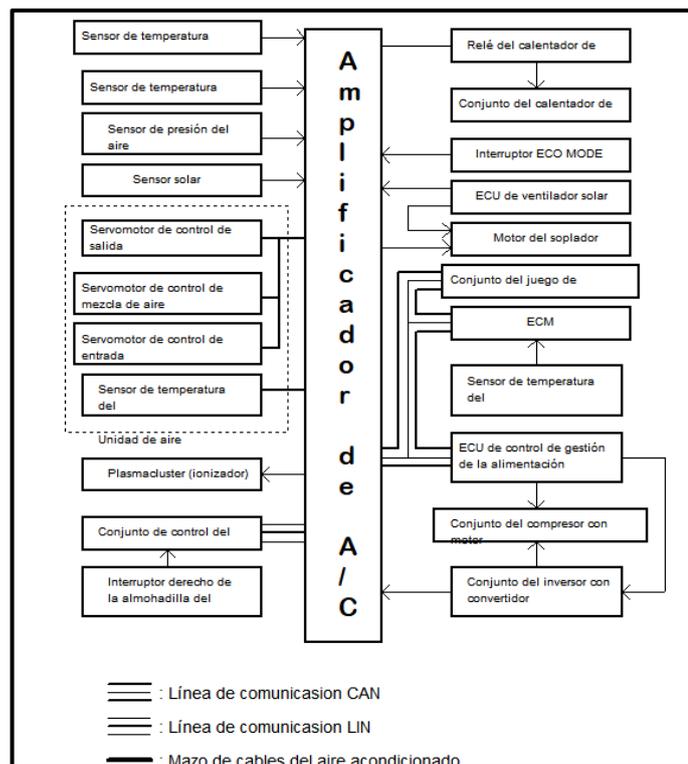


Figura 19 Esquema del Módulo de Climatización.

En los anteriores sistemas automáticos de aire acondicionado del Toyota modelo Prius, el volumen de aire del soplador y la temperatura de salida de aire eran determinados por el amplificador del aire acondicionado, esta información era necesaria en función de la fórmula de cálculo derivada de la información de los sensores.

La comunicación es importante resaltar, algunos sensores en los vehículos actuales se comunican con línea de comunicación CAN, para realizar alguna prueba en los sensores tener en cuenta que la medición errónea puede provocar un daño al sistema interconectado a la red de comunicación.

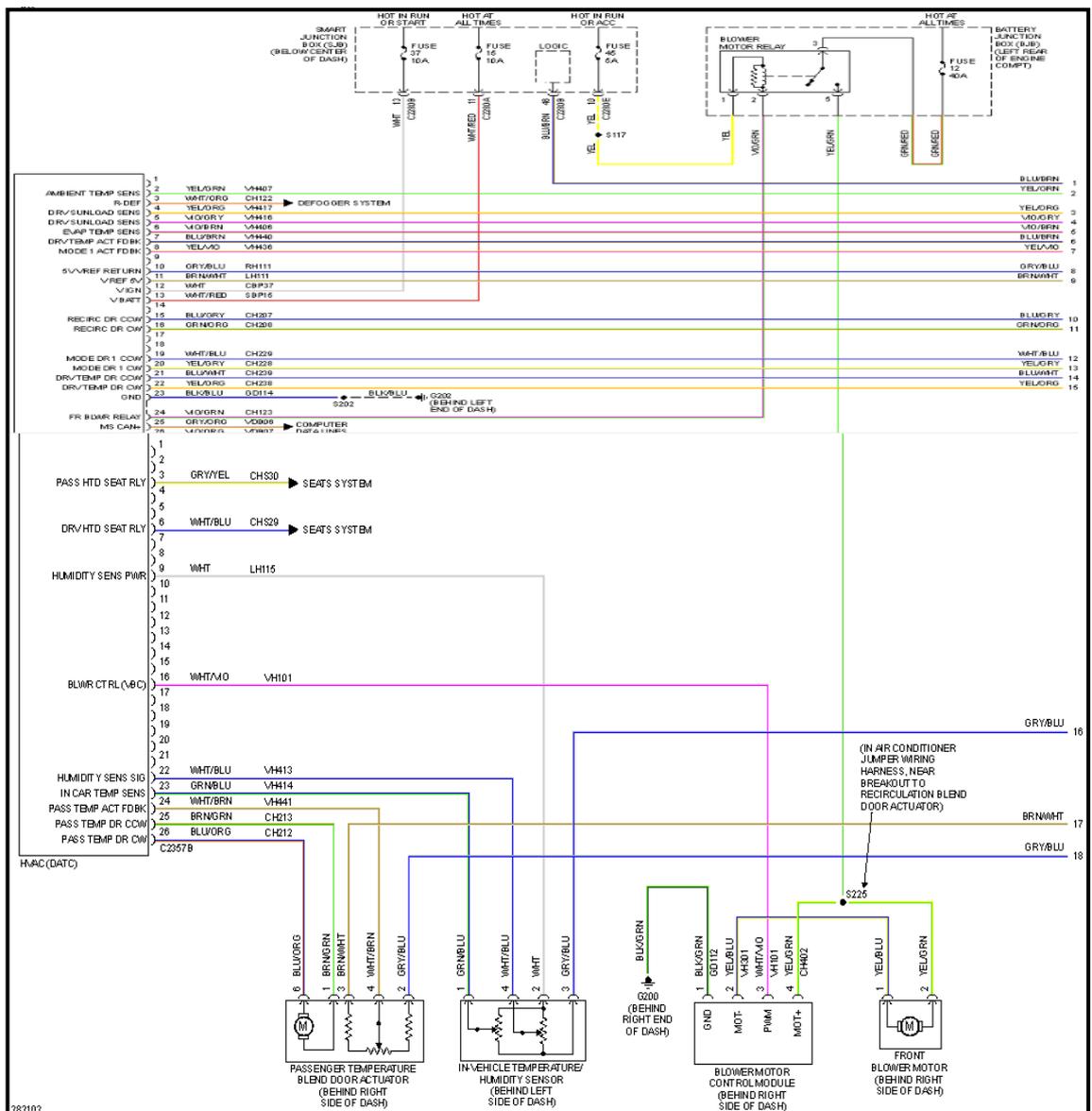


Figura 20 Circuito de control automático de un Ford Escape Híbrido.

Estudios realizados han determinado que la misma temperatura dentro de la cabina puede ser percibida de diferentes formas por cada persona dependiendo del entorno al que este expuesto, esto se debe a los complejos sentidos que posee cada persona.

Por ejemplo, los rayos del sol pueden crear un ambiente cálido en un clima frío, pero pueden ser totalmente desagradables en un clima caliente. Debido a estas razones la marca Toyota incorporó en el Prius una red neural que permite tener un mayor control del sistema de aire acondicionado en modo automático.

El principio básico de la red neural es recolectar datos en diversas condiciones ambientales, los cuales son almacenados en el amplificador del A/C, de esta forma se puede controlar automáticamente diversos factores para lograr una mejor calidad del aire acondicionado, (ver figura 20).

La red neural se encuentra dividida en tres capas: capa de entrada, intermedia y la capa de salida.

- Capa de entrada: en esta capa las neuronas tienen de función principal analizar los datos de entrada del porcentaje de luz solar, temperatura exterior y la temperatura de la cabina basándose en los resultados emitidos por los sensores e interruptores. El resultado final es enviado hacia las neuronas de la capa intermedia.
- Capa intermedia: las neuronas de esta capa tienen como función principal ajustar la fuerza de unión entre las capas de neuronas.
- Capa de salida: las neuronas ubicadas en esta capa están encargadas de analizar los parámetros de la temperatura de salida, el volumen de flujo de aire deseado y el volumen de control del modo de salida seleccionado por el usuario.

2.9 Renovación del caudal de aire

Este puede depender de la cantidad de aire necesaria para efectuar la ventilación como:

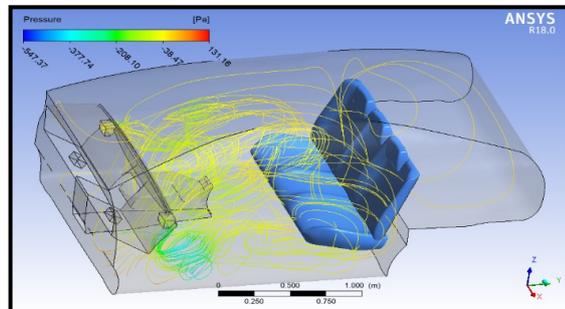


Figura 21 Simulación de la renovación de caudal de aire.

- Las dimensiones del habitáculo.
- Calor a disipar o carga térmica

Las renovaciones del aire a partir de ocho veces la hora, asegura la eliminación de poluciones provocados por las personas. A continuación, se presenta un cuadro comparativo relacionado al número de renovaciones de aire a la hora en distintos habitáculos presentes en nuestro vivir.

Tabla 6
Renovación de aire por hora en distintos habitáculos

Tipos de Habitáculos	Renovaciones de Aire/Hora
Discoteca	20 – 30
Tintorería	20 – 30
Bar de Cafés	10 – 12
Tren Cercanías	10 – 12
Autobús transporte publico	8 – 12
Monovolumen	6 – 8
Automóvil	6 – 8
Garaje	6 – 8
Aula de clase	4 – 8
Grandes Almacenes	4 – 6
Piso Vivienda	3 – 5

Fuente: (Meganeboy, 2017)

2.10 Ventilación

Se puede efectuar la ventilación de dos maneras distintas:

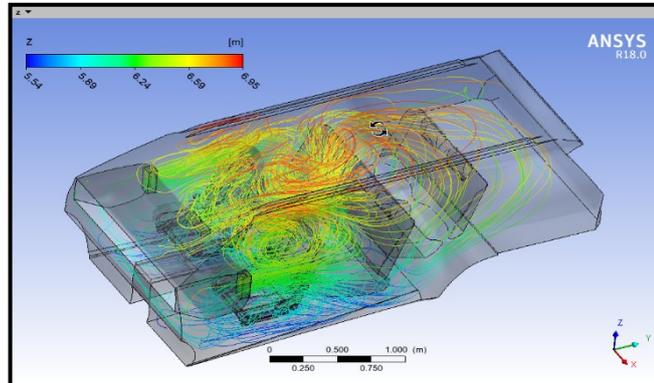


Figura 22 Simulación de ventilación forzada por soplador.

- **Ventilación Natural:** Es aquel que emplea la fuerza del viento y la diferencia de temperaturas para poder lograr el movimiento del aire, cuando el vehículo está detenido.
- **Ventilación forzada:** Es la impulsión del aire nuevo hacia el interior del habitáculo del vehículo, bien por la corriente generada por la propia velocidad del vehículo, o la acción del ventilador que recoge el aire exterior y lo empuja en el interior del habitáculo.

2.10.1 Ventilación con escotillas.

Se puede decir que es una maquina capaz de imprimir movimiento al aire, como mínimo debe tener una abertura de aspiración y otra de impulsión.

Clasificación de los ventiladores atendiendo a su forma de trabajo.

- a) Axiales o helicoidales.
- b) Radiales o centrífugos.



Figura 23 Difusores con escotilla frontal, Ford Scape,

2.10.2 Ventilador axial

Su construcción responde a un rodete con palas o hélices adosadas que gira sobre un eje. Las paletas varían en cuanto a su número forma, ajuste, ángulo con respecto al eje de giro, material y modo de construcción, así como la relación existente entre el diámetro del rodete y el diámetro exterior. Son diseñados especialmente para la aspiración e impulsión de grandes caudales de aire a baja presión.

Al girar el rodete, por la acción de un motor eléctrico, la inclinación que disponen las paletas con relación a su eje efectúa un movimiento semejante al que haría una hélice o tornillo, en virtud del cual el aire se ve forzado a pasar a través de las mismas adquiriendo la velocidad que dichas palas le transmiten, el flujo o la corriente de aire creado es paralelo a su eje longitudinal o eje de giro de la hélice.

- **Ventilador radial**

Su construcción responde a un rodete provisto de una serie de paletas radiales, denominada turbina, que gira dentro de una envolvente en forma de espiral denominada voluta, que tiene dos bocas, una de aspiración situada en el eje de la turbina y otra de impulsión situada tangencialmente con relación a la turbina.

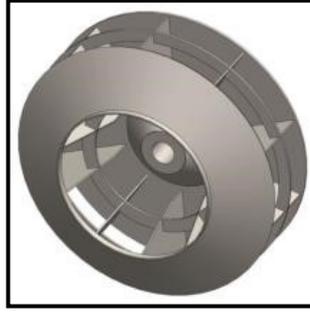


Figura 24 Ventilador radial.

Son recomendados para la aspiración e impulsión de pequeños caudales de aire, pero a alta presión.

Por la acción de la fuerza centrífuga causada por la rotación de la turbina el aire acarreado por los álabes es despedido hacia la periferia, donde lo recoge la voluta, es de sección creciente en forma gradual y lo conduce al conducto de salida transformando parcialmente en presión la energía cinética.

El rendimiento de los ventiladores centrífugos es limitado a causa de que el aire entra de forma axial, gira un ángulo recto (90°) y es despedido en disposición radial. Esto provoca en su interior choques y remolinos entre partículas y como consecuencia de ello pérdida de energía.

2.10.3 Efectos de ventilación.

El aire que se encuentra en el interior del vehículo debe ser renovado continuamente para poder mantener un ambiente agradable y confort tanto como para el conductor y los pasajeros, las diferentes entradas y salidas permiten que exista recirculación de aire forzada por la propia velocidad del vehículo o mediante el funcionamiento de un ventilador.

- **Ventilación libre**

Permite pasar el aire a través de unos conductos estos pueden ser ventanillas o techos corredizos mediante el cual lo reparten por el interior del habitáculo cuando el vehículo se encuentra en movimiento.

- **Ventilación controlada**

Este sistema incorpora en su interior un electro ventilador que permite introducir el aire con el vehículo parado

2.10.4 Sistema de control de la ventilación

Este sistema va integrado en el conjunto de componentes interconectados del control del vehículo

En el interior del habitáculo de un automóvil se producen oscilaciones de la temperatura debido a la velocidad de circulación del vehículo y a los factores medioambientales exteriores; que obligan al conductor a regular la calefacción en función de las necesidades actuando sobre los mandos manuales, acción que puede reducir la atención a la carretera, además de los cambios térmicos que experimenta el cuerpo humano, las bajas temperaturas provocan mal estar y las altas temperaturas provocan mareo.



Figura 25 Control del sistema de flujo de aire.

Una Unidad electrónica de control (ECU) Electronic Control Unit, formada por una tarjeta con circuito impreso y microprocesador, el cual transmite elaborar la información recibid por los sensores de temperatura y de los comandos enviados a través del teclado, gestiona mediante actuadores, las siguientes funciones:

- Mezcla de aire frío – caliente.
- Distribución del aire.
- Intervención del agua caliente en el intercambiador de calor.
- Activación de la recirculación.

2.10.5 Dispositivo de salida de emergencia de expulsión y/o fragmentación.

Estos dispositivos de salida de emergencia tienen como función el conseguir un reparto adecuado de la corriente de aire que ocurre en el interior del vehículo ya que son accionados por los mandos que se regulan tanto como el caudal y la orientación del aire acondicionado.



Figura 26 Salidas de emergencia de fragmentación de aire.

Fuente: (Algaba, 2011)

2.11 Cantidad mínima de ventiladores

Para garantizar la renovación de aire interior del vehículo, la cantidad mínima de ventiladores (CMV) debe ser el valor más próximo al entero del resultado obtenido por la siguiente ecuación:

$$CMV = \frac{2Q_p N}{Q_m}$$

Ecuación 1

Dónde:

Q_p = Caudal mínimo de aire por pasajeros [13 m³ /h]

N = Número total de pasajeros

Q_m = Caudal medio de ventilador [m³ /h]

2.12 Número de insufladores

El número de insufladores no debe exceder en más de uno a los extractores. En caso de tener un número impar de ventiladores es preferible tener más insufladores.

2.13 Velocidad del viento.

La unidad del viento en el sistema internacional (SI), es m/s, sin embargo, aún se usan los nudos (k_t) y km/h.

$$K_t = 1.8 \frac{km}{h} = 0,5 m/s$$

En la alta troposfera entre los 5 a 20 km de altura los vientos pueden llegar a ser mayores a 100 nudos (50 m/s) y se le denomina corriente en chorro (Jet Stream).

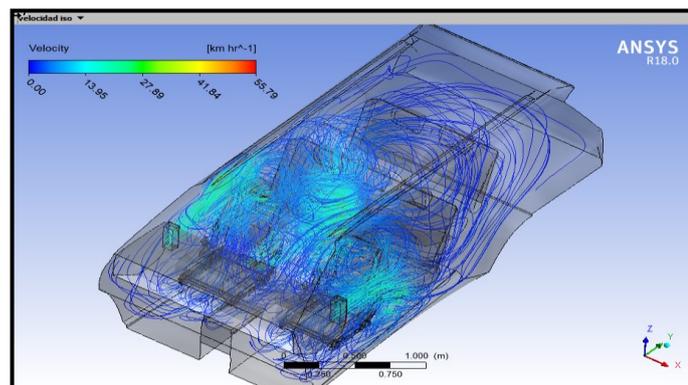


Figura 27 Efecto de la velocidad del viento

El instrumento que mide la velocidad del viento, es el anemómetro, que generalmente está formado por un molinete de tres brazos, separado por ángulos de 120° que se mueve alrededor de un eje vertical. Los brazos giran con el viento y accionan un contador que indica en base al número de revoluciones, la velocidad del viento incidente.

La velocidad del viento se mide preferentemente en náutica en nudos y mediante la escala Beaufort: Esta es una escala numérica utilizada en meteorología que describe la velocidad del viento, asignándole números que

van del 0 (calma) al 12 (huracán). Fue ideada por el Almirante Beaufort en el siglo XIX.

Tabla 7
Velocidad del viento Beaufort

Escala de Beaufort	Denominación	Efectos observados	Nudos	Km/hora
0	Calma	El humo se eleva en vertical.	menos de 1	0 a 1,9
1	Ventolina o brisa muy ligera	El viento inclina el humo, no mueve banderas.	1 a 3	1,9 a 7,3
2	Flojito o brisa ligera	Se nota el viento en la cara.	4 a 6	7,4 a 12
3	Flojo o pequeña brisa	El viento agita las hojas y extiende las banderas.	7 a 10	13 a 19
4	Bonancible o brisa moderada	El viento levanta polvo y papeles.	11 a 16	20 a 30
5	Fresquito o buena brisa	El viento forma olas en los lagos.	17 a 21	31 a 40
6	Fresco	El viento agita las ramas de los árboles, silban los cables, brama el viento.	22 a 27	41 a 51
7	Frescachón	El viento estorba la marcha de un peatón.	28 a 33	52 a 62
8	Duro	El viento arranca ramas pequeñas.	34 a 40	63 a 75
9	Muy duro	El viento arranca chimeneas y tejas.	41 a 47	76 a 88
10	Temporal o tempestad	Grandes estragos.	48 a 55	89 a 103
11	Tempestad violenta	Devastaciones extensas.	56 a 63	104 a 118
12	Huracán	Huracán catastrófico.	64 y más	119 y más

Fuente. (ONI, 2004)

2.14 Humedad relativa del aire

La humedad relativa es la cantidad de humedad en una muestra dada en el aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, es expresada en porcentajes.

(Hernández, 1997), menciona que: la humedad relativa se define como la relación de la presión parcial del vapor en el aire con la presión de saturación del vapor correspondiente a la temperatura existente o a su vez es la relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad de saturación a la temperatura correspondiente.

$$\phi = \left(\frac{P_v}{P_d} \right) \times 100 = \left(\frac{d_v}{d_d} \right) d \times 100$$

Ecuación 2

En donde:

P_v = presión parcial del vapor de agua

d_v = densidad existente del vapor de agua

P_d = presión de saturación del vapor de agua

d_d = densidad del vapor saturado

Por ejemplo, si la humedad relativa es del 50% el aire podría contener el doble de vapor que hace a esa temperatura dada. La cantidad de vapor que el aire puede retener cambia con su temperatura. Si el aire se calienta entonces puede contener más vapor lo que reduce la humedad relativa porque mantiene más vapor que lo que realmente llevaba. Si el aire se enfría, entonces su humedad relativa se reduce porque ahora puede contener menos.

La humedad absoluta es la cantidad (en peso) de vapor que contiene el aire en comparación con la cantidad de aire seco. Cuando el aire se satura con agua y luego se enfría la humedad relativa eventualmente (dependiendo de la velocidad de enfriamiento) se convierte 100%.

La importancia de esta información es el control de la humedad dentro del sistema de A / C. La humedad es controlada por la superficie del evaporador y el volumen y flujo de aire que viaja a través de él. La humedad relativa para los niveles de la comodidad es generalmente cerca de 60%.

2.15 Presión atmosférica

La presión atmosférica se define como la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie, para medir la presión atmosférica se emplea el barómetro este suele expresarse en milímetros de mercurio (mm de Hg) o Torricelli, diciendo que la presión normal a nivel del mar es de 760 mm de Hg o una atmosfera

2.16 Método de ensayo para verificar la renovación de aire

Para la ejecución del proyecto, eficiencia energética y renovación de caudal de aire en vehículos híbridos, de acuerdo a los métodos de investigación científica los ensayos realizados requieren de una documentación completa de procedimientos a utilizar en el cual se realiza un protocolo de pruebas:

Tabla 8
Protocolo de pruebas.

DESCRIPCIÓN	MEDICIONES CON Y SIN AIRE ACONDICIONADO
Ámbito de Aplicación	Vehículos híbridos
Personal responsable	Los autores
Importancia del método a prueba	Recolección de datos como: volúmenes, caudal de aire, velocidad del viento y temperatura para posteriormente ser usado en un software de simulación
Definiciones	Temperatura exterior e interior. Son temperaturas tomadas dentro y fuera de la cabina
Instrumentación	Flexómetro: dimensionamiento de la cabina Anemómetro: velocidad instantánea del viento Termómetro: medir la temperatura ambiental de la cabina

CONTINUA



	Tacómetro: medir régimen del motor Scanner Techstream, ingreso a módulos por red. Vehículo Híbrido, con sistema de aire acondicionado
Medidas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Carga de refrigerante en el sistema de A/C. • Tomar en cuentas las medidas reales • Comprobar los instrumentos que estén funcionales.
Calibración requerida	Ninguna
Preocupaciones ambientales	Se hace las pruebas entre las 10 y 15 horas del día, para aprovechar radiación solar máxima
Procedimientos de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma datos tanto como al inicio y al final de cada procedimiento • Se debe tomar datos con y sin aire acondicionado • El número de lecturas debe de ser mínimo 6. • Se anota la hora de inicio y fin del ensayo • Se debe anotar la temperatura inicial y la temperatura final
Acondicionamiento de instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> • Los instrumentos deben estar con baterías cargadas antes del ensayo • Puesta a punto de vehículos • Revisar que no existan fugas en el sistema de climatización
Preparación del vehículo	<ul style="list-style-type: none"> • Cargado de combustible • Verificación del estado de las baterías HV • Temperaturas internas y externas del vehículo
Prueba preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de la cabina • Prueba de accionamiento del aire en el vehículo
Análisis de datos	Se realizara comparaciones de consumo, con y sin uso de aire acondicionado,
Interpretación de datos	Se realiza cuadros comparativos que incluyen condiciones ambientales y régimen del motor
Informe final	Normas APA correspondiente

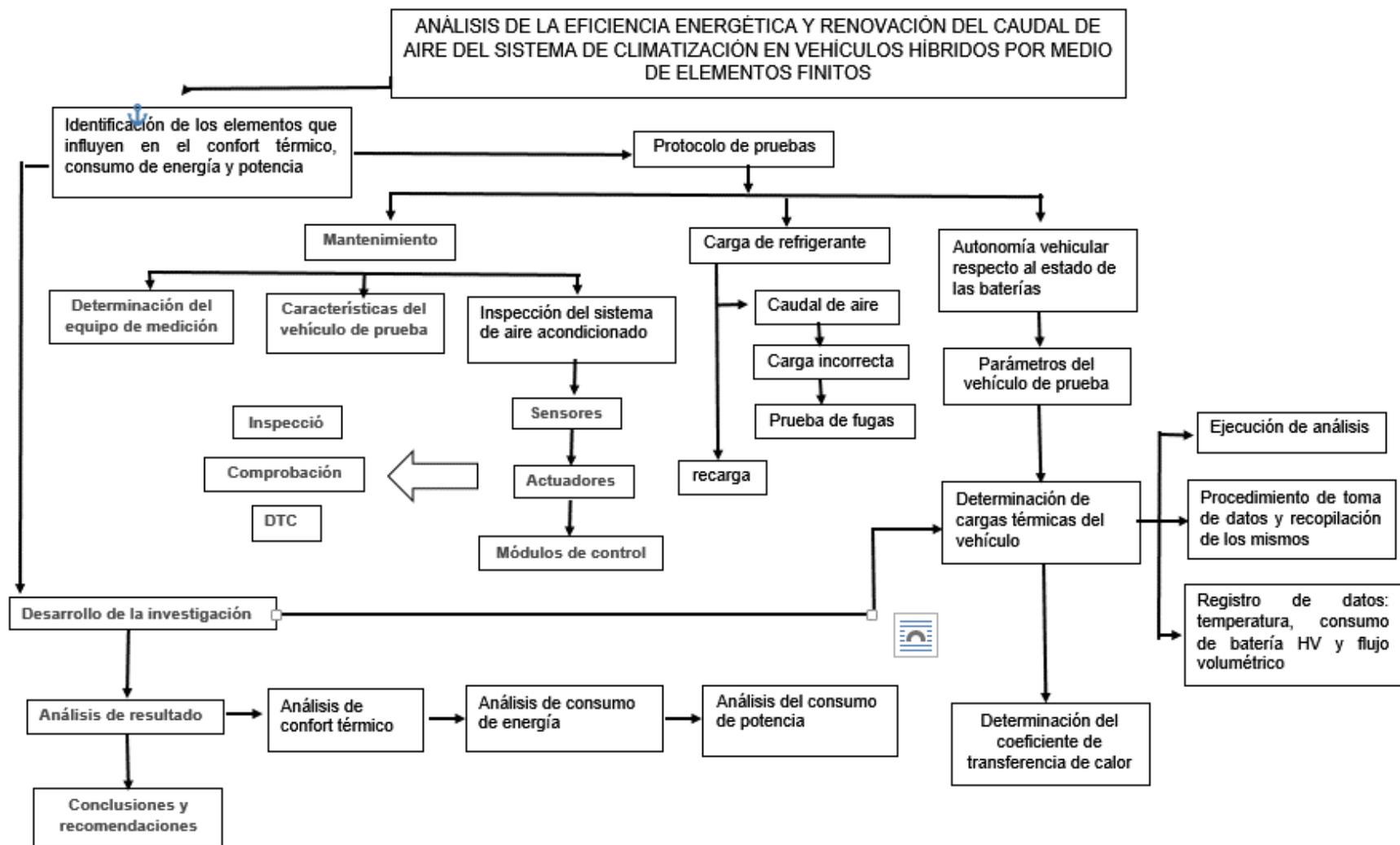


Figura 28 Diagrama de protocolo de pruebas

2.16.1 Principio

Se procedió a la toma de datos por medio de instrumentos de medición para poder determinar el flujo de aire en el sistema de climatización respectivamente con ello se determina los parámetros en el cual se simula mediante un software para conocer puntos críticos des dicho sistema. Además, se toma datos mediante un scanner automotriz para conocer los diferentes regímenes de funcionamiento de los componentes internos del sistema de climatización para así simular mediante el software.

2.16.2 Equipo de ensayo

- **Vehículos**

Los vehículos que fueron usados para pruebas, experimentos de renovación de aire, consumo de potencia, para la simulación de volúmenes finitos son:

Toyota modelo Prius En este vehículo se realizó pruebas con anemómetro, estudio de consumo de energía y estado de batería, la eficiencia de este vehículo es muy alta, considerada a nivel mundial como Económico y Ergonómico, en la (figura 29) se muestra un diseño realizado en SolidWork.

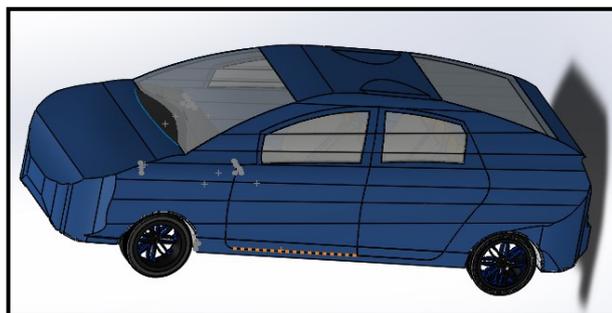


Figura 29 Simulación del vehículo Toyota Prius

Toyota modelo Highlander, Para las pruebas de renovación de aire se toma las medidas del habitáculo para sacar el volumen por software como se indica en a la (figura 30).



Figura 30 Simulación del vehículo Toyota Highlander.

Ford con el modelo Scape. Para las pruebas de renovación de aire y para los protocolos de pruebas se utilizó este vehículo.

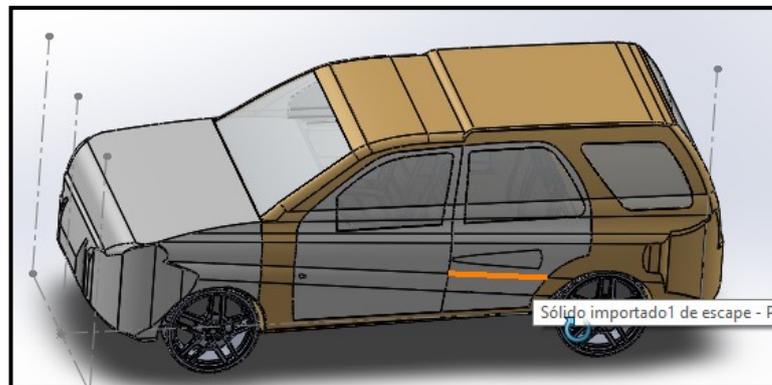


Figura 31 Simulación del vehículo Ford Scape.

Equipo utilizado para sacar datos y mediciones del sistema:

- **Anemómetro**



Figura 32 Anemómetro.

El anemómetro es un instrumento utilizado para medir la velocidad instantánea del viento, este instrumento puede medir los cambios repentinos de la velocidad del viento que ocurre en la turbulencia mediante los flujos de aire y así verificar el estado de los filtros en el sistema de aire acondicionado.

- **Techstream**

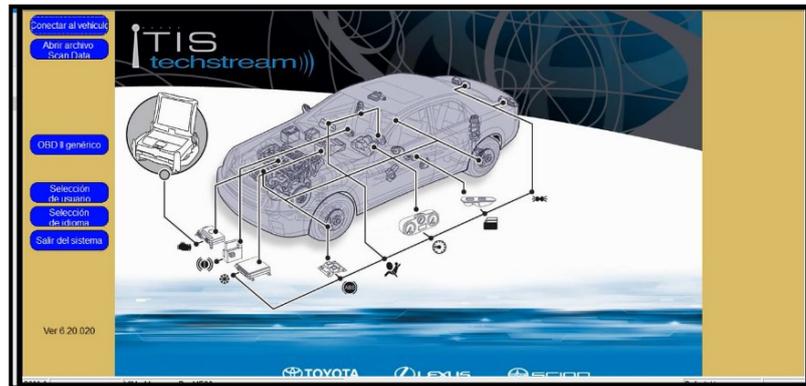


Figura 33 Techstream.

Es un dispositivo que contiene un software sofisticado que puede ser instalado en una PC para ver y analizar simultáneamente datos del vehículo a bordo, consultar los documentos de servicio TIS pertinentes y reprogramar los vehículos desde el asiento del conductor a través de su conexión inalámbrica a TIS.

- **Manómetro**



Figura 34 manómetros de presión.

Instrumento para medir la presión de fluidos y gases. Determinan valores de la presión relativa, cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones

rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.

- **Multímetro automotriz**



Figura 35 Multímetro Automotriz.

El multímetro es la herramienta perfecta para diagnosticar todo tipo de problemas eléctricos automotrices como; resistencia eléctrica (ohm), tensión eléctrica (volts), intensidad eléctrica (amperio), conductividad etc.

- **Programa de simulación de volúmenes finitos (ANSYS)**



Figura 36 Software de simulación ANSYS.

(Swanson Analysis Systems) es un software de simulación ingenieril asistido por computadora, está desarrollado para funcionar bajo la teoría de

elemento finito, análisis estructurales, dinámica de fluidos computacional, métodos explícitos e implícitos, y transferencia de calor.

El método a utilizar es volúmenes finitos, donde para el cálculo que el programa desarrolla esta dimensionado con las fórmulas que se ven a continuación.

$$\int_{\Omega}^0 W \frac{\partial u}{\partial t} d\Omega + \int_{\Omega}^0 W \nabla * F d\Omega = \int_{\Omega}^0 W Q$$

Ecuación 3

Los métodos de colocación, tanto el caso puntual como el de subdominios, usan la ecuación residual sin integración parcial sobre la función de peso quedando el problema en forma diferencial. Si a cada nodo j del dominio se asigna un subdominio Ω_j y se toma una función de peso definida como:

$$\begin{aligned} W_j(x) &= 0 & x \notin \Omega_j \\ W_j(x) &= 1 & x \in \Omega_j \end{aligned}$$

Aplicada la ecuación 1, nos da.

$$\int_{\Omega_j}^0 \frac{\partial u}{\partial t} d\Omega + \int_{\Omega_j}^0 \nabla * F d\Omega = \int_{\Omega_j}^0 Q d\Omega$$

Ecuación 4

Que equivale a la misma ley de conservación aplicada a cada subdominio. La idea detrás del método de los volúmenes finitos es discretizar cada integral siendo esta la principal diferencia del método respecto a muchos otros que llevan el problema a una formulación diferencial.

Para determinar la forma más conveniente del método de los volúmenes finitos se aplica la (Ecuación 4) el teorema de Gauss-Green o de la divergencia y transformar la integral de volumen en otra de superficie.

$$\int_{\Omega_j}^0 \frac{\partial u}{\partial t} d\Omega + \int_{\Gamma_j}^0 F dS = \int_{\Omega_j}^0 Q d\Omega$$

Ecuación 5

La (ecuación 5), es la ecuación básica del método de los volúmenes finitos que tiene como una de sus principales ventajas la de trabajar con el término de los flujos sobre el contorno del dominio, con lo cual si el costo computacional es dominado por esta operación la reducción del mismo puede ser notable. A partir de la (ecuación 5) se necesita discretizar las integrales de alguna forma y lograr el sistema discreto final a resolver.

Ya que el método es planteado sobre la forma integral de las leyes de conservación es de notar que al satisfacer las mismas sobre cada subdominio implica satisfacerlas sobre el dominio global.

Por ejemplo, si se plantea las leyes de conservación sobre los 3 dominios de la (figura 24) se llega a:

$$\int_{\Omega_1}^0 \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega + \int_{ABCA}^0 F dS = \int_{\Omega_1}^0 Q d\Omega$$

$$\int_{\Omega_2}^0 \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega + \int_{DEBD}^0 F dS = \int_{\Omega_2}^0 Q d\Omega$$

$$\int_{\Omega_3}^0 \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega + \int_{AEDA}^0 F dS = \int_{\Omega_3}^0 Q d\Omega$$

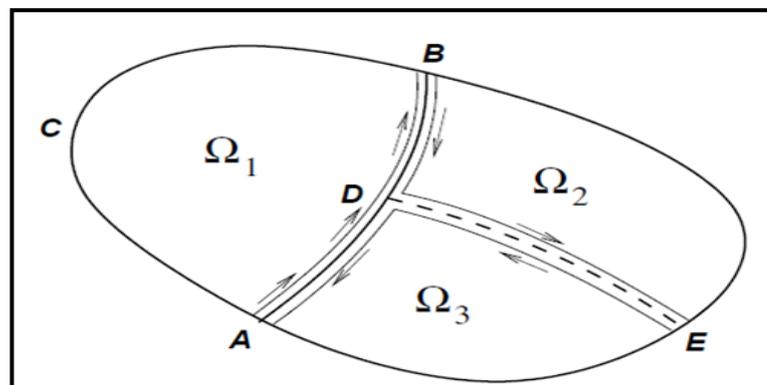


Figura 37 Leyes de conservación para subdominio del dominio W.

Fuente: (Manjarres, 2016)

- **Programa de simulación electrónica (LIVEWIRE)**

Es un sofisticado software para diseñar y simular circuitos electrónicos. Interruptores, transistores, diodos, circuitos integrados y muchos otros componentes pueden ser empleados para investigar el comportamiento de un circuito y si se exceden los límites de funcionamiento máximos de los componentes estos fallan en la pantalla indicando un mal funcionamiento del circuito diseñado.

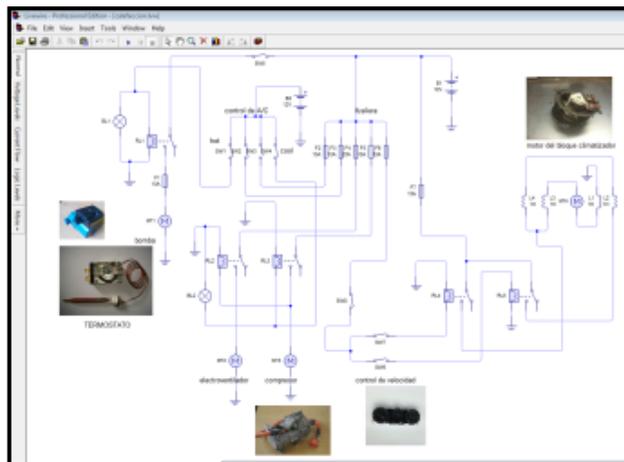


Figura 38 Software de simulación LIVEWIRE.

2.16.3 Procedimiento

Para comprobar la renovación de aire realizar mediciones en el habitáculo, tomando datos en el anemómetro de velocidad del flujo y la temperatura que sale el fluido, en este caso se le toma como referencia a la norma INEN 2902, en pruebas con el anemómetro donde indica la forma de medir la velocidad del aire.

Primero accionar el vehículo, para verificar si esta encendido, mirar la pantalla el mensaje “ready” que indica que está listo para usar el vehículo en caso de Toyota con el modelo ‘Prius, esperar que la batería de alto voltaje se cargue visualizando en la pantalla del estado híbrido.

Hay dos acciones que toca realizar, una es el estudio del comportamiento del compresor y su efecto en la energía de la batería (HV), la otra acción es

tomar medidas y a través de un programa de simulación determinar la renovación de aire.

Para el estudio de consumo o comportamiento del compresor en funcionamiento realizar el siguiente procedimiento.

Con un scanner de Toyota Techstream, ingresar en el DCL de comunicación CAN, y abrir el programa en el computador, ingresar los datos del vehículo como: marca, modelo, código VIN, para conectarse a la red CAN, se despliega en la pantalla una lista de computadoras que tiene el vehículo, las que nos interesa para la prueba son de aire acondicionado y control híbrido como muestra en la (figura 39).

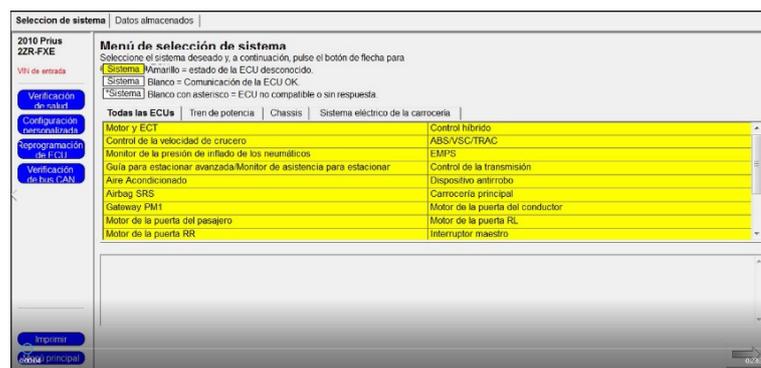


Figura 39 Menú de selección del sistema.

En el tablero de control de aire acondicionado se puede encontrar varias opciones que se acciona por medio de botones ubicados en la (figura 22), TEMP, permite subir la temperatura desde 16°C hasta 32°C sin accionar la opción automática, OFF, permite apagar el soplador del evaporador, AUTO, permite que la temperatura del interior del habitáculo se regule automáticamente de acuerdo a los valores de confort programados en la memoria del A/C, el botón con un gráfico de un vehículo con flecha de entrada exterior y recirculación sirve para seleccionar el modo de ingreso de aire exterior o que se recircule el aire del habitáculo enviando corriente a un motor eléctrico que controla las direcciones de entrada de aire.



Figura 40 Control del sistema de aire acondicionado

La opción MODE, indica el estado de salida del aire, tiene varias opciones como aire frontal, aire a los pies, aire para desempañar el parabrisas, etc. La opción lado derecho de MODE sirve para evitar que polen ingrese al habitáculo, los vehículos con esta opción tienen un filtro de polen.

La opción A/C permite activar el aire acondicionado o apagarlo. La opción FRONT, permite desempañar los vidrios frontales, REAR, permite desempañar el parabrisas posterior, la última opción del control de A/C, es la del nivel del ventilador el cual se puede ver en la pantalla 6 niveles.

Con los controles son accionados, y tomar valores referenciales con un anemómetro que se ubicara a unos 3cm del difusor de salida de aire, por medio del probador se logra obtener la velocidad y la temperatura del aire ver (figura 41), con estos valores dados acentuar en una tabla para luego ingresar como datos de entrada para el mallado de los volúmenes finitos.



Figura 41 Prueba con anemómetro.

Para realizar las simulaciones por volúmenes finitos, se tiene que dibujar el vehículo, para lo cual se tomó medidas de todos los componentes, las medidas internas del habitáculo son medidas reales sin escala, con ayuda de un programa de diseño (SOLID WORK) última versión 2017 hacer el diseño completo del vehículo, con los diseños terminados aplicar CFD.

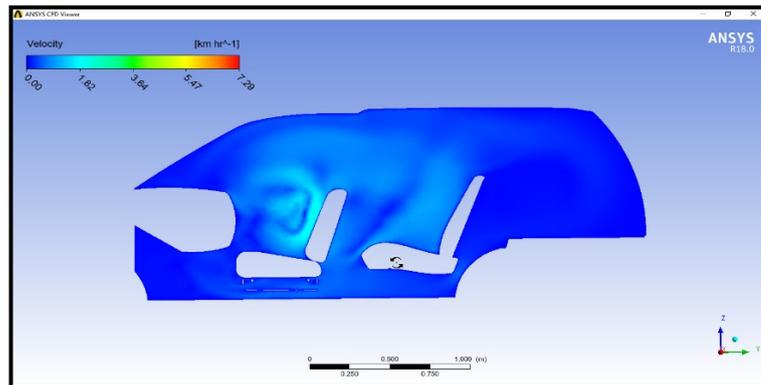


Figura 42 Simulación de volúmenes finitos del interior del habitáculo

En ANSYS, versión 2017, para ingresar a este programa se le toma el volumen del habitáculo, tener en cuenta que el diseño tiene que estar todos los puntos unidos, si no fuera el caso no podría extraer el volumen si hay un punto sin conectar, aplicar la aplicación flow fluid de ANSYS e ingresa los datos obtenidos por el anemómetro.

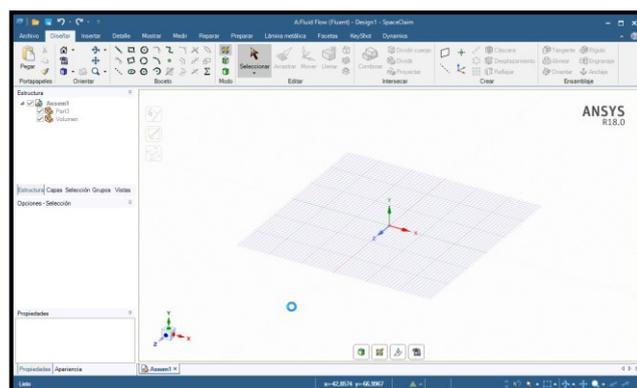


Figura 43 Selección de cuerpo para sacar el volumen

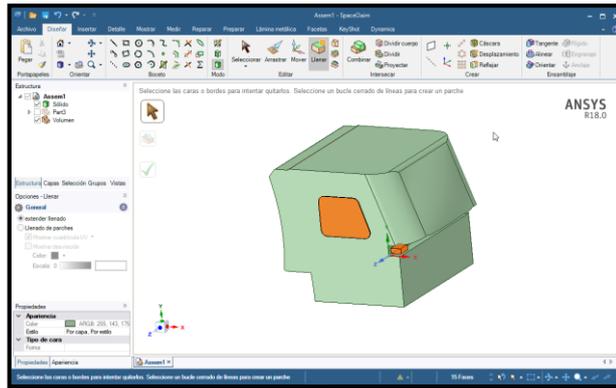


Figura 44 Volumen retirado del diseño en SolidWork

El programa proporciona datos gráficos según las condiciones que se programó, se nota por diferencias de colores, la presión, temperatura o flujo del fluido en todo el volumen del habitáculo, estos valores se les ha tomado en una tabla para luego analizarlas y sintetizarlas, en las (figura 45) se muestra una proyección simulada de un vehículo Ford modelo Scape en el programa de simulación Flow Fluid.

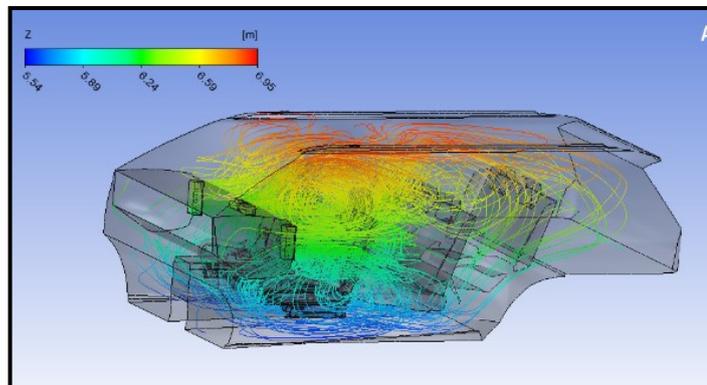


Figura 45 Simulación en fluid flow

2.16.4 Modelo de cálculo

Esto se explica ya que dos subdominios vecinos por una cara o arista comparten los términos de flujo, con la diferencia que, debido a la orientación del normal exterior a cada uno, los mismos se debe balancear.

$$\int_{ED}^1 F dS = - \int_{ED}^1 F dS$$

Esta propiedad debe ser satisfecha si se requiere que el esquema sea conservativo, caso contrario puede aparecer contribuciones internas produciendo esquemas no conservativos. Como para ilustrar la diferencia entre un esquema conservativo y otro no lo es, se plantea el caso de una ley de conservación en un dominio unidimensional que solo cuenta con un término de flujo convectivo.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} = q$$

Ecuación 6

En la (figura 46), se muestra la discretización espacial adoptada.

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{(f_{i+\frac{1}{2}}) - (f_{i-\frac{1}{2}})}{\Delta x} = q_i$$

Ecuación 7

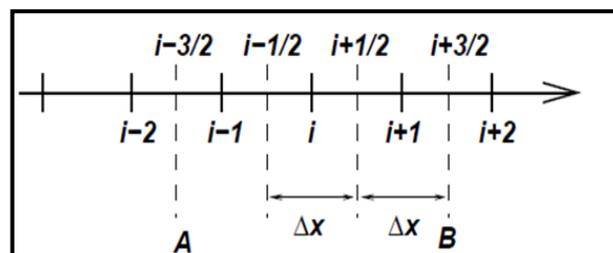


Figura 46 Grilla unidimensional.

Fuente: (Manjarres, 2016)

En este esquema sencillo, similar a aquel obtenido por diferencias finitas equivale a haber tomado como volumen la longitud de cada segmento que representa cada celda, con el calor de la variable en cada nodo de la grilla, la fuente evaluada también en cada nodo de la misma y los flujos evaluados en los puntos medios entre los nodos, lo anterior también es equivalente a haber tomado los flujos en los nodos y tanto la variable como la fuente en el centro de cada celda.

Si se aplica la (ecuación 7) para los nodos $i+1$ e $i-1$ y se suma llegando a:

$$\frac{\partial(u_i + u_{i+1} + u_{i-1})}{\partial t} + \frac{(f_i + \frac{3}{2}) - (f_i - \frac{3}{2})}{3\Delta x} = \frac{1}{3}(q_{i+1} + q_i + q_{i-1})$$

Esto es posible ya que los flujos en los puntos intermedios se van cancelando por una propiedad denominada telescópica. Este esquema es conservativo, ver este mismo problema como llegar a un esquema no conservativo, suponer que $f=f(u)$ como sucede en el flujo convectivo de la ecuación del momento lineal, entonces:

$$\frac{\partial f}{\partial x} + \left(\frac{\partial f}{\partial u}\right) \frac{\partial u}{\partial x} = a(u) \frac{\partial u}{\partial x}$$

Donde $j(u)$ es conocido como el jacobiano del flujo convectivo. Pensando nuevamente en la ecuación de momento tomar el caso de $f=u^2/2$ donde en este caso $a(u) = u$, entonces la forma matemáticamente equivalente a la (ecuación 6) expresada en término de este jacobiano es:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + a(u) \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right) = q$$

Ecuación 8

Discretizando la (Ec.6)

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + a_i \left(\frac{u_i + \frac{1}{2} - u_i - 1/2}{\Delta x}\right) = q_i$$

$$a_i = \frac{a_{i+1/2} + a_{i-1/2}}{2}$$

Formulación del método de volúmenes finitos se ha visto que las leyes de conservación escrita en forma integral y aplicada a un volumen discreto j pueden escribirse como en la (ecuación 6), La forma discreta de esta se escribe como:

$$\frac{\partial}{\partial t}(u_j \Omega_j) + \sum_{\text{lados}} (F * S) = Q_j \Omega_j$$

Donde la suma de los flujos se refiere a todos los contornos externos de la celda de control j . la figura 27 muestra en su parte superior un ejemplo de grilla aplicable a volúmenes finitos, tomando la celda 1 identificada por los índices (i, j) , entonces $U_i - U_{i+1} \dots j = \text{área (ABCD)}$ y los términos de flujo se obtienen como suma sobre los 4 lados AB, BC, CD, DA.

Asimismo, en la figura inferior j está representada por el área sombreada formada por los triángulos que tienen como nodo común al nodo j y los flujos se obtienen sumando sobre los lados 12, 23, 24, 34, 45, 56, 61. Esta es la formulación general del método de los volúmenes finitos, y el usuario tiene que definir para un volumen j seleccionado cómo se estima el volumen y las caras de la celda y cómo se aproxima los flujos sobre estas caras. Esto en diferencias finitas equivale a elegir la aproximación en diferencias para las derivadas.

Para definir una formulación conservación se requiere:

1. $\sum_j \Omega_j = \Omega$
2. $\cap W_i \neq 0$, pueden solaparse, pero solo si los contornos internos que surgen del solapamiento son comunes entre dos celdas.
3. Los flujos en las superficies de las celdas deben calcularse con independencia de cuál celda le corresponde.

(2) Significa que todos los contornos de la celda deben pertenecer a lo sumo a dos celdas y solo aquellos que están en el contorno del dominio no satisfacer este requisito.

La condición (3), garantiza la conservatividad.

A continuación, y tomando como referencia la (figura 47), donde se menciona algunas diferencias entre el método de los volúmenes finitos con el método de las diferencias finitas y el método de los elementos finitos.

1. Las condiciones del nodo j que es la precisa ubicación de la variable U dentro del a celda j no aparece explícitamente. Consecuentemente U_j

no está asociada con ningún punto fijo del dominio y puede considerarse como un valor promedio de la variable de flujo U sobre la celda.

Esta interpretación surge inmediatamente inspeccionando la figura superior de la (gráfica 47).

2. Las coordenadas de la malla aparecen solamente para definir el volumen de la celda y las áreas de las caras, por ejemplo, en la misma figura superior las coordenadas A, B, C, D son suficientes.
3. En problemas estacionarios sin fuentes el único término que permanece es el de una suma de los flujos sobre las caras con lo cual el método puede programarse para barrer estas caras e ir descargando los flujos sobre las celdas al mismo tiempo considerando la diferencia de signos.
4. El método de los volúmenes finitos permite una fácil introducción de las condiciones de contorno, especialmente aquellas que vienen expresadas en términos de los flujos que pueden ser directamente impuestos en el respectivo término.

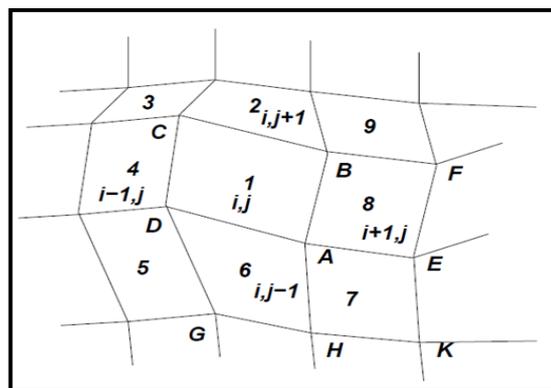


Figura 47 Grilla bidimensionales.

Fuente: (Manjarres, 2016)

2.17 Psicrometría

Se entiende por psicometría que es la sensación térmica que experimenta el cuerpo humano. La reacción ante condiciones térmicas del cuerpo humano se las denomina sensación térmica.

Para que una persona pueda sentir calor o frío, se debe considerar estos parámetros:

- Temperatura de bulbo seco, mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad o movimiento del aire.
- Humedad relativa del aire, se puede calcular a partir de la temperatura de bulbo húmedo que interactúan aire y vapor de agua.
- Velocidad del aire
- Estado de salud de las personas
- Índice metabólico o calor producido por el cuerpo
- Índice de instrumentaría, es el mayor o menor aislamiento que produce la vestimenta que lleva puesta (ropa, calzado y accesorios).

Se debe tener en cuenta que no todas las personas reaccionan del mismo modo ante determinados cambios térmicos del ambiente de modo para esta cuestión, se ha definido como la opinión media estimada (PMV).

2.17.1 Opinión media estimada

Llamado PMV (Predicted Mean Vote), es un índice establecido para reflejar la opinión media estadística de un grupo numeroso de personas respecto a la sensación térmica percibida en un ambiente dado, efectivamente, es casi imposible que una combinación dada de valores de los parámetros sea capaz de satisfacer a todo el mundo desde el punto de vista térmico.

Para este índice se considera la aproximada a cero, pero se consideran valores adecuados los comprendidos entre $-0,5 < PMV < +0,5$.

La carta mostrada representa la aceptable combinación de temperatura de aire y valores de humedad. La zona de confort en azul representa el 90% de aceptabilidad, los cuales están en el parámetro aceptada de PMV.

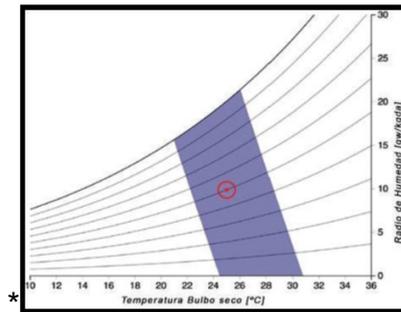


Figura 48 Carta psicometría.

Fuente: (American society of heating, 2010)

2.18 Propiedades del aire

El aire es una mezcla de gases, que cuando está seco tiene la siguiente composición:

- Nitrógeno: 78.03 %
- Oxígeno: 20.99 %
- Argón: 0.94 %
- Bióxido de carbono: 0.03 %
- Xenón y otros gases: 0.01 %

Para realizar cálculos se debe considerar que el aire seco está constituido por 79% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y con un peso de 77% y 23% respectivamente.

2.19 La carta psicométrica

(Hernández, 1997), indica que, la carta psicométrica es una representación gráfica, que muestra la relación entre las cinco siguientes propiedades del aire:

1. Temperatura del bulbo húmedo
2. Temperatura de rocío
3. Temperatura de bulbo seco
4. Humedad relativa

5. Humedad específica

Al conocer dos de estas propiedades, las demás se encuentran con toda facilidad.

La carta parte de la línea de saturación, de manera que cada temperatura de bulbo seco corresponda a cierta cantidad de humedad para que exista saturación; por lo tanto, si en la abscisa se presenta las temperaturas y en las ordenadas las humedades específicas, la línea de saturación tiene la forma mostrada en la figura.

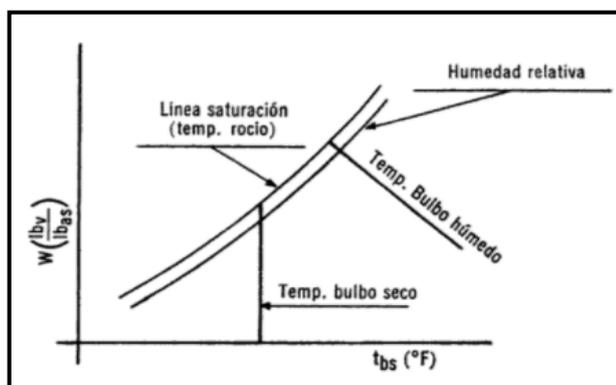


Figura 49 Carta psicrométrica

Fuente: (Hernández, 1997)

2.20 Procesos de acondicionamiento de aire

Los procesos de acondicionamiento de aire son los siguientes:

2.20.1 Proceso de enfriamiento y deshumificación

Según (Hernández, 1997), el aire que atraviesa una superficie, y sea menor a la temperatura del punto de rocío del aire, se condensará la parte de la humedad ya que no estuvo en contacto con la superficie y se enfriará simultáneamente. Esto se debe a un proceso que no se obtiene un punto de saturación sino a un efecto de "by pass" el calor latente removido durante este proceso es:

$$Q_L = M \frac{\Delta W' \times 1060}{7000}$$

Ecuación 9

Dónde:

$\Delta W'$ = humedad retirada en gramos/lb

1060 = calor latente de vaporización en Btu/lb

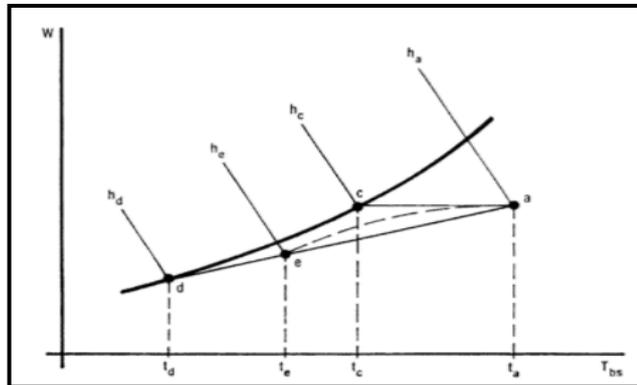


Figura 50 Carta psicométrica, enfriamiento y des humificación.

Fuente: (Hernández, 1997)

2.20.2 Proceso de enfriamiento y humificación

(Hernández, 1997), menciona que, el aire no saturado que pasa a través de un ducto de agua sea un proceso de saturación adiabático, el bulbo húmedo de aire está representado por el punto C como se muestra en la figura inferior, el aire saldrá a esta temperatura siempre que exista un buen contacto (aire-agua). La cual da como resultado la eficiencia de humificación y se define como:

$$E = \frac{t_a - t_b}{t_a - t_b} \times 100$$

Ecuación 10

Dónde:

t_a = temperatura de entrada del aire

t_b = temperatura de salida del aire

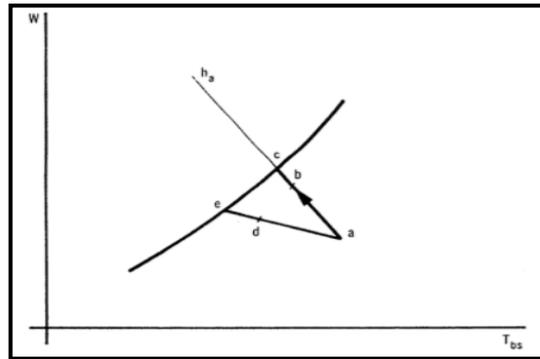


Figura 51 Carta psicométrica enfriamiento y humidificación

Fuente: (Hernández, 1997)

2.20.3 Proceso de calentamiento y des humidificación

Este proceso se puede realizar haciendo que la humedad se condense fuera del aire; en consecuencia, el calor latente se libera y aumenta el calor sensible del aire.

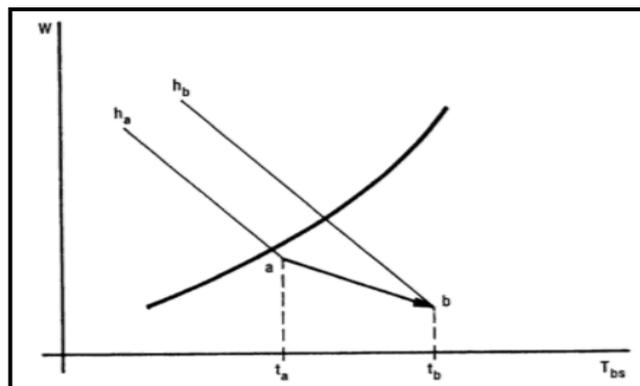


Figura 52 Carta psicométrica calentamiento y des humidificación

Fuente: (Hernández, 1997)

2.20.4 Proceso de calentamiento y humidificación

(Hernández, 1997), asegura que cuando el aire pasa a través de un humidificador, el aire se humidifica y puede calentarse, enfriarse o permanece a la misma temperatura. Durante este proceso, el aire incrementa su humedad específica y entalpia según la figura:

- a-b: caso en el que la temperatura del agua es menor que el aire.
- a-c: caso en el que el agua está a la misma temperatura que el aire.
- a-d. caso en el agua está a mayor temperatura que el aire.

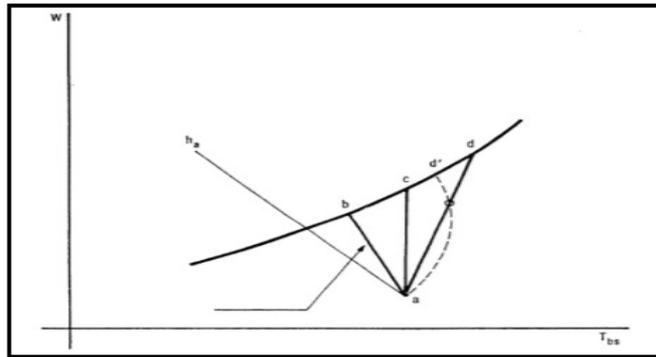


Figura 53 Carta psicrométrica humificación

Fuente: (Hernández, 1997)

2.21 Flujo en tuberías y ductos

Hay diferentes tipos de flujo de fluidos en tuberías:

Flujo laminar. - Existe a velocidades más bajas que la crítica, se caracteriza por el deslizamiento de capas cilíndricas concéntricas una sobre otras de manera ordenada. Se determina que hay flujo laminar cuando el número de (Reynolds) es menor de 2000.

Flujo transicional. - también llamado flujo crítico, existe cuando el caudal se incrementa después de estar en flujo laminar hasta que las láminas comienzan a ondularse y romperse en forma brusca y difusa. Se determina cuando el número de Re, tiene valores entre 2000 y 4000.

Flujo turbulento. - existe a velocidades mayores que la crítica, cuando hay un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal de flujo. Es determinado cuando el número de Re tiene valores mayores a 4000.

Número de Reynolds.

Relaciona la fuerza de inercia y fuerza de viscosidad. Para calcular el número de Re, aplicar la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Ecuación 11

Dónde:

Re = número de Reynolds.

ρ = densidad (lb/ pie³)

D = diámetro ID, ft.

V = velocidad de flujo (pie / seg).

μ = viscosidad (lb / ft-seg).

Para gases se utiliza:

$$Re = \frac{20100 \cdot Q_g \cdot SG}{d \cdot \mu}$$

Ecuación 12

Dónde:

SG = gravedad específica del gas a condiciones standard (aire = 1)

d = diámetro interior de tubería, in (pulgadas)

μ = viscosidad del gas, cp

Qg = flujo de gas, en MMSCF (millones de pies cúbicos standard).

2.22 Válvulas y aislamiento

Para tuberías a presión se aplican las normas dependiendo del fluido a manejar y el tipo de servicio.

Para determinar el espesor de la tubería se debe atender al siguiente estándar.

ASME B31.4 Liquid Petroleum Transportation Piping Systems. Este estándar es normalmente usado en facilidades de producción de petróleo en tierra.

ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems. Este estándar es normalmente usado para líneas de gas en Facilidades de producción en tierra o en transporte y distribución de gas.

ASME B Chemical Plant and Petroleum Refinery and Piping.

Este estándar es usado para tuberías en refinerías y plantas químicas.

El espesor especificado por ASME B31.8 para una tubería dada puede ser calculado por:

$$t_m = \frac{P D_o}{2 S_1 F_1 E_1 T_1}$$

Ecuación 13

Dónde:

P = presión de diseño, lpcm

S1 = esfuerzo mínimo de deformación permanente, lpc.

F1 = factor de diseño del tipo de construcción.

E1 = factor de junta.

T1 = factor de temperatura.

Tm = espesor mínimo requerido, pulg.

Do = diámetro externo nominal, pulg.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO SIMULADOR DE CLIMATIZACIÓN

3.1 Generalidades

El banco simulador del sistema de aire acondicionado, se construye respecto a la norma de renovación de aire en un espacio cerrado descrita por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), menciona que, “El sistema de ventilación debe asegurar la renovación de un caudal mínimo de aire de 3 m³/h, por pasajero y en caso de que se tengan instalados equipos de aire acondicionado, se debe garantizar la renovación mínima del 20% del volumen de aire cada hora”, (INEN, 2495).

El banco simulador siendo un objeto de estudio que sirve para entrenamiento didáctico consta de tres partes principales: Sistema de control, sistema renovador de aire y una cabina donde se va ubicar todos los componentes, el sistema utiliza un refrigerante R134a, mediante el protocolo de Montreal y Kioto obligadamente se suprime la utilización de refrigerantes que contengan cloro, flúor, u otros contaminantes ambientales.

3.2 Selección de elementos sistema de aire acondicionado

Los elementos que consta este sistema son eléctricos, electrónicos, en los cuales se indica a cada uno.

3.2.1 Compresor eléctrico

Es el componente más importante del sistema de aire acondicionado, el compresor es eléctrico de un vehículo híbrido para el funcionamiento del sistema, “El vehículo de la marca Toyota, modelo Prius, es considerado uno de los vehículos con mayor eficiencia energética con menor emisión de gases contaminantes”, según el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), por lo que se seleccionó a este componente para el estudio (INECC, 2007).

“Ahora su diseño ha sido actualizado para incrementar su eficiencia y reducir su consumo energético y tamaño hasta en un 60% respecto a los sistemas convencionales” (Clavero, 2014)

Cálculo de la potencia eléctrica del compresor

La potencia térmica varía entre los 2,3kW y los 6,5kW, parece mucho, pero hay que pensar que el coche funciona casi siempre con 100 por ciento de aire exterior (sin recirculación) por lo tanto tiene que enfriar el aire desde la temperatura de la calle (poner la máxima de 30°C en Latacunga) revisar anexo A., hasta una temperatura ligeramente inferior a la de consigna para vencer las cargas térmicas (insolación), esta operación requiere bastante potencia. (Carlos, 2015)

3.2.2 Potencia térmica de refrigeración.

La carga térmica de refrigeración para el habitáculo se encuentra con la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Ecuación 14

Dónde:

Q_r = potencia térmica de refrigeración.

Q_s =Carga térmica sensible

Q_l =Carga térmica latente

Con todos los datos de la potencia de refrigeración aplicando la (ecuación 14) y calcular todas las cargas en el ANEXO B.

Realizando la suma de la potencia latente más la potencia sensible se obtiene:

Tabla 9
Valor de las cargas en el habitáculo.

Carga térmica sensible	1928,56
Carga térmica latente	1128, 01
Potencia térmica de refrigeración	3056,58

Esta cantidad de potencia térmica tiene que disipar el sistema de aire acondicionado con sus respectivos elementos intercambiadores de calor como el evaporador por convección absorbe el calor y lo traslada por medio del refrigerante al condensador, para ser retirado por el condensador por el intercambio de calor forzado a través de un electro ventilador que gira a altas revoluciones con las características de disipar en conjunto al condensador más de 6KW de potencia térmica.

El compresor al ser diseñado para un vehículo Toyota Prius, las características y valores de trabajo del compresor son:

Tabla 10
Características del compresor

Nombre	Descripción
Modelo	ES 14
Peso Neto	4.623kg
Driver	A través de trifásico de alto voltaje hasta 288v
Inversor	Integrado
Cantidad de aceite	Aproximadamente 140 ml
Uso	Refrigerante R134
Capacidad	140 cc
Tecnología	Compresor de desplazamiento eléctrico
Lubricante	ND 11

3.2.3 Evaporador

(Whitman, Jhonson, 2000), comenta que, el evaporador de los sistemas de aire acondicionado es el encargado de absorber el calor hacia el sistema desde cual quiere que se vaya a enfriar, este proceso es de absorción de calor se consigue manteniendo el serpentín del evaporador a una temperatura inferior a la del entorno que se va a enfriar.

La temperatura de ebullición de un líquido refrigerante es la que determina la temperatura de funcionamiento del serpentín, en un sistema de aire acondicionado, un serpentín de un evaporador que está a 4°C, el aire forzado pasa a 24°C, produce las condiciones adecuadas para el acondicionamiento de aire o refrigeración de la temperatura alta.

Eliminación de la humedad es otro de los trabajos que hace el evaporador, para eliminar la humedad la carga en el serpentín se eleva o desciende correspondientemente, según el aire de retorno que hay en el habitáculo, este es más caliente, también tendrá más humedad, lo que aumenta el nivel de carga en el serpentín.

Cuando un evaporador elimina el calor del aire y hace descender la temperatura, elimina calor medible, cuando se elimina la humedad del aire se extrae calor latente, la humedad se dirige a un sistema de drenaje, el calor latente también tiene que ser eliminado por lo cual todo este proceso consume energía, (pág. 5,6).

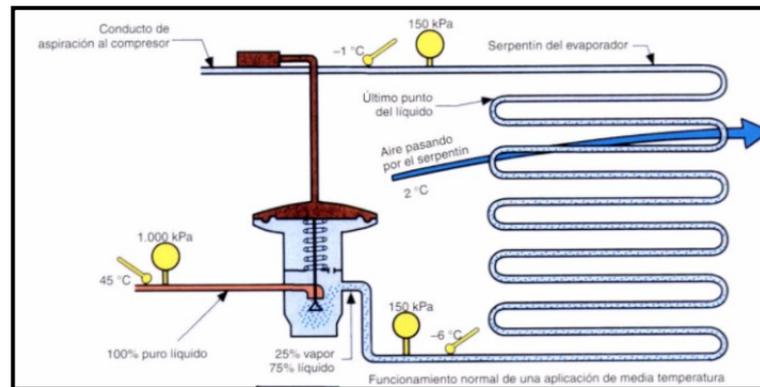


Figura 54 Funcionamiento del evaporador.

Fuente: (Whitman & Jhonson, 2000)

(Whitman & Jhonson, 2000), Menciona que, en el evaporador entra en una mezcla parcial del líquido y vapor a -6°C y 150KPa_a , de la cual, el 75% es líquido y el 25% es vapor. Un el líquido que entra en el dispositivo de expansión del evaporador se convierte en vapor y enfría el 75% restante del líquido hasta su temperatura de ebullición (-6°C), esto se consigue gracias a la caída de presión en el dispositivo de expansión.

Cuando el líquido caliente pasa a través de la pequeña abertura del dispositivo de expansión hacia el lado de baja presión (150KPa_a) del evaporador, parte del líquido se convierte de forma instantánea en gas tal y como se muestra en la (figura 54).

Especificaciones del evaporador del sistema de aire acondicionado en la cabina:

Tabla 11
Características del evaporador.

Características
Serpentín de tubo de aluminio
Aletas de aluminio sujetas al serpentín del tubo de aluminio
Tiro forzado con un ventilador de tipo propulsor
Un circuito refrigerante continuo
Refrigerante R-134 ^a
Evaporador para mantener la temperatura del espacio de confort.
Mantenimiento al evaporador limpio y en buenas condiciones de funcionamiento.
20 tubos de aluminio
Potencia térmica de absorción 6 K Watts



Figura 55 Selección del evaporador del banco de simulación

3.2.4 Condensador

El condensador es un dispositivo de intercambio de calor muy parecido al evaporador, que se encarga de expulsar el calor del sistema que ha sido absorbido por el evaporador, este calor en forma de gas caliente que hay que enfriar hasta que se condense.

En el banco simulador, se utiliza un condensador que se enfría por medio del aire, con la característica que el aire se mueve en forma horizontal por lo que depende del viento en este caso tiene que disipar la cantidad de potencia térmica que por medio de convección el gas refrigerante.

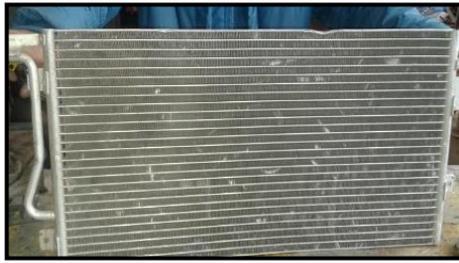


Figura 56 Selección del Condensador del banco simulador

El condensador que se ha elegido para el sistema, se le puede ver en la (figura 56), la entrada y salida del líquido refrigerante, de acuerdo a la máxima temperatura húmeda, para una máxima economía global de funcionamiento se recomienda una diferencia de 13.8°C a 16.6°C entre la temperatura de condensación y la temperatura húmeda del aire de entrada, (Carrier, 2012).

Tabla 12
Características del condensador.

Elemento	Datos
Condensador	42 tubos de aluminio 7 aletas 12v 250 rpm 6 kW de disipación Velocidad del aire a 70 km/h

Para la selección de un electro-ventilador se considera, el caudal de aire, la presión estática, la densidad del aire cuando es diferente de la normal, el nivel de ruido aceptado, el espacio disponible y la naturaleza de la carga, el ventilador es de un automóvil con sistema de aire acondicionado, ya está de acuerdo con los parámetros de un ventilador.



Figura 57 Selección del electro ventilador del banco de simulación.

3.2.5 Válvula de control de flujo

Las funciones del control de flujo son las siguientes:

- *Medir el refrigerante líquido*, para que pase al evaporador con un flujo igual a la cantidad que se evapora.
- *Mantener una presión diferencial*, entre el lado de alta y de baja presión, para que el refrigerante se evapore a la baja presión deseada y la temperatura correspondiente.

La válvula de expansión del sistema de aire acondicionado tiene las siguientes características:

Tabla 13
Características de la válvula de expansión.

Referencia	Detalle
Tipo	Válvula termostática
Marca	Fujikoki
Rango de temperatura del evaporador	-5°C a 10°C
Presión que soporta	4.5 MP _a
Resistencia al calor	120°C
Máxima presión de trabajo	1.47MP _a
Sistema de compensación	Externa
Sistema de sellado	Carga de Gas/Carga cruzada de gas
Conexión	Brida
Peso	125g

Por su gran eficiencia y adaptabilidad para cualquier aplicación, es el dispositivo de control que más se usa, su función es mantener un

sobrecalentamiento constante en la salida del evaporador, lo que permite tener el evaporador completamente lleno a cualquier carga, además, evitar la posibilidad de que entre líquido al compresor. En estas válvulas, la presión del gas del bulbo debe ser sensiblemente igual que la presión del evaporador, (Goribar, 1997, pág. 402).

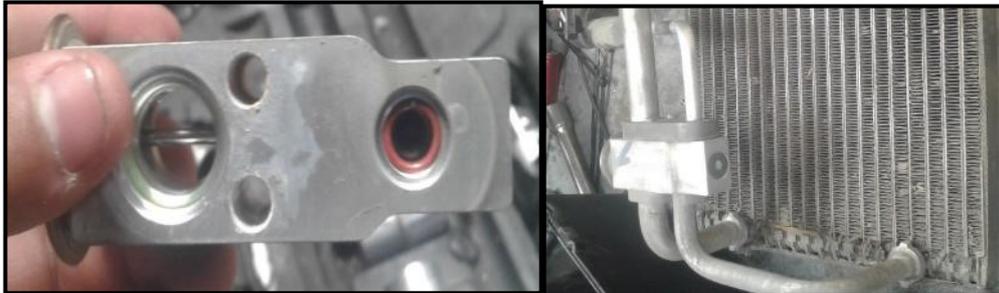


Figura 58 Válvula de expansión termostática del banco.

3.2.6 Filtro de humedad o deshidratador

(Franco, 2006), Hay que recordar por las pérdidas de refrigerante en alta presión también hay entrada de humedad, ya que por la difusión del vapor de agua penetra humedad en el circuito, también contra la presión del refrigerante, cuanto más seco esté el refrigerante y más húmedo el aire ambiente.

La humedad puede originar serios problemas tales como bloquear los dispositivos de expansión (congelación de esas gotas del aire húmedo) o bien producir problemas en los compresores herméticos o semi-herméticos, oxidaciones etc. Para evitar la humedad en los circuitos se instalan unos filtros de humedad ve (figura 59), también llamados deshidratadores, contiene agente desecante que puede ser:

- Silica-gel
- Tamices moleculares
- Alúmina activada
- Óxido de aluminio

(Franco, 2006), También retienen impurezas (partículas sólidas), “la eficacia del agente desecante aumenta cuanto menor sea la temperatura de líquido a la entrada del filtro”, es importante señalar que no es suficiente pedirlo según el diámetro de conexionado, hay que indicar también la capacidad, es un dato de fabricante, ya que para un diámetro determinado la capacidad puede tener varios valores. El diámetro de entrada y salida son de 5/8 de pulgada.



Figura 59 Filtro deshidratador del banco simulador

En la siguiente tabla indica las características del sistema de aire acondicionado según la selección.

Tabla 14
Características de componentes de A/C

Nombre	Detalle	Capacidad
Compresor	Denso ES14C	1.67 Pa 9 Litros
Evaporador	Tipo serpentín	24000 BTU/h
Condensador	Tipo serpentín	30000 BTU/h
Filtro deshidratador	250cc	12 U
Válvula de expansión	Termostática	4.5 MPa
Ventilador del evaporador	Centrífugo	90 kW/12v
Ventilador del condensador	Flujo axial	75k w/12v
Refrigerante	R-134 ^a	500 gr
Cable	Flexible #14, 16, 10	20 ^a
Variador de Frecuencia	WEG monofásico y trifásico	3 HP
Contactador	Eléctrico	20 ^a
Transformador de voltaje	220v – 220 trifásica	20 A

CONTINÚA 

Transformador de voltaje	110 – 12V	30 A
Bomba de Agua	110v Re circulatoria	0.6 ^a
Aceite	ND-11	120 ml

3.3 Construcción e instalación del banco simulador

La estructura del módulo de entrenamiento se construye en dos partes, la estructura metálica, la cual se le realizó un análisis en elementos finitos y un cuerpo del habitáculo de material de madera en el cual se va a extraer el volumen para realizar el análisis por volúmenes finitos, el diseño es semejante al modelo de un vehículo por lo que consta de un chasis que soporte el peso del habitáculo y de los elementos que conforman el sistema de climatización, adelante se detalla el diseño del chasis metálico y el habitáculo.

3.3.1 Diseño del Chasis.

El diseño del chasis se realizó con especificaciones del habitáculo, las cuales modelando en un software de diseño que proporciona las características y material a ser usado para la construcción del mismo, primero se va a limitar con el peso total del banco simulador.

Tabla 15
Peso total del Banco simulador.

Elemento	Peso	Característica
Habitáculo	80 kg	Madera tipo MDF
Asientos (2)	43 kg	2 asientos
Sistema de A/C	60 kg	Consta de, compresor, bloque climatizador, condensador, mangueras, ventilador.
Caja de elementos eléctricos	45 kg	Batería, inductores, transformadores, contactor.
Equipo electrónico	25 kg	Pantalla, CPU
Tablero	10 kg	Mandos de control
Total	302 kg	

Con el peso total calculado, en la siguiente tabla indica los valores dimensionales del banco simulador para realizar la estructura con las dimensiones del banco, por ser una estructura de madera el habitáculo las dimensiones del chasis van a ser las misma, por su baja resistencia que tiene la madera para esfuerzos tipo viga.

Tabla 16
Dimensiones de la estructura.

Dimensiones	Medidas
Garruchas	4 de 150kg
Largo	1,50
Ancho	1,35
Peso total	302kg

Con las dimensiones indicadas en la tabla 15 proyectar el diseño en un software de diseño mecánico (Solidwork) en este caso.

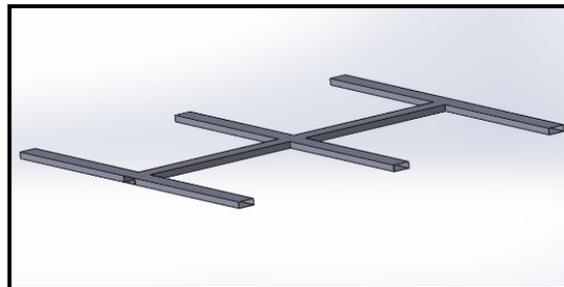


Figura 60 Diseño del chasis del banco simulador

Con el diseño de la estructura, se realiza el proceso de mallado para la simulación por elementos finitos, seguir los pasos indicados por el software como, colocar las cargas estáticas en la estructura ver (figura 61), colocar los soportes de la estructura, para soportar el peso que indica la tabla 15, se distribuye el peso a 4 ruedas colocadas en 4 lados exclusivos.

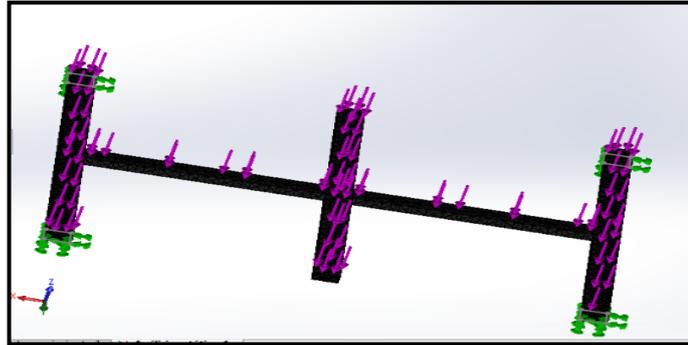


Figura 61 Malla del chasis para el análisis de cargas del banco.

Las medidas del tubo son las siguientes:

Tabla 17
Características del tubo de refrigerante

Nombre	Dimensiones (Cm)
Tipo	ASTM
Tubo	40x80
Espesor	0.2
Largo	150
Ancho	135
Peso de soporte	350

3.3.2 Diseño del habitáculo

Para el diseño del habitáculo se considera como parte inicial las dimensiones del panel de control, y el espacio necesario para instalar los componentes como: bloque climatizador, compresor, sistema eléctrico, etc. Se diseñó con las similitudes ambientales y físicas de un habitáculo de un vehículo convencional (ver figura 62), permitiendo obtener datos reales y semejantes al sistema de climatización automotriz.

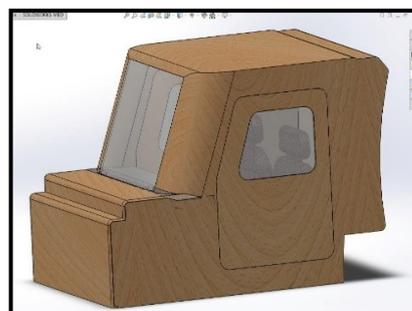


Figura 62 Habitáculo del banco simulador Solidwork

3.4 Instalación de los elementos del banco simulador

El habitáculo consta de los siguientes elementos:

3.4.1 Instalación del sistema de aire acondicionado

- **Compresor.** El compresor es de un Toyota modelo Prius del año 2010, en la (figura 63) se le puede ver la adaptación que se le hizo en los orificios de absorción y de salida de alta presión del refrigerante con orificios universales para la conexión de tuberías de alta y baja respectivamente en el compresor a los elementos que conectan los mismo.



Figura 63 Conexión de tuberías al compresor del banco simulador

- **Tuberías.** Las tuberías utilizadas en el sistema son de diámetro 3/8 de pulgada en alta presión y 3/4 de pulgada en baja presión. La tubería de alta presión va desde el punto del compresor (CO), al condensador (C), del condensador (C) al filtro (F), y del filtro (F), a la válvula de expansión en el evaporador (E); las tuberías de baja presión van desde el evaporador (E), hasta el compresor (CO).

Tabla 18
Dimensiones de tuberías de refrigerante

Longitud	3/8 (cm)	3/5 (cm)
CO-C	35	
C-F	35	
F-E	45	
E-CO		80

- **Bloque climatizador y aire acondicionado.** Proporciona tanto el aire acondicionado y la calefacción al sistema, en la (figura 64), indica el sistema interno, como está distribuido los diferentes componentes que se encuentra en el interior como, evaporador, válvula de expansión, soplador, control de los ductos internos de A/C y calefacción e igual los ductos para las diferentes secciones del tablero como pies, frontal, desempañado.

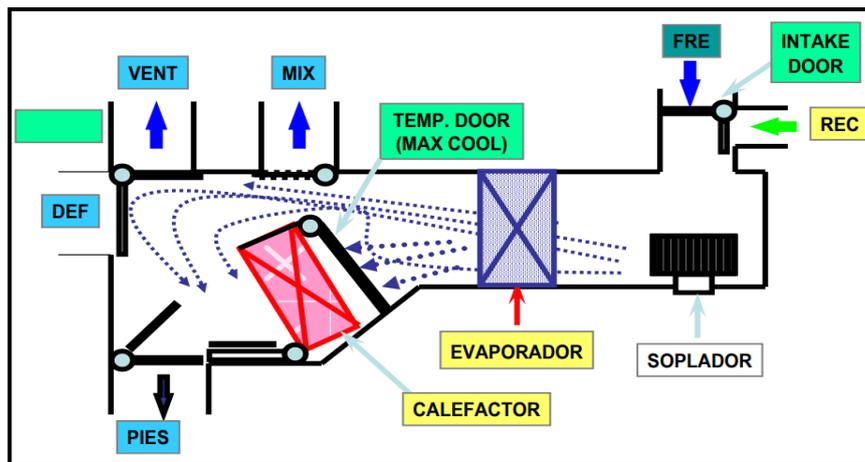


Figura 64 Componentes internos del bloque de climatización.

- **Soplador.** Es el encargado de suministrar la renovación de aire a la cabina, esta seleccionado en proporcionar flujo de aire superior de los 26 m³ que se necesita como mínimo para dos personas que está diseñada el habitáculo, tiene la capacidad para un vehículo que tiene medidas superiores al habitáculo en estudio.



Figura 65 Soplador

- **Condensador.** Para la instalación del condensador se adaptó las conexiones universales para conectar las tuberías de alta presión que van al compresor y al filtro deshidratador, ver (figura 66) donde se encuentra el condensador y el filtro.



Figura 66 Filtro de humedad y condensador

3.4.2 Instalación de sistema de control.

- **Driver de control.** Utiliza una unidad de control llamado (variador de frecuencia), el modelo es CFW 300, tipo vector inverter, como se ve en la (figura 63), este proporciona las corrientes trifásicas, la velocidad del compresor, protección del mismo contra problemas de cortocircuitos y sobretensión del motor, su funcionamiento se lo puede ver en él, Anexo F, sus características de trabajo.



Figura 67 Variador de frecuencia modelo CFW300 de banco.

- **Caja de fusibles.** Con esto permite el control elementos que funcionan con 12 voltios, estos elementos como; soplador, control de la velocidad del soplador, luces etc.

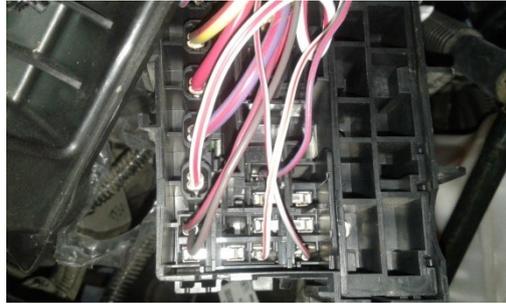


Figura 68 Caja de fusible

- **Presos-tato y termostato.** Elementos controladores de temperatura y presión del sistema de aire acondicionado como termostato, presostatos, en la figura 69 se muestra cada uno de ellos, estos elementos permiten regular la temperatura, para que no se produzca hielo en el evaporador, y a presiones altas desconecta el compresor, estos elementos permiten controlar el funcionamiento del compresor ante fallas mecánicas.



Figura 69 Presos-tato y termostato

3.5 Sistema de control térmico.

Para que el sistema tenga una mayor eficiencia se realiza un circuito a un controlador que conecta a los sensores de temperatura con el sistema de aire acondicionado, hay dos sensores, uno al interior del habitáculo y uno exterior el cual va a controlar el encendido o apagado de los elementos del sistema para que tenga un mejor confort, tiene un control de temperatura del evaporador y un control de presión del circuito de alta presión para evitar consumo de energía por el compresor.

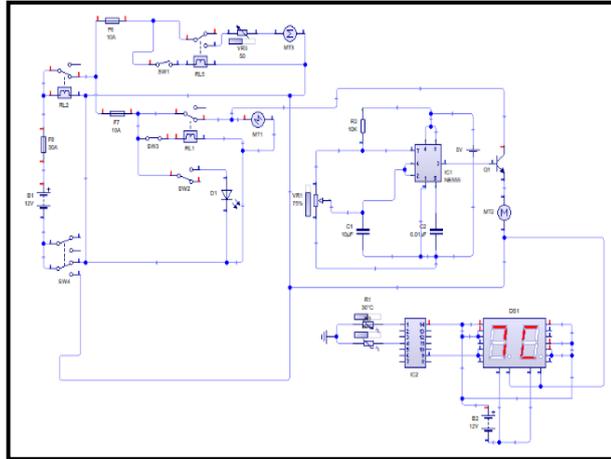


Figura 70 Circuito controlador del sistema A/C del banco.

En la figura anterior se muestra el circuito de control térmico, una caja general de fusibles y relés, es la parte principal del sistema para proteger a los componentes de posibles cortocircuitos, y un control con un procesador Arduino Mega 2560, que permite manipular electrónicamente algunos componentes como ventiladores, bomba, dispositivo de salida.

3.5.1 Circuito del banco de simulación

El circuito eléctrico del sistema A/C usado en el habitáculo del banco simulador consta de elementos que están disponibles en cualquier tipo de sistema de climatización, ver (figura 36) en donde se puede encontrar como elementos principales eléctricos los sensores, fuentes de poder, controladores, sistema de comunicación.

El sistema comienza con una batería de 12 voltios que proporciona energía al sistema de aire acondicionado, a través la caja principal de fusibles ver, (figura 69), se observa a los demás componentes como el grupo de resistencias, presostato, y termo switch, el circuito principal es activado por el switch principal con una llave.

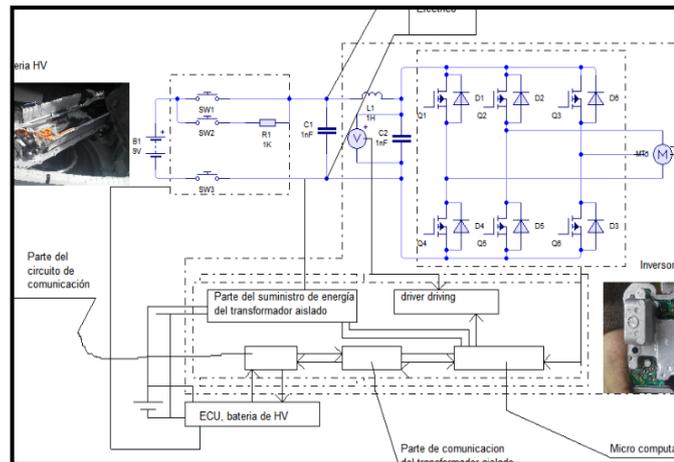


Figura 71 Circuito del inversor.

Como se puede ver (figura 69), el compresor funciona con 220v, la corriente ingresa por medio de la conexión doméstica, la cual ingresa a un variador de frecuencia también llamado CFW 300 vector invertir, para proporcionar una salida de corriente trifásica de 220 voltios, este voltaje tiene 3 líneas o polos, los cuales son U, V, W los cuales por medios de los transistores IGBT, indica el funcionamiento interno del inversor para proporcionar una carga adecuada al motor trifásico y tener una eficiencia superior a otros compresores.

3.6 Infiltración o ventilación del aire exterior del banco simulador

(Sordo, 2014), La entrada de aire exterior hacia el interior de un habitáculo es necesaria para controlar la concentración de vapor de agua y prevenir condensaciones. La consecuencia de esta entrada de aire es el gasto de energía que se intercambia entre ambos ambientes, pudiéndose producir a través de la ventilación (de una forma controlada) o a través de las infiltraciones (consideradas no controladas). (pág. 7) ver anexo B.

Para mantener el confort el aire dentro del habitáculo se considera a la ventilación que puede definirse como “el suministro de la cantidad de aire hacia el interior, bajo unas condiciones climáticas y ambientales determinadas”. Este proceso incluye impulsar aire limpio y extraer el viciado a

través de los cerramientos, distribuir y hacer circular el aire entrante y prevenir la contaminación interior”, (Meiss, 2011, citado en Sordo, 2013). Ver anexo B

3.6.1 Infiltración y ventilación

En este caso se va a calcular la carga de infiltración de aire en el habitáculo, por lo que se considera el volumen total de la cabina, por renovación de aire por hora que se le tomo de tabla el valor de 6 renovaciones/h, de acuerdo al cambio de aire total por hora, la corriente de aire de infiltración C_{ai} , es ver anexo B.

3.6.2 Calor total de calefacción

Debido que se va a poner calefacción en el habitáculo, se debe considerar las cargas de calefacción para mantener el habitáculo en confort. El lugar se toma como referencia Latacunga, por las bajas temperaturas que presenta el lugar y ya que en las cargas de refrigeración no se toma en cuenta las ganancias de calor solar, y las áreas de las paredes, vidrios, techo generan un área total de acuerdo a cada tipo de elemento.

Tabla 19
Áreas de los elementos de calefacción del banco.

Elemento	Área total (m ²)	U (W/m ² k)
Vidrios	0.8942	0.95
Paredes laterales	1.33	0.14
Techo	3.55	0.14

Para las cargas de calentamiento se ha tomado como referencia la ciudad Latacunga, según el INAMHI en el Anexo 1, indica que a un 38% la humedad relativa, y en Ecuador-Latacunga el mes más frío es (agosto), dando una temperatura de 2.4°C, y la temperatura de diseño interior es de 24°, para calcular la carga se utiliza las siguientes ecuaciones.

$$Q_{c,t} = Q_{c,ven} + Q_{c,par} + Q_{c,techo} + Q_{c,inf}$$

Ecuación 15

$$Q_{c,x} = U * A * (t_{in} - Q_{hdb})$$

Ecuación 16

Dónde:

$Q_{c,t}$ = Carga térmica total por calefacción

$Q_{c,x}$ = Carga térmica de calentamiento de cada elemento.

U= Coeficiente global de transferencia de calor para cada elemento, $W/m^2\text{°C}$

A = Área total de cada elemento, m^2

t_{in} = temperatura interior de invierno, °C

t_{HDB} = temperatura de bulbo seco a 38% (para ciudad determinada)

Resumiendo, una vez con los datos obtenido de la ecuación (15) los valores de calor total de calentamiento de acuerdo a la tabla (16), el resultado que viene dado en unidades de Watts y en Btu/h, con esta respectiva explicación se indica un resumen de cargas por los distintos elementos que componen la cabina.

Tabla 20
Resumen de las cargas de calentamiento

Elemento	Qc, btu/h
Vidrio	62.74
Paredes Laterales	16.71
Techo	37.29
Carga total de calentamiento	116,74

3.6.3 Ganancia de calor

Para un correcto cálculo de aire acondicionado se necesitan conocer varios factores que influyen en el sistema, aquí intervienen las dimensiones de ventanas, material de paredes, personas y elementos electrónicos, etc. Donde se puede determinar para la zona de Latacunga las diferentes formas de ganancia de calor, en resumen, se presenta en una tabla las ganancias de calor.

Tabla 21
Ganancia de calor.

Elemento	Qc, btu/h
Carga por radiación solar	43.40
Carga por transmisión paredes	133.21
Carga por infiltraciones	370.16
Carga por aportaciones internas	712.5

3.7 Comprobaciones de climatización de un vehículo Híbrido

Para realizar una prueba en los vehículos de aire acondicionado, se les realiza comprobaciones para verificar el buen funcionamiento del sistema de aire acondicionado como: inspección de los elementos que componen el sistema A/C, una comprobación de la temperatura del aire, una comprobación electrónica.

Los pasos para realizar estas comprobaciones son:

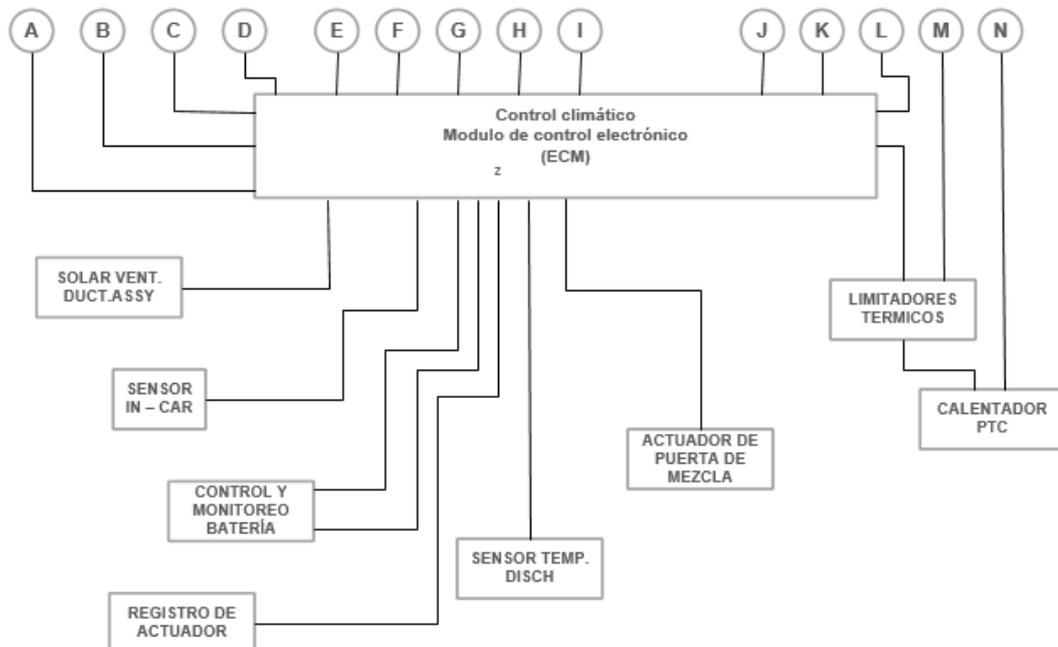


Figura 72 Módulo de control de aire acondicionado (1)

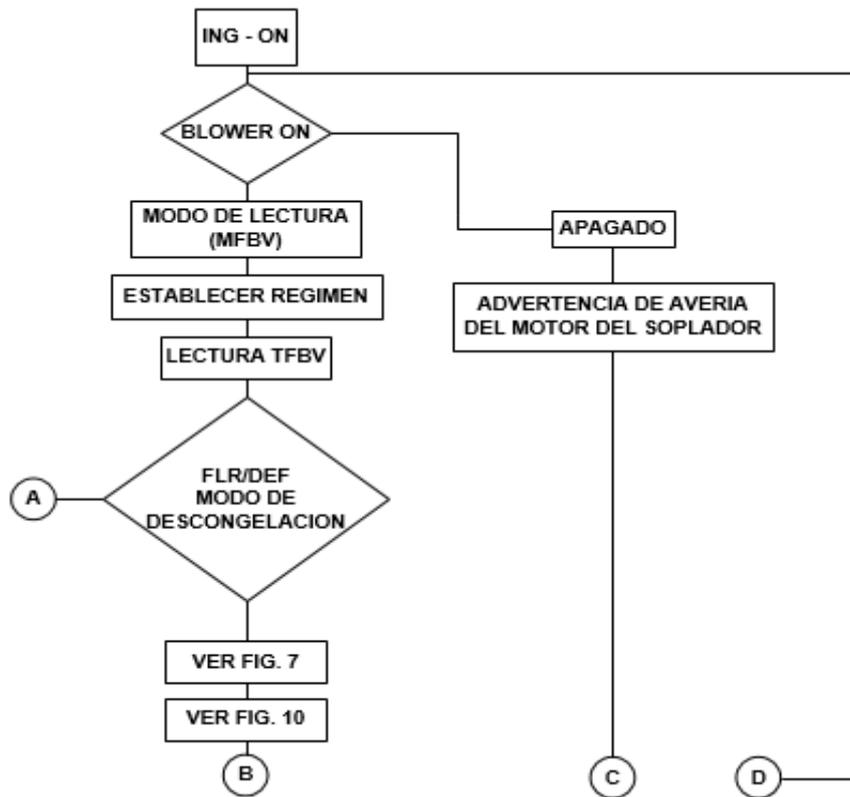


Figura 73 Controlador del soplador (2)

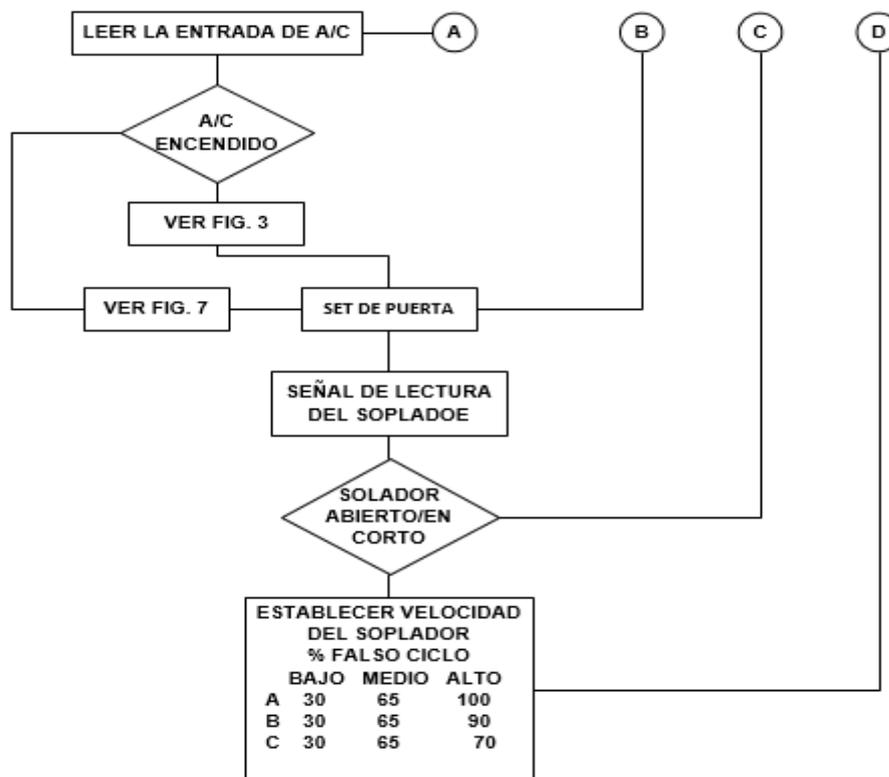


Figura 74 Lectura de entradas del A/C (3)

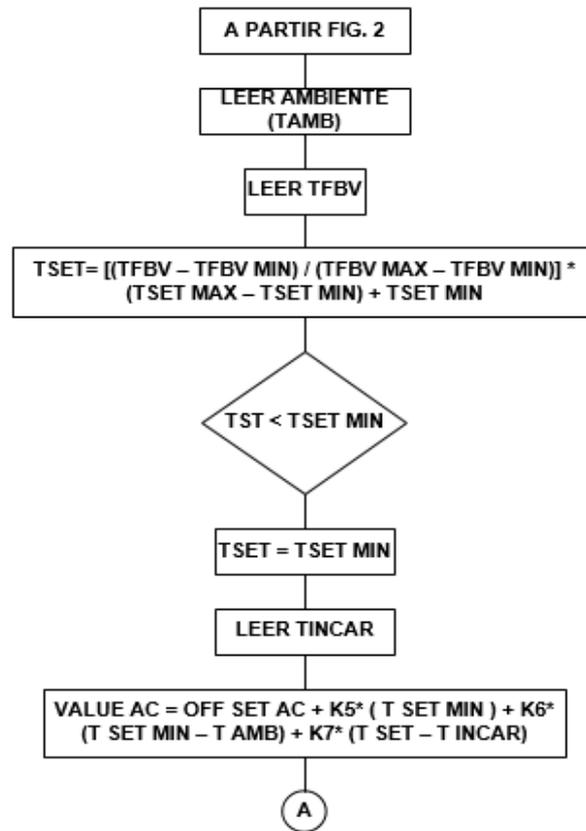


Figura 75 Comprobación sensor de temperatura (4)

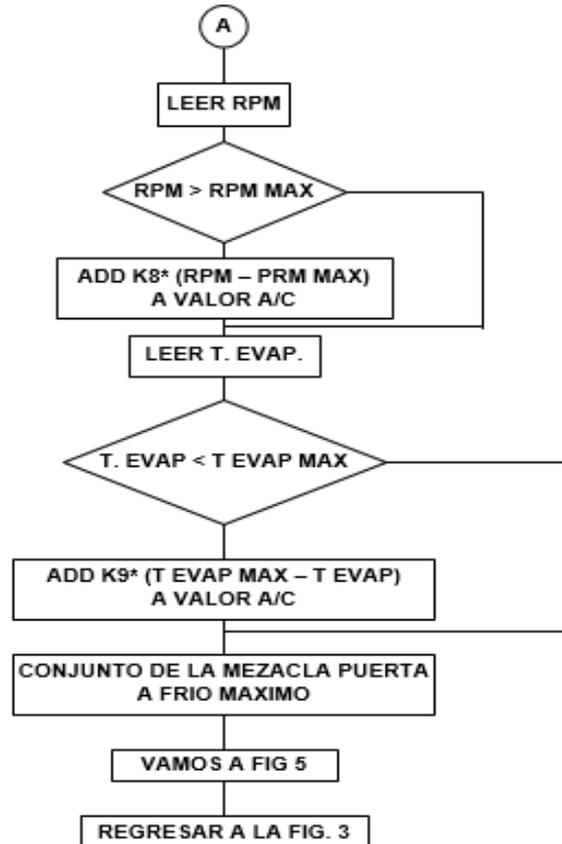


Figura 76 Temperatura del evaporador (5)

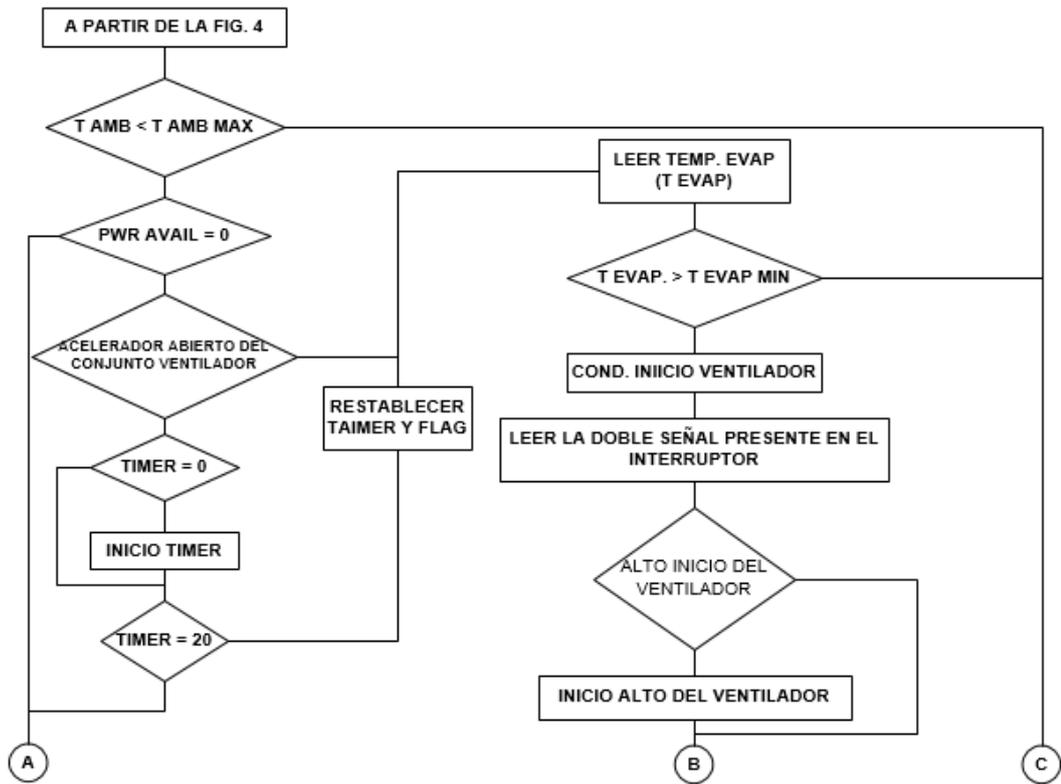


Figura 77 Funcionamiento del ventilador (6)

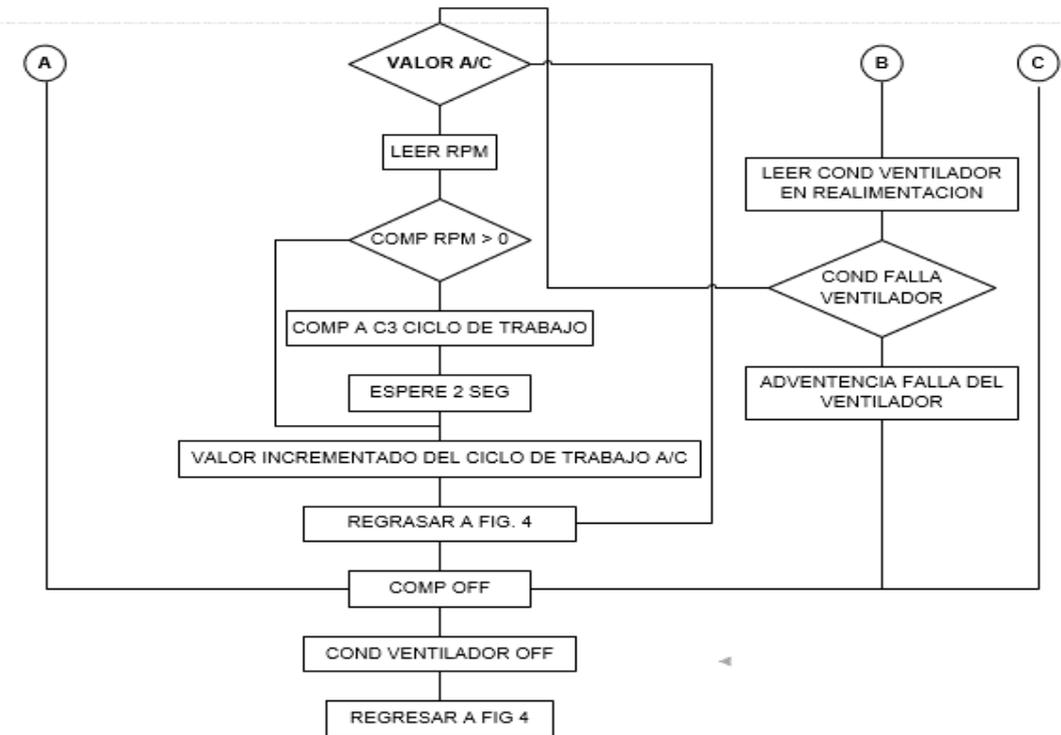


Figura 78 Trabajo del compresor (7)

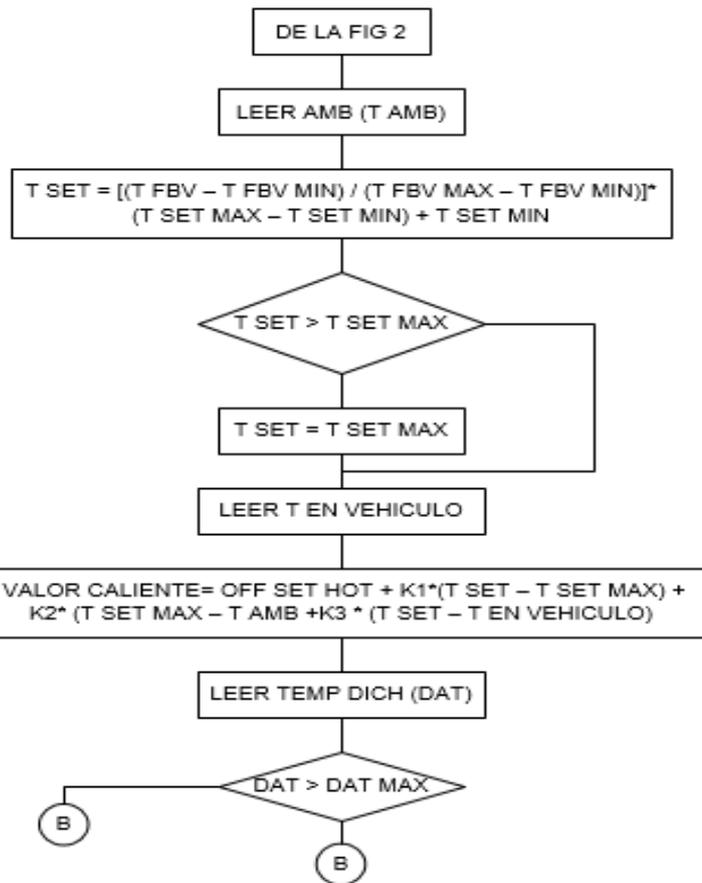


Figura 79 Control de calefacción (8)

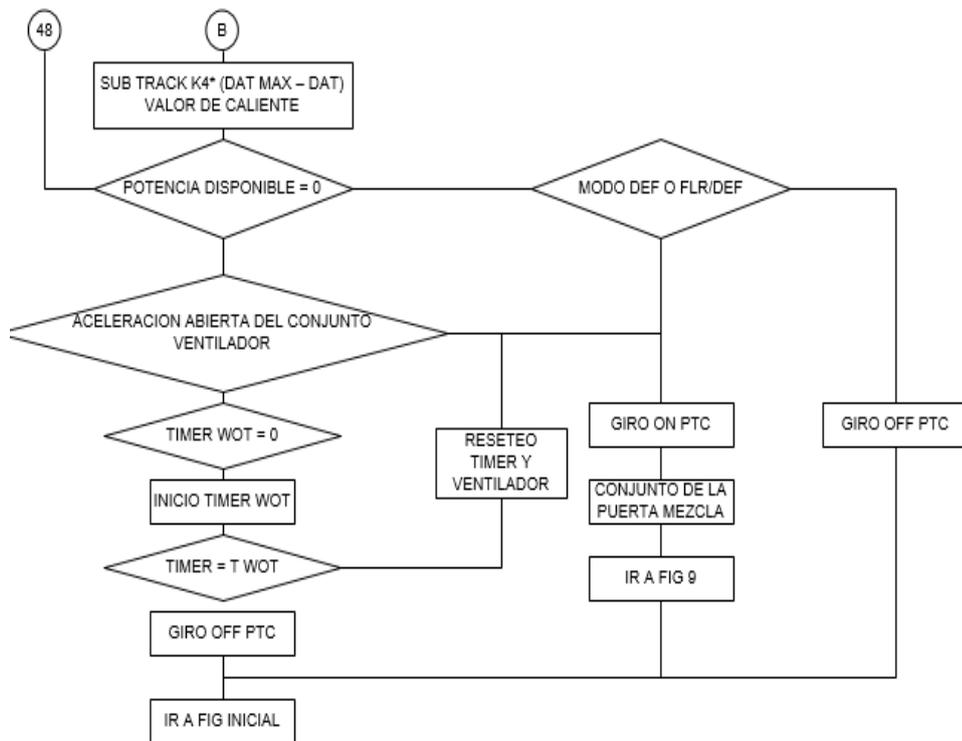


Figura 80 Funcionamiento del PTC (9)

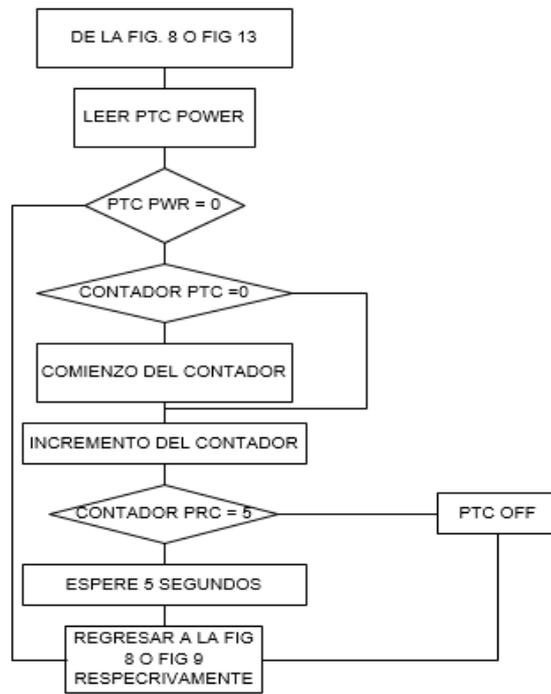


Figura 81 Control del PTC (10)

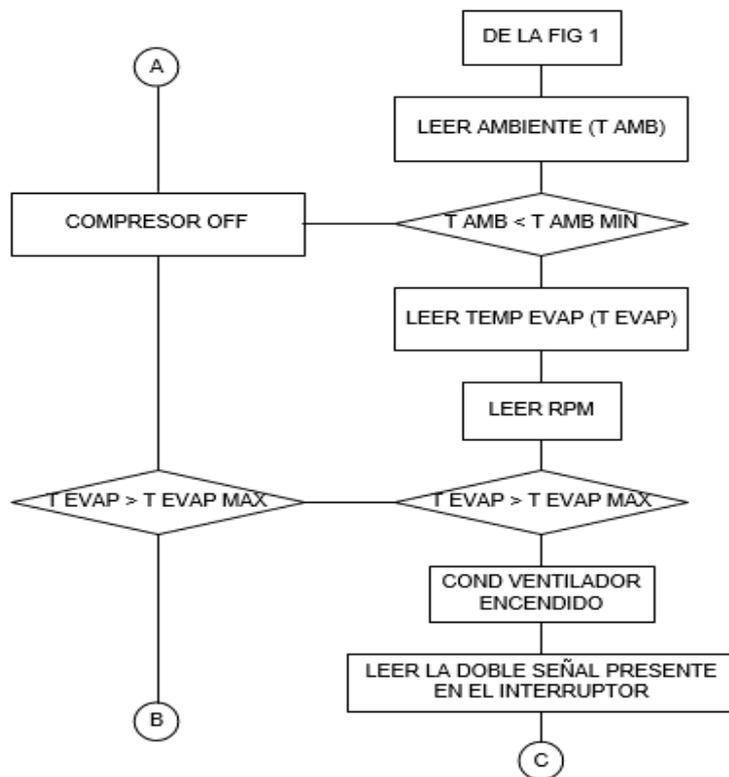


Figura 82 Condiciones de funcionamiento (11)

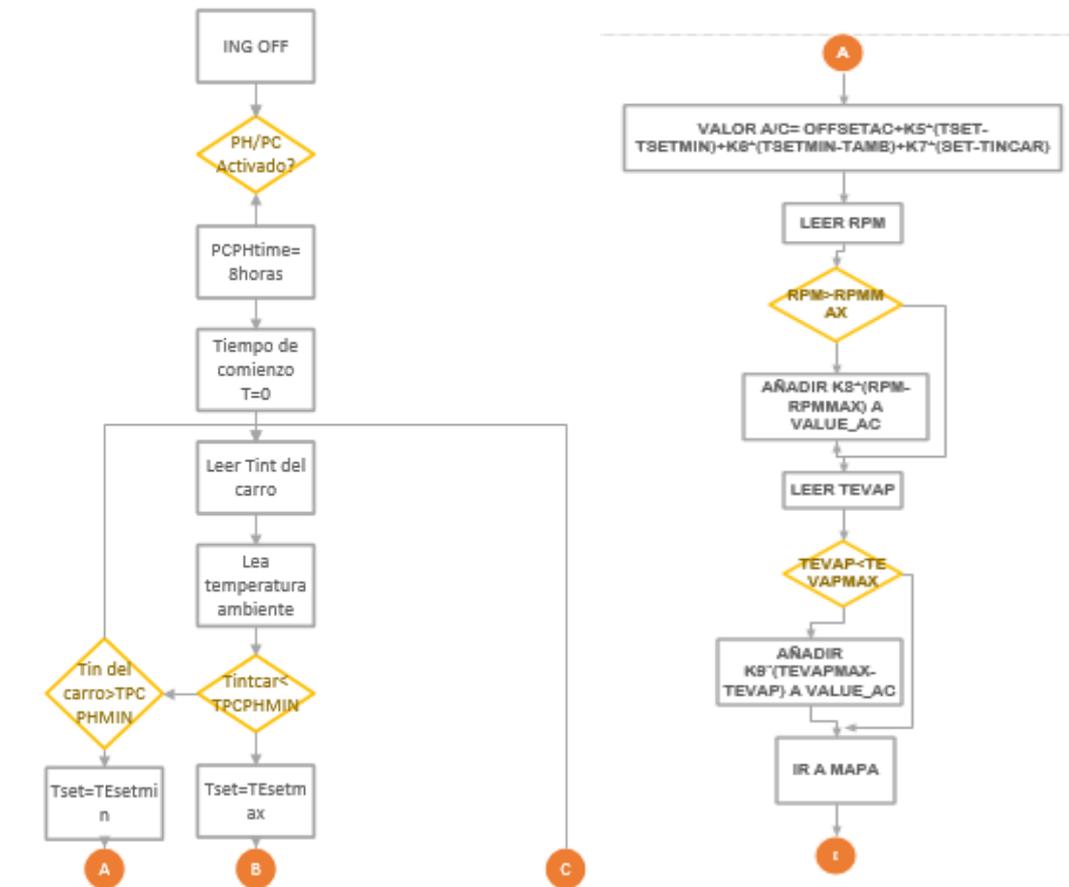


Figura 83 Control de PTC y compresor (12,13)

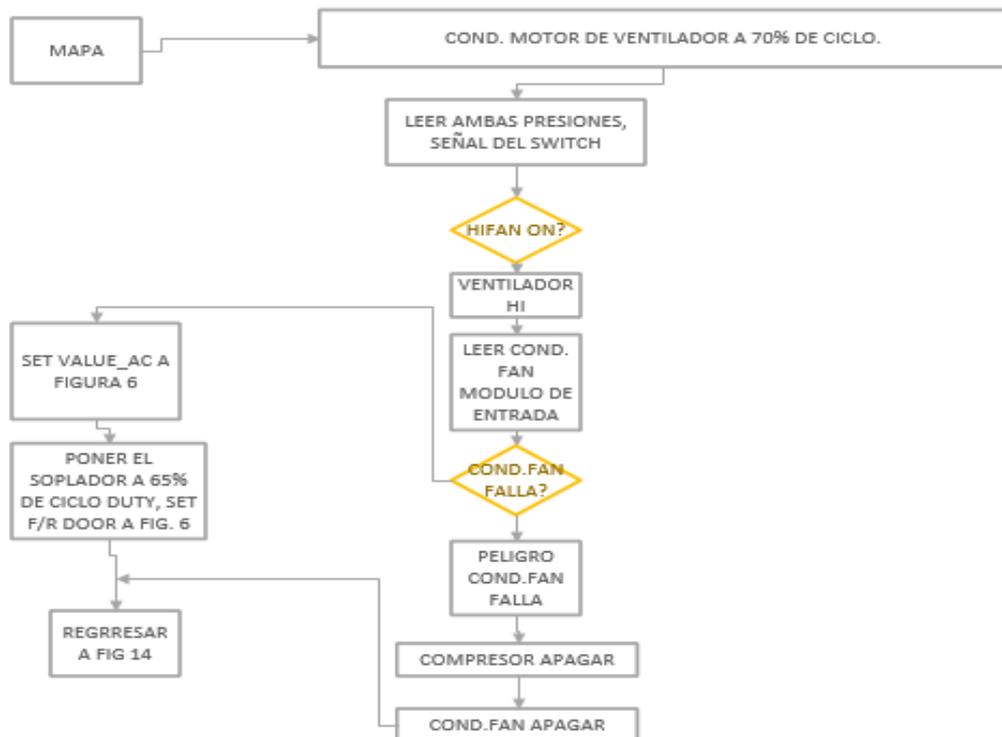


Figura 84 Velocidad del soplador (14)

3.8 Consideraciones para realizar las comprobaciones del sistema

En el vehículo hay que someter a comprobaciones para verificar el estado del sistema de aire acondicionado, en vehículos actuales los sistemas son automatizados y más difíciles de entender por lo que los pasos se detallan a continuación.

- Revisar el filtro del sistema de aire acondicionado mirando su condición y de acuerdo al manual de taller del fabricante, indica que se debe cambiar cada año, dependiendo del uso del aire acondicionado y las condiciones ambientales de uso.
- Revisión del filtro anti polen si lo tiene, recomendado hacerlo a los 15.000 o 30.000 kilómetros, el Toyota modelo Prius tiene filtro anti polen.
- Con un multímetro verificar en la caja de fusibles interna en el habitáculo, y externa en el compartimento del motor, fusibles y relés, los valores leídos en el multímetro deben estar entre los valores funcionales indicados en el manual del fabricante.



Figura 85 Caja de fusibles, Ford Scape

- Verificar el funcionamiento del A/C, con el medidor de temperatura, observando que baje la temperatura accionado el compresor.

- Con un diagrama eléctrico proporcionado por el fabricante o el concesionario verificar la conexión eléctrica del sistema de A/C para ubicar los elementos como ECU, sensores y actuadores del sistema.
- Con un dispositivo de comunicación CAN, ingresar a la red del sistema y verificar el funcionamiento de los elementos electrónicos.
- Si hay DTC (Diagnostic Trouble code), ver en el manual de taller el problema que hay, revisar, corregir o cambiar los elementos si lo necesita, verificar si persiste o se ha eliminado el problema.
- Inspeccionar los pines de los sockets de comunicación red CAN, y determinar cuales pertenecen a los distintos componentes de sistema de aire acondicionado.

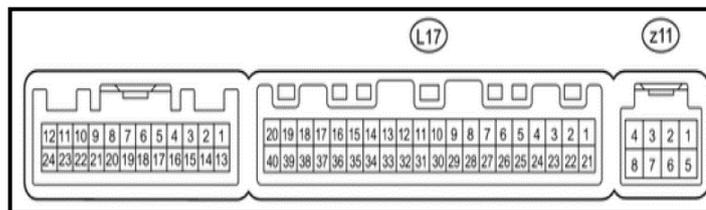


Figura 86 Distribución de pines de comunicación Toyota Prius

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- Con la ayuda de un multímetro digital y de acuerdo al diagrama eléctrico, verificar si tiene alimentación y masa en los valores determinados por el fabricante en sensores, actuadores y para los módulos de control verificar los pines de comunicación CAN como indica el catálogo del fabricante.



Figura 87 Relé del ventilador del A/C, Ford Scape

Para verificar la potencia de consumo del compresor se toma en cuenta:

- Comprobar que el refrigerante R-134a esté cargado en el sistema de aire para realizar cualquier prueba,
- No tener DTC el módulo de aire acondicionado.
- Tener un scanner de Toyota, o scanner compatible que ingrese a la red CAN.
- Batería HV, del vehículo en buen funcionamiento para observar el comportamiento del compresor, como consumo de potencia, voltaje, etc.

Consideraciones para mantenimiento del sistema de A/C

- Tener el manual de mantenimiento de Toyota.
- Realizar las mediciones de acuerdo al manual ya que algunos elementos se conectan con red CAN a los módulos, una mala maniobra o medida podría provocar el daño en algún módulo conectado al sensor, actuador etc.
- Tener las herramientas adecuadas para el mantenimiento.
- Si falta al sistema de refrigeración aceite, tener en cuenta que Toyota, recomienda el NOD OIL 11
- Si completo la cantidad de aceite con otro tipo de aceite, sustituir el conjunto del compresor, recomendad por el fabricante, por condiciones de trabajo.

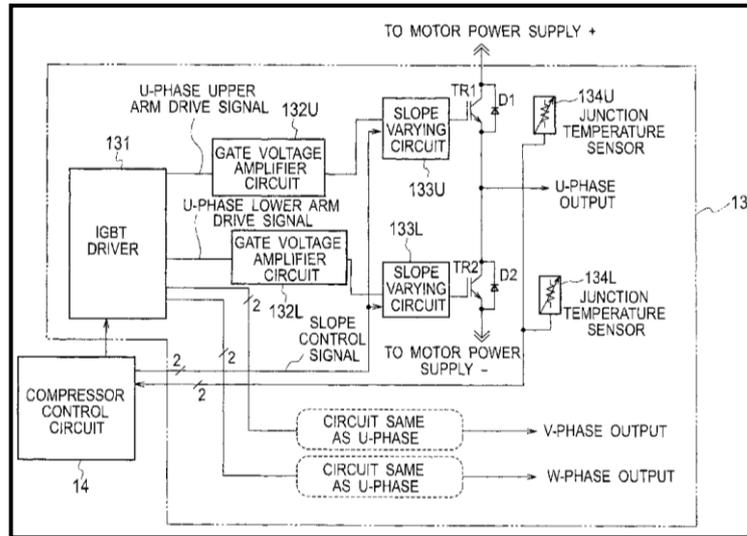


Figura 88 Trabajo del compresor

Fuente: (Kubo, 2014)

3.9 Protocolo de Pruebas

La (figura 87), es un diagrama de configuración de un sistema de aire acondicionado para un vehículo que incluye un controlador de compresor eléctrico que de acuerdo con una primera realización.

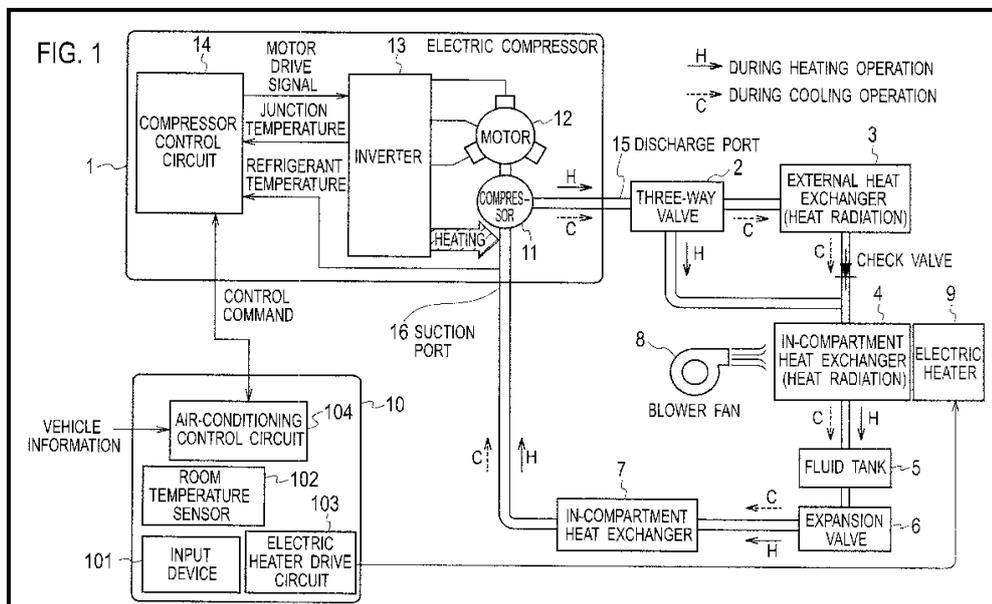


Figura 89 Funcionamiento del sistema de A/C

Fuente: (Kubo, 2014)

El compresor comprime refrigerante del sistema de aire acondicionado. El motor acciona el compresor. El inversor controla la conmutación de los

elementos de conmutación basándose en las señales de impulso de un control PWM (modulación de anchura de impulso) para suministrar potencia de accionamiento al motor.

El controlador del compresor irradia calor generado debido a la conmutación de los elementos de conmutación durante una operación de calentamiento del sistema de aire acondicionado al refrigerante. El compresor incluye además un circuito de control del compresor que controla el inversor junto con un excitador IGBT (transistor bipolar de puerta aislada), (véase la figura 53).

A continuación, se describen el equipo de medición y diagnóstico automotriz que se emplearon en la investigación, características y funcionamiento:

3.9.1 Equipo

Scanner Toyota Techstream

El Techstream es un dispositivo electrónico de la marca Toyota que permite diagnosticar todos los sistemas del motor, se encarga de monitorear códigos de fallas (DTC), reprogramación de ECUs, activación de relés y solenoides, lectura de valores de los estados de los sensores, actuadores, interruptores entre otros sin tener que extraer ninguna pieza.

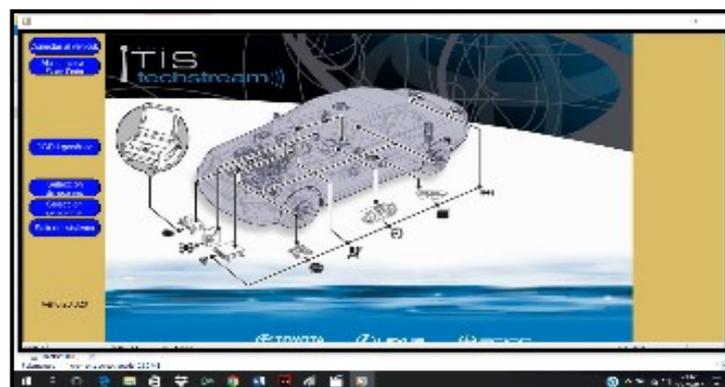


Figura 90 Comunicación del Scanner Techstream, red CAN

Todos los scanner certificados para OBD II deben realizar lo siguiente:

- Lectura de PIDs del motor en tiempo real
- Lectura de códigos de falla (DTC) relacionados con los sistemas del vehículo.
- Visualizar el estado operacional de los sistemas que consta en vehículo y a su vez el resultado a diferentes pruebas.
- Determinar automáticamente el protocolo de comunicación del vehículo para poder acceder a su sistema.
- Reprogramación de ECUs.
- Visualización de parámetros para realizar pruebas.

Tabla 22
Especificaciones técnicas del escáner Techstream.

Función	Configuración básica
Sistema operativo	Windows XP
Pantalla	15"
Software	Toyota TIS OEM diagnostic software
Chip	SMD
Protocolos de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Can BUS (ISO 15765, GMLAN, J1939 y ISO14229) • J1850VPW • ISO141/KWP200
Interfaz	Alta velocidad, 12 Mbps USB 2.0 con controlador de J2534.
Drivers	<ul style="list-style-type: none"> • J2534 • J2534-1
Alimentación	USB

Fuente: (CISE, 2010)

Procedimiento

- Buscar la ubicación del conector OBD del Vehículo.
- Conectar la interface del Techstream al conector Can-Bus del vehículo.
- Encender el scanner, mediante el boto de encendido.
- Arrancar el vehículo
- Comunicación entre el scanner y el vehículo

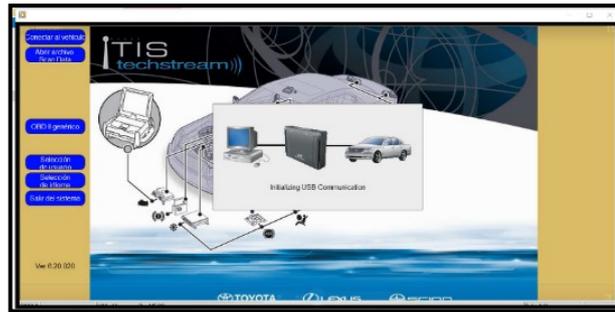


Figura 91 Conexión del interface

- Para ingresar a la conexión con la red CAN, del vehículo el scanner pide el ingreso de los datos del vehículo, ingresar todos los ítems necesarios, como modelo, año, VIN etc.

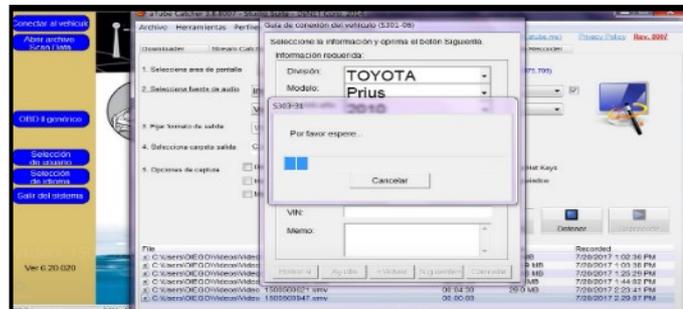


Figura 92 Información del vehículo

- Abrir archivo Scan Data
- Se despliega las computadoras que tiene el vehículo en este caso el Toyota Prius tiene 18 módulos que están controlando al vehículo.
- Seleccione en este caso, el módulo de aire acondicionado.

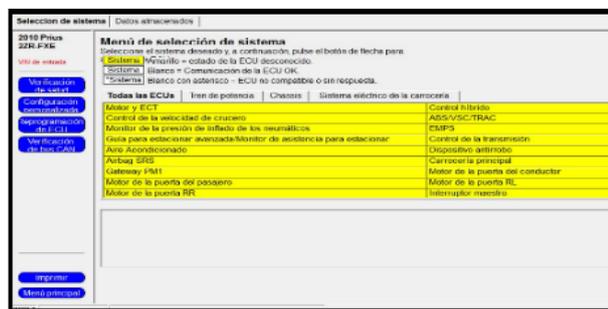


Figura 93 Menú de selección de sistema

3.10 Comprobación de sensores

- Conectar el Techstream al DLC3.
- Arrancar el motor en posición IG
- Comunicación entre el Techstream y el vehículo
- Comprobar los valores que entrega el Techstream en la siguiente tabla

Tabla 23.
Valor de los sensores que constan en el sistema A/C.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.00	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.55	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.32	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	5.65	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.00	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	62		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	89.50	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pls Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	31		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	155.61	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Acta Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	4891	rpm			
Compressor Target Speed	4942	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Comprobar valores con el manual de Toyota.

Tabla 24
Estado de funcionamiento de los sensores de A/C.

Elemento	Rangos de medición	Estado	Diagnostico
Sensor de temperatura interior	Min.: -6.5 °C (20.3 °F) Max.: 57.25 °C (135.05°F)	29 °C	Funcionando
Sensor de temperatura ambiente	Min.: -23.3 °C (-9.94 °F) Max.: 65.95 °C (150.71°F)	22.55 °C	Funcionando
Sensor de temperatura del evaporador	Min.: -29.7 °C (-21.46 °F) Max.: 59.55 °C (139.19°F)	5.65 °C	Funcionando
Sensor solar	Min: 0 Max: 255	62	Funcionando
Sensor de temperatura	Min: 1.3 Max: 90.55	89.50	Funcionando

CONTINÚA



del refrigerante
del motor
Sensor de
presión de aire
acondicionado

Min: -66.22 Lb/pulg²
Max: 477.68 Lb/pulg²

155.61

Funcionando

3.10.1 Inspección de los sensores

- Inspeccionar los sensores del sistema de aire acondicionado
- Extraer el sensor para proceder a verificar su funcionamiento
- Desconectar el sensor



Figura 94 Extracción del sensor de temperatura (Ford Scape)

- Medir la resistencia entre pines



Figura 95 Pines de conexión del sensor de temperatura

- Comprobar datos

Tabla 25

Valores de resistencia de los sensores de aire acondicionado.

Elemento	Conexión	Estado	Estado específico
	1 - 2	15 °C (59 °F)	2.76 kΩ
	1 - 2	60°C (140 °F)	0.41 kΩ
	1 - 2	15 °C (59 °F)	2.81 kΩ
	1 - 2	60°C (140 °F)	0.49 kΩ
	1 - 2	-5 °C (23 °F)	6.45 kΩ
	1 - 2	25°C (77 °F)	3.58 Ω

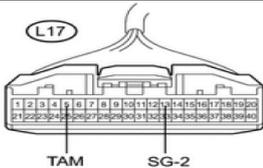
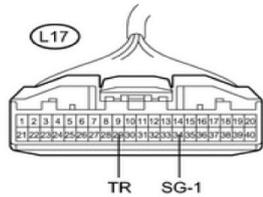
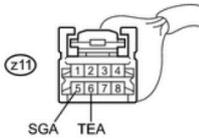
- Sustituir si el sensor de temperatura se encuentra en mal estado

3.10.2 Inspección del mazo de cables

- Se debe desconectar el amplificador de A/C para realizar estas mediciones
- Medir la resistencia entre pines del socket con los del sensor y verificar el funcionamiento
- Comprobar valores de medición en la siguiente tabla.

Tabla 26

Resistencias del sensor de A/C.

Elemento	Sockets	Conexión	Estado	V. específico
Sensor de temperatura ambiente		L17 (TAM) – 1		
		L17 (SG-2) – 2		
		L17 (TAM)- Masa		
		L17 (SG-2) – Masa		
Sensor de temperatura interior		L17 (TR) – 1		
		L17 (SG-1) – 2		
		L17 (TR)- Masa		
		L17 (SG-1) – Masa		
Sensor de temperatura del evaporador		z11 (TEA) – 2		
		z11 (SGA) – 1		
		z11 (TEA)- Masa		
		z11 (SGA) - Masa		

NOTA:

En caso de que se encuentre anomalías en las mediciones se debe:

- Sustituir o reparar el mazo de cables si se encuentra en mal estado
- Sustituir el amplificador de A/C si se encuentra en mal estado

En caso del sensor de presión de aire acondicionado se debe proceder de la siguiente manera en su inspección.

3.10.3 Sensor de presión del A/C

En este procedimiento comienza con la inspección del mazo de cables del sensor de presión con el circuito de la fuente de alimentación

- Desconectar el conector del sensor de presión del A/C
- Medir la tensión entre los pines



Figura 96 Pines de conexión del sensor de presión

- Comprobación de datos

**Tabla 27
Diagnóstico del sensor de presión.**

Conexión	Posición del interruptor	Valores	V. de prueba
3 (lila y rojo) (+) – Masa	Interruptor de encendido activado IG	4.75 a 5.25 V	4.98 V
1(amarillo y verde) (-) – Masa	Siempre	Inferior a 1 Ω	8.93 Ω

- Inspeccionar el sensor de presión del A/C con respecto al circuito de señal del sensor

- Conectar de nuevo el conector del sensor de presión A/C
- Retirar el amplificador del A/C sin desconectar los conectores
- Medir la tensión entre los pines

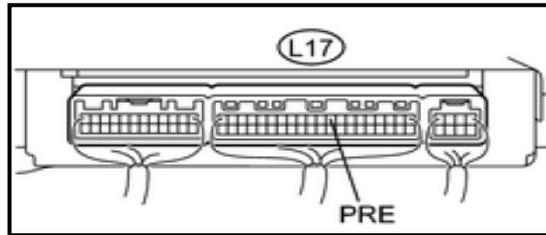


Figura 97 Sockets del mazo de cables del sensor de presión

Fuente: (TOYOTA, 2016)

- Comprobar valores del estado del sensor de presión en la siguiente tabla:

Tabla 28

Estado del sensor apagado el aire acondicionado.

Conexión	Estado	Valor específico
L17(PRE) – Masa	Interruptor de encendido en posición IG A/C: off	0.73 a 4.84 V

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- El siguiente paso es medir la tensión cuando se cumplan las siguientes condiciones:

Tabla 29

Condiciones del sensor de presión.

Elemento	Estado
Puestas del vehículo	Completamente abierta
Fijación de la temperatura	MAX COLD
Velocidad del soplador	HI
Interruptor A/C	ON
Interruptor R/F	RECIRCULACION
Temperatura interior	25 a 35 °C (77 a 95 °F)

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- Comprobar datos

Tabla 30
Estado del sensor activado el aire acondicionado

Conexión	Estado	Valor específico
L17 (PRE) – Masa	Interruptor de encendido en posición IG A/C: ON	0.73 a 4.84 V

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- En caso de problemas o fallas en el sistema se debe sustituir el amplificador de A/C

A continuación, se muestra una tabla con los DTC del sistema de aire acondicionado en donde se puede realizar una inspección mediante el Techstream para su verificación.

Para inspeccionar los DTC del sistema se debe tener en cuenta que:

- 1: Si la temperatura de la cabina es aproximadamente de -18.6°C o inferior, puede emitirse el DTC B1411/11 aunque el sistema esté en estado normal.
- 2: Si la temperatura ambiente es aproximadamente -52.9°C o inferior, puede emitirse el DTC B1412/12 aunque el sistema esté en estado normal.
- 3: Con Plasmacluster (ionizador)
- 4: El amplificador del A/C almacena el DTC de la avería respectiva.

Tabla 31
Códigos de diagnóstico de los DTC del A/C

DTC	Elemento	Área afectada	Periodo indicado de avería
B1411/11*1	Circuito del sensor de temperatura interior	1. Sensor de temp. interior 2. Conector entre el sensor y el amplificador del A/C 3. Amplificador del A/C	Memorizada (4 seg. o más)

CONTINÚA



B1412/12*2	Circuito del sensor de temperatura ambiente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor de temp. ambiente 2. Conector entre el sensor y el amplificador del A/C 3. Amplificador del A/C 	Memorizada (4 seg. o más)
B1413/13	Circuito del sensor de temperatura del evaporador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor de temp. del evaporador 2. Mazo de cables del aire acondicionado 3. Amplificador del A/C 	Memorizada (4 seg. o más)
B1423/23	Circuito del sensor de presión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor de presión del A/C 2. Conector entre el sensor de presión del A/C y el amplificador del A/C 3. Amplificador del A/C 4. Válvula de expansión (bloqueada, obstruida) 5. Condensador (bloqueado, debido a la suciedad) 6. Secador del enfriador (no se puede absorber la humedad en el ciclo de refrigeración) 7. Sistema del ventilador de refrigeración (el condensador no se puede enfriar) 8. Sistema A/C (fugas, bloqueado) 	
B1441/41	Circuito del servomotor de control del regulador de la mezcla de aire (lado del pasajero)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Servomotor de control de mezcla de aire 2. Mazo de cables del aire acondicionado 3. Amplificador del A/C 	Memorizada (30 seg. o más)
B1442/42	Circuito del servomotor de control del regulador de entrada de aire	<ol style="list-style-type: none"> 1. Servomotor de control de entrada de aire 2. Mazo de cables del aire acondicionado 3. Amplificador del A/C 	Memorizada (30 seg. o más)
B1443/43	Circuito del servomotor de control del regulador de salida de aire	<ol style="list-style-type: none"> 1. Servomotor de control de salida de aire 2. Mazo de cables del aire acondicionado 3. Amplificador del A/C 	Memorizada (30 seg. o más)
B1471/71	Avería del sistema de fuente de alimentación de alta tensión del inversor del A/C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fusible eléctrico del vehículo 2. Cable del motor n° 2 (conector entre el conjunto de compresor con motor y el conjunto de inversor con convertidor) 3. Conjunto del compresor con motor 	Memorizada

CONTINÚA



		4. Sistema de control híbrido 5. Sistema de comunicación CAN	
B1472/72	Avería del sistema de salida de alta tensión del inversor del A/C	1. Conjunto del compresor con motor 2. Sistema de comunicación CAN	Memorizada
B1473/73	Avería del sistema de señal de arranque del inversor del A/C	1. Conector entre la ECU de control de la alimentación y el conjunto del compresor con motor 2. Conjunto del compresor con motor 3. ECU de gestión de la alimentación 4. Sistema de control híbrido 5. Sistema de comunicación CAN	--
B1474/74	Avería del inversor del A/C	1. Conjunto del compresor con motor 2. Sistema de comunicación CAN	Memorizada
B1475/75	Avería del sistema de calefacción / refrigeración del inversor del A/C	1. Sistema del ventilador de refrigeración 2. Volumen de refrigerante 3. Conjunto del compresor con motor 4. Sistema de comunicación CAN	Memorizada
B1476/76	Avería del sistema de carga del inversor del A/C	1. Volumen de refrigerante 2. Conjunto del compresor con motor 3. Sistema del ventilador de refrigeración 4. Sistema de comunicación CAN	Memorizada
B1477/77	Averías del sistema de fuente de alimentación de baja tensión del inversor del A/C	1. Conjunto del compresor con motor 2. Sistemas de comunicación CAN	Memorizada
B1497/97	Averías de las comunicaciones del IC de BUS	1. Mazo de cables del aire acondicionado 2. Servomotor de control de mezcla de aire 3. Servomotor de control de salida/entrada de aire 4. Amplificador del A/C 5. Mazo de cables o conector	Memorizada (10 seg. o más)
B1498/98	Anomalía en la comunicación (inversor A/C local)	1. Conector entre la ECU de gestión de la alimentación y el conjunto del compresor con motor y masa de la carrocería	Memorizada

CONTINÚA



		<ol style="list-style-type: none"> 2. ECU de gestión de la alimentación 3. Conjunto del compresor con motor 4. Cable del motor n° 2 (conector entre el conjunto de compresor con motor y el conjunto de inversor con convertidor) 5. Fusible eléctrico del vehículo 6. Sistema de comunicación CAN 7. Sistema de control híbrido 	
B14A1	Circuito abierto en el purificador de aire	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plasmacluster (ionizador) 2. Conector entre el Plasmacluster (ionizador) y el amplificador del A/C 3. Conector entre el Plasmacluster (ionizador) y la batería 4. Conector entre el Plasmacluster (ionizador) y la masa de la carrocería 5. Amplificador del A/C 	Continúa morizada seg. o más)
B14A2	Corto circuito en el sensor solar del lado del conductor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensor solar 2. Conector entre el sensor solar y el amplificador del A/C 3. Conector entre el sensor solar y la ECU principal de la carrocería 4. ECU principal de la carrocería 5. Amplificador del A/C 	Memorizada (4 seg. o más)
U0100	Pérdida de comunicación con el ECM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de comunicación CAN 2. ECM 	--
U0101	Pérdida de comunicación con el TCM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de comunicación CAN 2. TCM 	--
U0131	Pérdida de comunicación con la ECU de la servodirección eléctrica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de comunicación CAN 2. ECU de la servodirección eléctrica 	--
U0142	Pérdida de comunicación con la ECU principal de la carrocería	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de comunicación CAN 2. ECU principal de la carrocería 	--
U0293	Pérdida de comunicación con la ECU de HV	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de comunicación CAN 2. ECU de gestión de la alimentación 	--

CONTINÚA 

P0AA6-611	Avería en el aislamiento del sistema de tensión de la batería híbrida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceite del compresor 2. Tuberías de refrigerante 3. Conjunto del compresor con motor 4. Sistema de comunicación CAN 	--
------------------	---	---	----

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.11 Actuadores

3.11.1 Motor del soplador

- Prueba activa del motor del soplador mediante el Techstream
- Conectar el Techstream al DLC3
- Poner el vehículo en contacto o ready en Toyota para activar el A/C
- Comunicar el Techstream con el vehículo
- Comprobar el funcionamiento mediante el Techstream
- Con el aire acondicionado activado verificar los niveles de temperatura del motor del soplador

Tabla 32
Prueba a nivel 1 de temperatura.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.55	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	21.36	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	4.25	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	3.30	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Soler Sensor (D Side)	24		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	88.80	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pts Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	1		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	127.88	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	2583	rpm			
Compressor Target Speed	2584	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 2 con A/C activado

Tabla 33 Prueba a nivel 2 de temperatura

Datos almacenados Aire Acondicionado En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.55	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	21.68	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	4.60	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	3.18	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	20		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	90.55	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	5		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	140.68	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actua Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	2913	rpm			
Compressor Target Speed	2927	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 3 con A/C activado

Tabla 34 Prueba a nivel 3 de temperatura

Datos almacenados Aire Acondicionado En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.20	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.00	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	4.25	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.70	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	21		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	90.55	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	9		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	134.28	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actua Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	3261	rpm			
Compressor Target Speed	3290	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 4 con A/C activado

Tabla 35 Prueba a nivel 4 de temperatura

Datos almacenados Aire Acondicionado En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	21.85	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	21.68	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	4.25	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.27	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	45		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	89.50	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	13		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	127.88	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actua Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	3678	rpm			
Compressor Target Speed	3670	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 5 con A/C activado

Tabla 36
Prueba a nivel 5 de temperatura

Datos almacenados Aire Acondicionado En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor		C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.20	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.00	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	4.60	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.00	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	57		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	89.85	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	18		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	153.48	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	3995	rpm			
Compressor Target Speed	4037	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 6 con A/C activado

Tabla 37
Prueba a nivel 6 de temperatura.

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.20	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.00	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	5.30	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.00	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	62		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	90.55	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	24		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	162.01	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	4351	rpm			
Compressor Target Speed	4394	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Nivel de temperatura 7 con A/C activado

Tabla 38
Prueba a nivel 7 de temperatura

Datos almacenados Aire Acondicionado En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.00	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.55	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.32	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	5.65	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.00	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	62		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	89.50	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pis Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	31		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	155.61	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	4891	rpm			
Compressor Target Speed	4942	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- El motor del soplador funciona y el nivel de velocidad del motor del soplador cambia.
- Comparar a los valores obtenidos mediante la siguiente tabla

Tabla 39
Valores de soplador.

Elemento	Unid.	V. de prueba						
Velocidad del soplador		1	5	9	13	18	24	31
Velocidad del compresor	Rpm	2583	2913	3261	3678	3995	4351	4891
Velocidad deseada	Rpm	2584	2927	3290	3670	4037	4394	4942

- Salir del sistema Aire Acondicionado.
- Inspeccionar el mazo de cables con respecto al motor del soplador
- Desconectar el motor del soplador

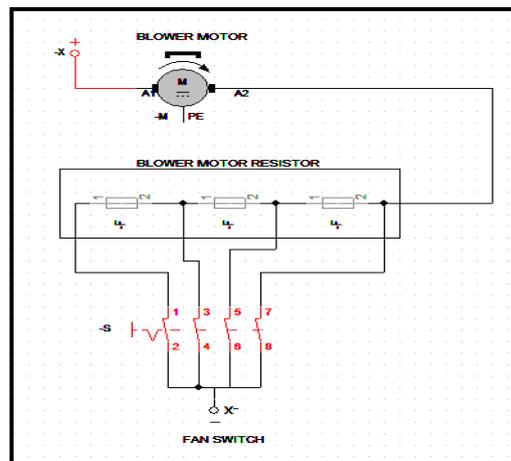


Figura 98 Circuito del motor soplador

- Medir la resistencia entre los pines



Figura 99 Pines del motor del soplador

- Comprobar los valores según la tabla

Tabla 40
Estado del soplador.

Conexión	Estado	V. específico
1 (amarillo y lila)(+) – Masa	Interruptor de encendido desactivado	12 V
2(amarillo y verde) (-) – Masa	Siempre	0.79 Ω

(a) Inspección del conector motor soplador

- (a) Volver a conectar el conector del motor del soplador
- (b) Medir la tención según los valores de la tabla

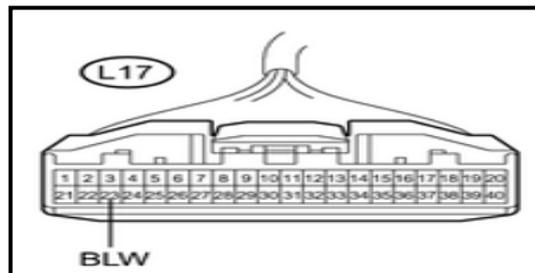


Figura 100 Conector del motor del soplador

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 41
Conexión del conector del soplador.

Conexión	Estado	V. específico
L17 (BLW) – Masa	Interruptor de encendido desactivado	4.5 a 5.5 v

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Reemplazar el motor del soplador si se encuentra en mal funcionamiento

3.11.2 Relé de ventilación solar

- (a) Extraer el relé de ventilación solar
- (b) Medir la resistencia entre pines según la tabla

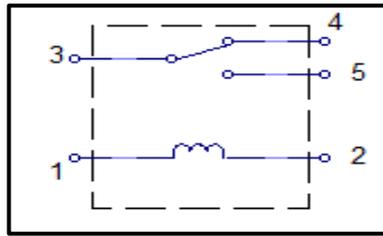


Figura 101 Circuito del relé solar

Tabla 42
Estado del relé de ventilación.

Conexión	Estado	V. especificado
3 – 5	Siempre	10 k Ω o más
3 – 4	Siempre	Inferior a 1 Ω
3 – 5	Aplicar tensión de la batería a los terminales 1 – 2	Inferior a 1 Ω
3 – 4	Aplicar tensión de la batería a los terminales 1 – 2	10 k Ω o más

3.11.3 Calentador PTC

Inspección del conjunto del calentador PTC

- (a) Extraer el conjunto del calentador PTC
- (b) Observar las resistencias entre los pines

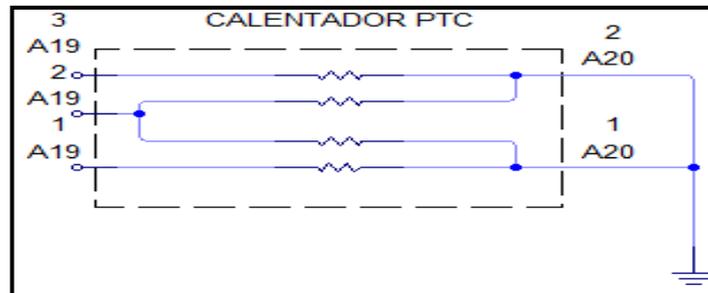


Figura 102 Circuito del conjunto del calentador PTC

Tabla 43
Conexión del calentador PTC

Conexión	Estado	V. específico
A19-1 – A20-1	Siempre	Inferior a 1 Ω
A19-2 – A20-2	Siempre	Inferior a 1 Ω
A19-2 – A20-1	Siempre	Inferior a 1 Ω
A19-3 – A20-2	Siempre	Inferior a 1 Ω

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Sustituir el conjunto del calentador PTC si se encuentra en mal estado
 Revise el mazo de cables (amplificador del A/C)

(a) Desconectar el conector del amplificador del A/C

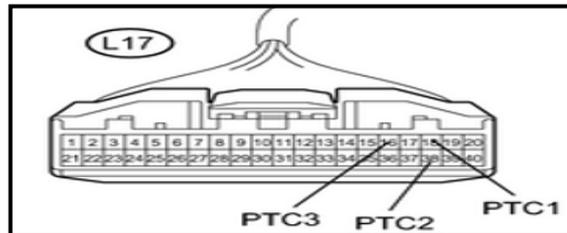


Figura 103 Conector del amplificador de A/C

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(b) Desconectar el conector del bloque de relés y el bloque de empalmes del motor

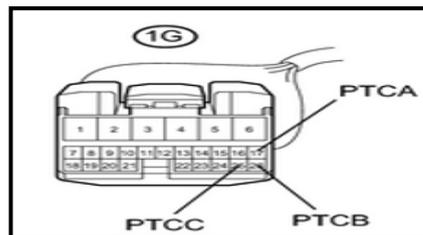


Figura 104 Conector del bloque de relés

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(c) Medir las resistencias según la tabla

Tabla 44
Estado de resistencia del mazo de cable.

Conexión	Estado	Estado específico
PTC1 – PTA	Siempre	Inferior a 1 Ω
PTC2 – PTCB	Siempre	Inferior a 1 Ω
PTC3 – PTCC	Siempre	Inferior a 1 Ω
PTC1 – Masa	Siempre	Inferior a 1 Ω
PTC2 – Masa	Siempre	Inferior a 1 Ω
PTC3 – Masa	Siempre	Inferior a 1 Ω

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Si el calentador presenta falla de error en las mediciones repare o sustituya el mazo de cables del conector

3.11.4 Servomotor de control de la entrada de aire.

- **Inspección con el scanner Techstream**

- Conectar el scanner Techstream al DLC3
- Encender el vehículo.
- Accione el interruptor R/F (recirculación / limpio)
- Seleccionar del menú del scanner Techstream el sistema / aire acondicionado / data list

Tabla 45

Diagnóstico del servomotor por medio del Techstream

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.25	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.20	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	22.00	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fin Thermistor	5.30	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	2.00	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	60		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	90.55	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pts Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	31		Compressor Drive Check	NG	
Regulator Pressure Sensor	162.01	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	4522	rpm			
Compressor Target Speed	4599	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

- Comprobar valores en la siguiente tabla

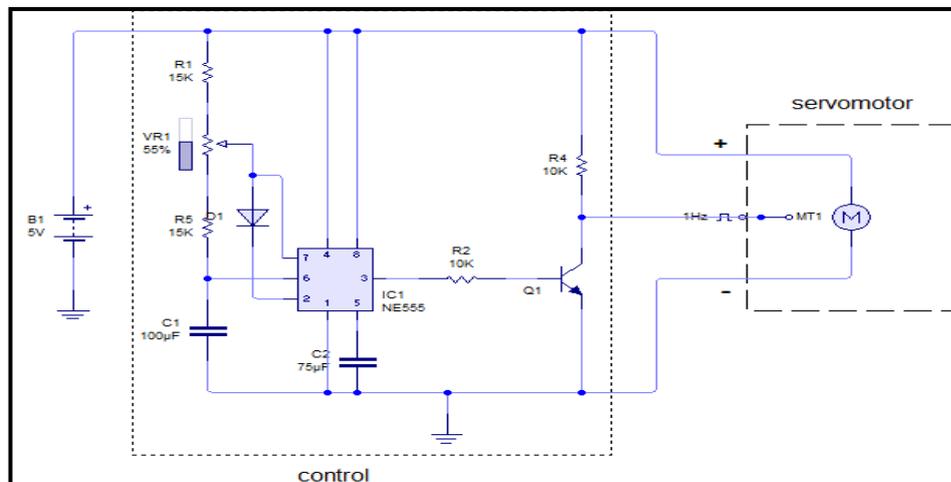


Figura 105 Diagrama del servomotor de entrada de aire

Tabla 46
Estado del servomotor de entrada de aire.

Elemento	Medida	Unidad	Estado	Diagnostico	V. de prueba
Impulsos del servomotor de entrada de aire	Min: 0 Max: 255	Impulsos	Recirculation: 19 Fresh: 7	•	6
Impulsos reales del servomotor de entrada de aire	Min: 0 Max: 255	Impulsos	Recirculation: 19 Fresh: 7	•	6

En caso de tener un DTC comprobar el sistema mediante la siguiente tabla:

Tabla 47
DTC del servomotor de entrada de aire

DTC	Condición	área afectada
B144/42	El valor de posición de la entrada de aire no cambia aunque el amplificador del A/C accione el servomotor	Servomotor de control de entrada de aire Mazo de cables del aire acondicionado Amplificador de A/C

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.11.5 Compresor

- Se debe tener mucho cuidado con este componente en su interior consta de circuito de alta tensión usar guantes aislantes de corriente
- Extraer las tomas de servicio de alta tensión antes de realizar la inspección
- No arrancar el motor con el enganche de la toma de servicio por que podría producirse un DTC
- No debe tocar los conectores ni los terminales de alta tensión durante 10 minutos después de haber extraído el compresor
- Desconecte el conector del compresor con el motor



Figura 106 Compresor de aire acondicionado

- Retirar la placa de control del compresor



Figura 107 Placa de control del compresor

- Medir con el multímetro automotriz la resistencia
- En la siguiente tabla se van a detallar los valores específicos

Tabla 48

Estado del compresor de aire acondicionado

Conexión	Estado	Estado específico
PE1 – Masa	Siempre	2.5 MΩ
PB2- Masa	Siempre	2.6 MΩ

3.12 Módulo de control

3.12.1 Panel de control del aire acondicionado

- Arrancar el motor
- Pulsar el conjunto del aire acondicionado “AUTO” y el interruptor de Recirculación/Aire limpio



Figura 108 Panel de control del aire acondicionado

- Inspeccionar los indicadores y comprobar si se encienden y se apagan 4 veces seguidas en intervalos de 1 segundo



Figura 109 Inspección de los indicadores del panel de control

Inspeccionar el mazo de cables y el conector del conjunto de control del aire acondicionado

- Desconectar el conector del conjunto de control de A/C
- Medir la resistencia entre pines del conector y la masa según la siguiente tabla:

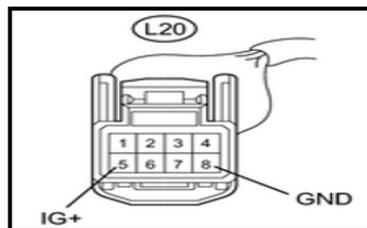


Figura 110 Conector del conjunto de control de aire acondicionado

Tabla 49

Estado del conector del control del aire acondicionado.

Conexión	Estado	V. Especifico
GND - Masa	Siempre	Inferior a 1 Ω
IG+ - GND	Interruptor de IG activado	11 a 14 v

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.12.2 Amplificador de aire acondicionado

- (a) Extraer el amplificador de A/C sin desconectar los conectores
- (b) Medir la tensión según los valores de la siguiente tabla

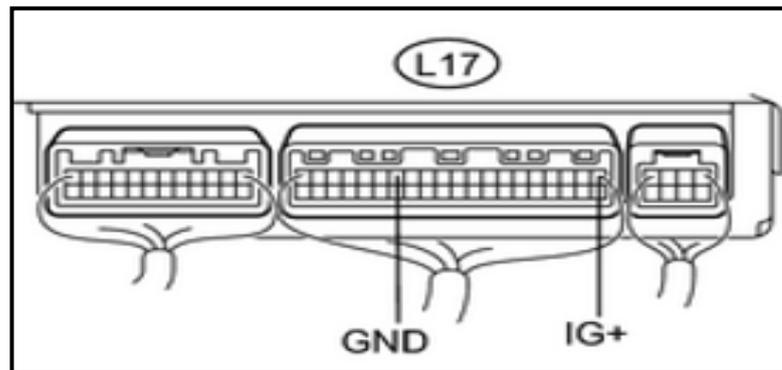


Figura 111 Conector del amplificador de A/C

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 50

Estado del amplificador de A/C.

Conexión	Estado	V. especifico
IG+ - GND	Interruptor de encendido desactivado	Inferior a 1v
IG+ - GND	Interruptor de encendido activado	11 a 14 v

Fuente: (TOYOTA, 2010)

En caso de anomalías en el conector reemplazar o revisar el mazo de cables

3.12.3 Fusible eléctrico del vehículo

Antes de proceder a esta prueba se recomienda usar guantes aislantes

- (a) Poner el interruptor de encendido en posición off
- (b) Quitar el enganche de la toma de servicio

- (c) Tener precaución en no tocar los terminales de alta tensión durante 10 minutos después de haber extraído el enganche de la toma de servicio
- (d) Tomar en cuenta de no arrancar el vehículo, se produce un DTC
- (e) Retirar la cubierta del terminal del inversor
- (f) Asegurar que no entren partículas extrañas en el conjunto del inversor
- (g) Comprobar que los pernos A y B estén bien apretados

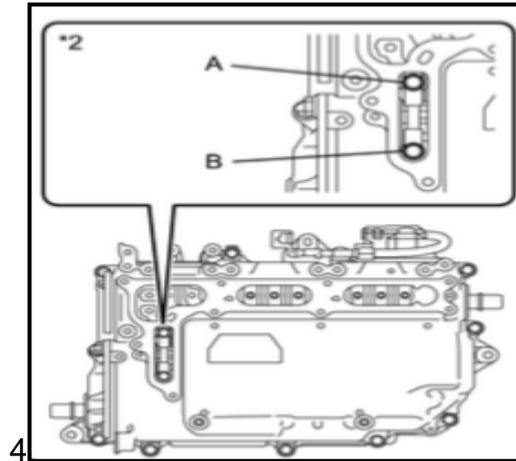


Figura 112 Conjunto del inversor con transformador

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- (h) Medir la resistencia con los valores de la siguiente tabla:

Tabla 51
Estado del conjunto del inversor

Elemento	Estado	V. específico
Fusible ELECTRIC VEHICLE (A – B)	Siempre	Inferior a 1 Ω

Fuente: (TOYOTA, 2010)

En caso de estar defectuoso el fusible reemplácelo

EL inversor al tener un problema presenta un DTC detallado en la tabla 43.

Tabla 52
DTC del conjunto del inversor.

DTC	Condición	Área afectada
B1948/98	<ul style="list-style-type: none"> • Error en la línea de comunicación o circuito abierto entre la ECU de control y el conjunto del compresor • Se corta la fuente de potencia de alta tensión 	<ul style="list-style-type: none"> • Mazo de cables o conector entre la ECU y el conjunto del compresor • ECU gestión de alimentación • Conector del compresor y el inversor • Fusible eléctrico • Sistema de comunicación CAN • Sistema de control híbrido

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.12.4 Inspección del cable N° 2 del motor

- Usar guantes aislantes
- Desconectar el conector del cable del motor
- Medir la resistencia mediante la siguiente tabla.



Figura 113 Cable N° 2 del motor.

Tabla 53
Estado del cable N° 2 del motor

Conexión	Estado	V. específico
PE – ACPE	siempre	Inferior a 1 Ω
PB – ACPB	Siempre	Inferior a 1 Ω
PE – Masa	Siempre	10 kΩ o más
PB – Masa	Siempre	10 kΩ o más

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Si se encuentra en mal estado el cable reemplazarlo y reemplazar el conjunto del compresor

3.13 Carga de refrigerante

3.13.1 Compruebe el volumen del refrigerante

- a) Inspeccionar el visor del tubo y accesorios del air acondicionado
(1) Preparar el vehículo con los siguientes datos

Tabla 54
Estado del vehículo para la prueba de volumen

Elemento	Estado
Puerta del vehículo	Abierta
Ajuste de temperatura	Max cool
Velocidad del soplador	HI
A/C	ON

Fuente: (TOYOTA, 2010)

- (2) Comparar el visor con la siguiente tabla

Tabla 55
Averías del sistema de aire acondicionado

Orden	Síntoma	Cantidad de refrigerante	Medida correcta
1	Burbujas	Insuficiente	<ul style="list-style-type: none">- Asegúrese que no exista fugas de gas y repara si es necesario- Recargue la cantidad adecuada de refrigerante
2	No existen burbujas	Cantidad insuficiente o excesiva	<ul style="list-style-type: none">- Asegúrese que no exista fugas de gas y repara si es necesario- Vacíe el sistema de A/C y recargue el nivel de refrigerante
3	No hay diferencias de temperatura entre la entrada y salida del compresor	Recipiente vacío	<ul style="list-style-type: none">- Revise que no existan fugas de gas y repare si es necesario- Vacíe el sistema de A/C y añada la

CONTINÚA



			cantidad correcta de refrigerante
4	Existe una diferencia de temperatura entre la entrada y salida del compresor	Excesiva	- Recuperar el refrigerante - Vacíe el sistema de A/C y añada la cantidad correcta de refrigerante
5	Inmediatamente después de apagar el aire acondicionado, el refrigerante permanece limpio	Excesiva	- Recuperar el refrigerante - Vacíe el sistema de A/C y añada la cantidad correcta de refrigerante
6	Inmediatamente después de apagar el aire acondicionado, el refrigerante forma espuma y se aclara	Correcta	

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.13.2 Compruebe la presión del refrigerante con el manómetro

Leer la presión del manómetro del colector con las siguientes condiciones:

- La temperatura de entrada de aire es de 30 °C
- El control de temperatura en posición COOL
- El A/C encendido
- Las puertas del vehículo están abiertas

(1) Revisar que el sistema de refrigeración funcione normalmente

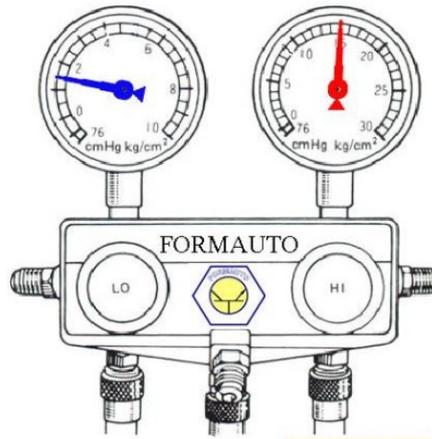


Figura 114 Manómetros de presión

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 56

Especificación de presiones del sistema de aire acondicionado

Presiones	Volumen de refrigerante
Baja	150 a 250 kPa (22 a 36 lb/pulg ²)
Alta	1,370 a 1,570 KPa (199 a 228 lb/pulg ²)

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(2) Existe humedad en el sistema

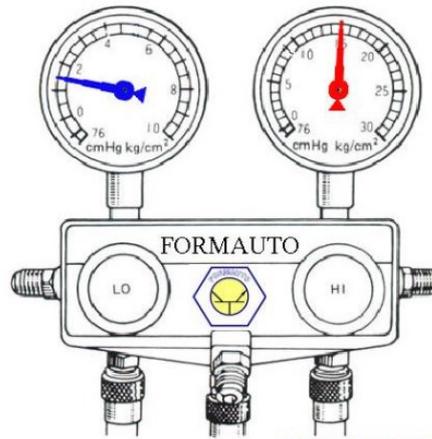


Figura 115 Estado del manómetro al comprobar la presión en el sistema

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 57
Anomalías de humedad en el sistema.

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
Durante el funcionamiento, la presión en el lado de baja presión realiza un ciclo completo y vacío	<ul style="list-style-type: none"> La humedad del sistema del A/C se congela en la válvula de expansión, haciendo que el ciclo de refrigeración se interrumpa Después de que el sistema se detenga y se vuelva a calentar, el hielo se derrite y se reanuda provisionalmente el funcionamiento normal 	1 Saturación del secador del enfriador. 2 La humedad en el sistema de refrigeración se congela en la válvula de expansión y bloquea la circulación del refrigerante	1 Reemplace el secador del enfriador 2 Elimine la humedad del sistema evacuando el aire 3 Añada la cantidad adecuada de refrigerante nuevo

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(3) Refrigeración insuficiente

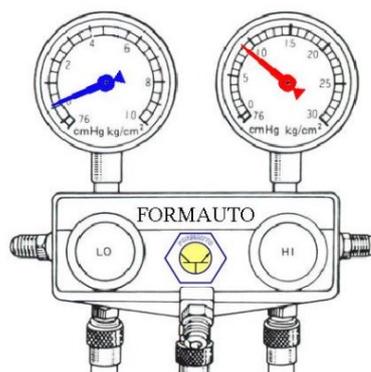


Figura 116 Rango del manómetro cuando la refrigeración insuficiente.

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 58
Anomalías de refrigeración insuficiente.

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
<ul style="list-style-type: none"> La presión esta baja en el sistema Se ve burbujas continuamente Rendimiento de refrigeración insuficiente 	Fugas de gas en el sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad insuficiente de refrigerante Fugas de refrigerante 	1. Asegúrese que no exista fugas y repare si es necesario 2. Añada la cantidad adecuada del refrigerante

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(4) La circulación del refrigerante es deficiente

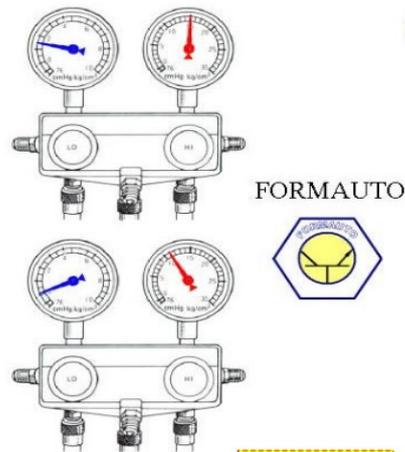


Figura 117 Rango de la presión del refrigerante es insuficiente

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 59 Anomalías del refrigerante deficiente

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
<ul style="list-style-type: none"> La presión esta baja en el sistema Hay escarcha en las tuberías entre el condensador y la unidad 	El flujo esta obstruido por la suciedad de las tuberías del condensador	El acumulador esta obstruido	Sustituya el condensador

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(5) El refrigerante no circula

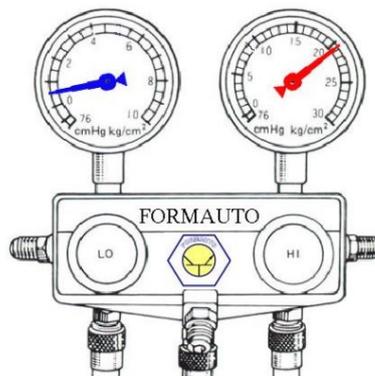


Figura 118 Rango de medición el manómetro del refrigerante no circula

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 60
Anomalías del refrigerante no circula

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
Aparece escarcha en los tubos entre el acumulador/secador o la válvula de expansión	<ul style="list-style-type: none"> El fluido refrigerante está obstruido por humedad o suciedad El flujo de refrigerante está interrumpido por fugas de gas de la válvula de expansión 	El refrigerante no circula	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione la válvula de expansión Reemplace la válvula de expansión Sustituya el condensador Purgue el aire del sistema y suministre la cantidad de refrigerante nuevo

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(6) Hay aire en el sistema de refrigeración

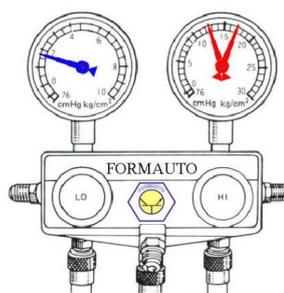


Figura 119 Rango de medición al estar aire en el sistema

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 61
Anomalías al estar aire en el sistema

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
<ul style="list-style-type: none"> La presión se encuentra demasiado alta Los tubos de baja presión están sobrecalentados Se observa burbujas a través del visor 	Aire en el sistema	<p>Aire en el sistema de refrigeración</p> <p>Purga de vacío insuficiente</p>	<ol style="list-style-type: none"> Compruebe que el aceite del compresor no este sucio o insuficiente Vacíe el sistema y llene con refrigerante nuevo

Fuente: (TOYOTA, 2010)

(7) Anomalías en la válvula de expansión

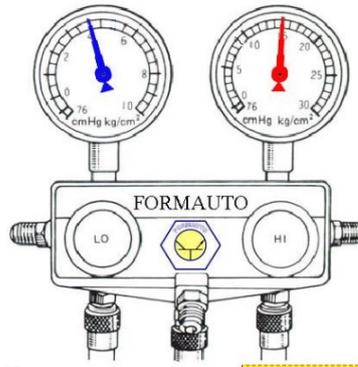


Figura 120 Rango de medición de la válvula de expansión

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 62
Anomalías de la válvula de expansión.

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
<ul style="list-style-type: none"> • La presión se encuentra demasiado alta • Escarcha en las tuberías de baja presión 	Válvula de expansión se encuentra obstruida	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de refrigerante en los tubos de baja presión • Válvula de expansión demasiado abiertas 	Inspeccione la válvula de expansión

Fuente: (TOYOTA, 2016)

(8) Compresión insuficiente del compresor

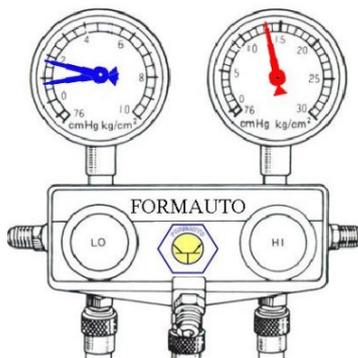


Figura 121 Rango de medición al estar la compresión insuficiente

Fuente: (TOYOTA, 2010)

Tabla 63
Anomalías de la compresión insuficiente

Síntoma	Causa	Diagnóstico	Solución
<ul style="list-style-type: none"> La presión es demasiado alta en el circuito de baja y alta presión La presión es baja en circuito de alta presión 	Fuga interna en el compresor	<ul style="list-style-type: none"> Baja compresión Fugas por una válvula o piezas rota 	Reemplace el compresor

Fuente: (TOYOTA, 2016)

- Lectura referencial del manómetro

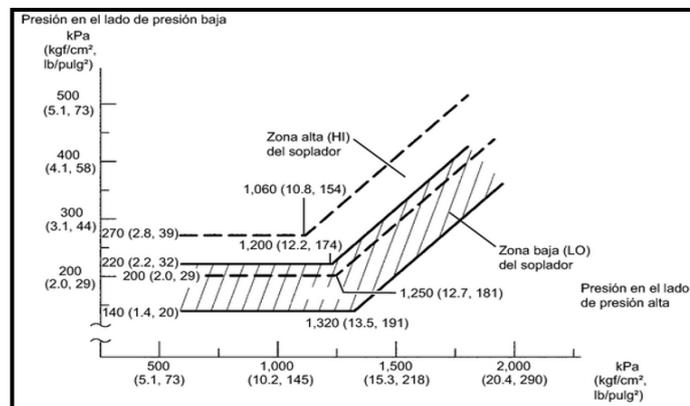


Figura 122 Diagrama de presión del manómetro

Fuente: (TOYOTA, 2010)

3.13.3 Recuperación del refrigerante en el sistema de refrigeración

- Accionar el interruptor de A/C
- Funcionar el sistema de aire acondicionado a 25 °C y el nivel del soplador en LO durante 10 minutos para hacer circular el refrigerante
- Colocar el interruptor de encendido en posición OFF.
- Recuperar el refrigerante del sistema de A/C.

(a) Añada refrigerante

- Realizar la purga del vacío de la bomba
- Añadir refrigerante R13a
- Verificar cantidad recomendada es 333 de 470 g (116.6oz)

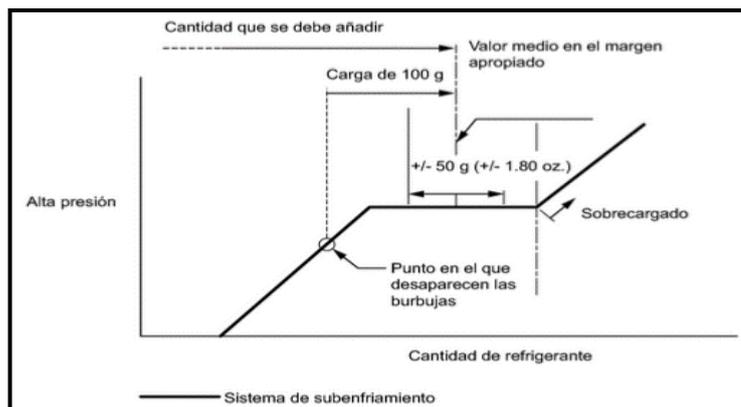


Figura 123 Diagrama de la cantidad de refrigerante del sistema

Fuente: (TOYOTA, 2010)

NOTA:

No encender el aire acondicionado antes de poner refrigerante, se sobrecalentado. Es necesario añadir unos 100 g. (3.53 oz) de refrigerante, cuando desaparezcan las burbujas y comprobar el nivel de refrigerante.

3.13.4 Carga de refrigerante.

- Antes de cargar el fluido refrigerante, debe hacerse el vaciado de la instalación.
- En el proceso del vaciado se debe eliminar el aire y la humedad que contenga el sistema.
- La humedad al estar en contacto con los componentes metálicos puede oxidar el sistema y provocar la corrosión del mismo
- Para llevar a cabo este proceso se tiene conectado la estación de carga al circuito como se muestra en la figura 133.
- El vacío se realiza mediante una bomba con los manómetros de alta y baja presión

- La depresión generada por la bomba de vacío es aplicada al sistema de aire acondicionado, ya que se efectúa el vacío tanto en el lado de baja y alta presión.
- Esta operación de vacío se tiene una duración aproximada de 45 minutos según la capacidad de la bomba de vacío.



Figura 124 Vacío del sistema de aire acondicionado

- Observar que el sistema este despresurizado.



Figura 125 Manómetros de alta y baja presión

- Terminado el proceso desconectar la bomba de vacío
- Cierre las válvulas de presión evitando que entre aceite de la bomba al circuito.
- Durante el proceso de carga se introduce la cantidad adecuada de refrigerante en el circuito de aire acondicionado.
- Esta operación se debe realizar tanto en el lado de baja como de alta presión

- Se recomienda que por primera vez se realice la carga del sistema por el lado de alta presión hasta completarlo
- Para efectuar la carga el motor debe estar parado y a temperatura ambiente, pues si es lo contrario la presión del fluido será enseguida más elevada dentro del circuito que el cilindro se carga



Figura 126 Carga del refrigerante

- El líquido refrigerante se introduce de forma líquida por el lado de alta presión



Figura 127 Conexión de la válvula de alta presión

- Se debe abrir la válvula de entrada de líquido y de alta presión (color rojo)



Figura 128 válvulas de alta y baja presión.

- El fluido empieza a entrar en el circuito descendiendo el nivel del mismo en el cilindro de carga
- Cuando ha terminado el proceso la misma cantidad del fluido debe estar en el sistema como recomienda el fabricante generalmente entre 800 y 1000 g
- Cerrar las válvulas para finalizar la operación



Figura 129 Cierre de las válvulas de alta y baja presión

3.14 Autonomía vehicular respecto del estado de batería de alta tensión y tipo de conducción.

3.14.1 Plena carga y régimen variado (SOC)

- Conectar la interface del Techstream al conector CAN del vehículo
- Arrancar el motor del vehículo



Figura 130 Indicador del módulo de energía del Toyota prius

- Tomar datos de temperatura exterior e interior de la cabina registrar la hora de inicio y fin de la prueba
- Comunicación entre el scanner y el vehículo

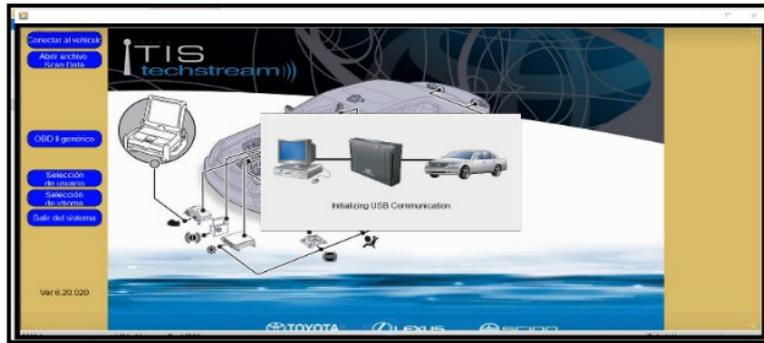


Figura 131 Conexión del interface

- Seleccionar información del vehículo

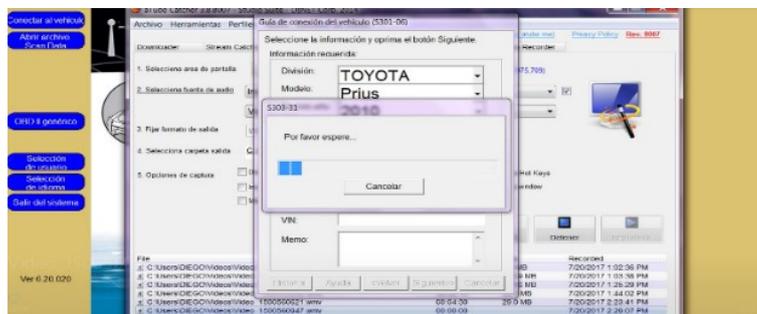


Figura 132 Información del vehículo

- Abrir archivo Scan Data
- Seleccionar en el menú de sistemas control híbrido

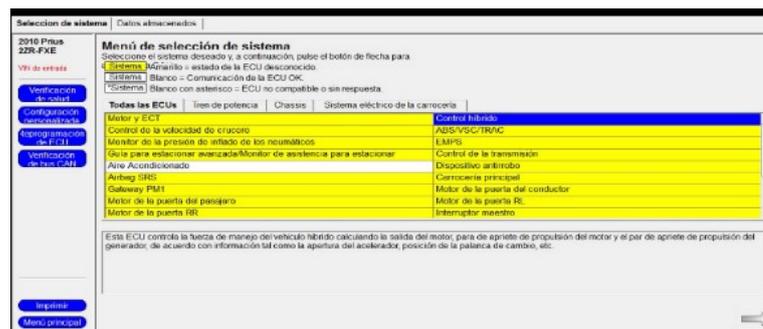


Figura 133 Menú de selección de sistemas

- Verificar es estado de las baterías a diferentes niveles de temperatura activado el A/C graduando la temperatura interior de la cabina a 22° C.
- Esta prueba se realiza a régimen variado y con el aire acondicionado activado

Realizar una tabla del consumo de la energía de la batería a régimen variado y accionado el aire acondicionado

Tabla 64
Valores del estado de la batería híbrida

Elemento	Unid.	V. de prueba						
		1	5	9	13	18	24	31
Velocidad del motor del soplador								
Estado de cambio (All Bat)	%	42.7	43.9	47.0	47.8	49.0	50.1	53.0
Recursos de energía VB	V	208.0	216.0	221.0	235.0	224.0	219.0	222.0
Recursos de energía IB	A	8.80	-4.89	28.35	-22.97	19.06	29.86	35.68
VL-Voltaje antes del Impulso	V	207	216	219	237	222	203	219
VH – Voltaje después de impulsar	V	207	217	218	500	221	464	219
A/C Potencia de consumo	W	400	350	500	550	600	900	1050
Inversor W/P	RP	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Revolución	M							
Presión de atmosfera	PSI	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
Par de generación	Nm	-10.9	-25.3	-28.0	-24,0	-29.5	-28.8	-17
Vol. Auxiliar batt	V	14.22	14.20	14.24	14.22	14.22	14.20	14.22
Valor de control de carga	KW	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0
Valor de control de descarga	KW	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0

3.14.2 Bajo régimen y generación

- Estado de la batería híbrida a bajo régimen de temperatura y accionado el A/C, verificaron del estado del SOC de la batería híbrida.

Tabla 65
Datos de prueba a bajo régimen de carga

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
+B	13.59	V	Batt Block Minimum Vol	16.40	V
State of Charge (All Bat)	50.5	%	Batt Block Max Vol	16.53	V
Power Resource VB	232.0	V	Battery Block Vol -V01	16.40	V
Power Resource IB	-54.25	A	Battery Block Vol -V02	16.45	V
Cooling Fan 0	57.0	%	Battery Block Vol -V03	16.53	V
Cooling Fan Relay	ON		Battery Block Vol -V04	16.55	V
SOC after IG-ON	10.5	%	Battery Block Vol -V05	16.60	V
Status of Charge Max	67.0	%	Battery Block Vol -V06	16.55	V
Status of Charge Min	10.5	%	Battery Block Vol -V07	16.45	V
Inter Lock Switch	OFF		Battery Block Vol -V08	16.45	V
Prohibit Charge for P Pos	OFF		Battery Block Vol -V09	16.45	V
Delta SOC	0.0	%	Battery Block Vol -V10	16.50	V
Batt Pack Current Val	-54.90	A	Battery Block Vol -V11	16.53	V
Inhaling Air Temp	31.2	C	Battery Block Vol -V12	16.50	V
VMF Fan Motor Voltage1	3.0	V	Battery Block Vol -V13	16.40	V
Charge Control Value	-25.0	KW	Battery Block Vol -V14	16.45	V
Discharge Control Value	21.0	KW	Internal Resistance R01	0.023	ohm
Cooling Fan Mode1	3		Internal Resistance R02	0.022	ohm
Temp of Batt TB1	39.5	C	Internal Resistance R03	0.023	ohm
Temp of Batt TB2	39.8	C	Internal Resistance R04	0.022	ohm
Temp of Batt TB3	39.1	C	Internal Resistance R05	0.023	ohm

- Estado de la batería híbrida a medio régimen de temperatura y accionado el A/C.

Tabla 66
Datos de prueba a medio régimen de carga

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
+B	14.23	V	Batt Block Minimum Vol	17.43	V
State of Charge (All Bat)	74.5	%	Batt Block Max Vol	17.60	V
Power Resource VB	244.0	V	Battery Block Vol -V01	17.53	V
Power Resource IB	6.84	A	Battery Block Vol -V02	17.43	V
Cooling Fan 0	36.5	%	Battery Block Vol -V03	17.43	V
Cooling Fan Relay	ON		Battery Block Vol -V04	17.53	V
SOC after IG-ON	10.5	%	Battery Block Vol -V05	17.44	V
Status of Charge Max	74.0	%	Battery Block Vol -V06	17.53	V
Status of Charge Min	10.5	%	Battery Block Vol -V07	17.48	V
Inter Lock Switch	OFF		Battery Block Vol -V08	17.58	V
Prohibit Charge for P Pos	OFF		Battery Block Vol -V09	17.53	V
Delta SOC	0.0	%	Battery Block Vol -V10	17.58	V
Batt Pack Current Val	4.96	A	Battery Block Vol -V11	17.41	V
Inhaling Air Temp	30.8	C	Battery Block Vol -V12	17.53	V
VMF Fan Motor Voltage1	1.6	V	Battery Block Vol -V13	17.53	V
Charge Control Value	-14.0	KW	Battery Block Vol -V14	17.58	V
Discharge Control Value	21.0	KW	Internal Resistance R01	0.023	ohm
Cooling Fan Mode1	3		Internal Resistance R02	0.022	ohm
Temp of Batt TB1	41.2	C	Internal Resistance R03	0.023	ohm
Temp of Batt TB2	41.5	C	Internal Resistance R04	0.022	ohm
Temp of Batt TB3	40.9	C	Internal Resistance R05	0.023	ohm

- Estado de la batería híbrida a alto régimen de temperatura y accionado el A/C.

Tabla 67
Datos de prueba a alto régimen de carga

Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
+B	14.21	V	Batt Block Minimum Vol	16.94	V
State of Charge (All Bat)	77.6	%	Batt Block Max Vol	17.09	V
Power Resource VB	239.0	V	Battery Block Vol -V01	17.04	V
Power Resource IB	3.91	A	Battery Block Vol -V02	16.99	V
Cooling Fan 0	53.0	%	Battery Block Vol -V03	16.97	V
Cooling Fan Relay	ON		Battery Block Vol -V04	17.04	V
SOC after IG-ON	10.5	%	Battery Block Vol -V05	16.99	V
Status of Charge Max	77.0	%	Battery Block Vol -V06	17.04	V
Status of Charge Min	10.5	%	Battery Block Vol -V07	17.02	V
Inter Lock Switch	OFF		Battery Block Vol -V08	17.06	V
Prohibit Charge for P Pos	ON		Battery Block Vol -V09	17.02	V
Delta SOC	0.0	%	Battery Block Vol -V10	17.06	V
Batt Pack Current Val	4.15	A	Battery Block Vol -V11	16.94	V
Inhaling Air Temp	31.4	C	Battery Block Vol -V12	17.04	V
VMF Fan Motor Voltage1	2.8	V	Battery Block Vol -V13	17.02	V
Charge Control Value	0.0	KW	Battery Block Vol -V14	17.09	V
Discharge Control Value	21.0	KW	Internal Resistance R01	0.023	ohm
Cooling Fan Mode1	3		Internal Resistance R02	0.022	ohm
Temp of Batt TB1	42.8	C	Internal Resistance R03	0.023	ohm
Temp of Batt TB2	43.1	C	Internal Resistance R04	0.022	ohm
Temp of Batt TB3	42.6	C	Internal Resistance R05	0.023	ohm

Realizar la tabla y compara los datos obtenidos

Tabla 68
Valores obtenidos de la prueba por medio del Techstream

Elemento	Unid.	V. de prueba		
Velocidad del motor del soplador	1	18	31	
Estado de cambio (All Bat)	%	50.5	74.5	77.6
Recursos de energía VB	V	232.0	224.0	239.0
Recursos de energía IB	A	-54.25	6.84	3.91
Inversor W/P Revolución	Rpm	3500	3500	3500
Presión de atmosfera	PSI	-4	-4	-4
Vol. Auxiliar batt	V	14.22	14.20	14.24
Valor de control de carga	KW	-25.0	-25.0	-25.0
Valor de control de descarga	KW	21.0	21.0	21.0

- Estado del consumo del batería accionado el aire acondicionado a diferentes niveles de funcionamiento para su comprobación.

Tabla 69
Estado del consumo del compresor en W a bajo régimen.

Datos almacenados Control híbrido En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
MAP	-4	psi(gauge)	State of Charge (All Bat)	41.5	%
Atmosphere Pressure	-4	psi(gauge)	Master Cylinder CtrI Trq	0.0	Nm
Number of Emission DTC	0		Power Resource VB	204.0	V
Motor(MG2) Revolution	2	rpm	Power Resource IB	7.82	A
Motor(MG2) Torq	0.00	Nm	VL-Voltage before Boosting	203	V
M(MG2) Trq Exec Val	0.00	Nm	VH-Voltage after Boosting	204	V
Generator(MG1) Rev	0	rpm	Boost Ratio	0.0	%
Generator(MG1) Torq	0.00	Nm	Drive Condition ID	0	
G(MG1) Trq Exec Val	0.00	Nm	Shift Sensor Main	2.51	V
Regenerative Brake Torq	0.0	Nm	Shift Sensor Sub	2.51	V
Rqst Regen Brake Torq	0.0	Nm	Shift Sensor Select Main	1.54	V
Inverter Temp-(MG1)	39	C	Shift Sensor Select Sub	1.44	V
Inverter Temp-(MG2)	39	C	Shift Sensor Shift Pos	P	
Motor Temp No2	64	C	Crank Position	27	deg (CA)
Motor Temp No1	64	C	A/C Consumption Par	950	W
Accelerator Degree	0.0	%	Short Wave Highest Val	4.98	V
Request Power	0	W	MG1 Control Mode	0	
Target Engine Rev	0	rpm	MG1 Carrier Frequency	3.75	KHz
Engine Rev (Sensor)	0	rpm	MG2 Control Mode	0	
			MG2 Carrier Frequency	2.50	KHz

- Estado del consumo del batería accionado el aire acondicionado a medio nivel de temperatura.

Tabla 70

Estado del consumo del compresor en W a medio régimen

Datos almacenados Control híbrido En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
MAP	-7	psi(gauge)	State of Charge (All Bat)	39.2	%
Atmosphere Pressure	-4	psi(gauge)	Master Cylinder Ctri Trq	0.0	Nm
Number of Emission DTC	0		Power Resource VB	215.0	V
Motor(MG2) Revolution	1	rpm	Power Resource IB	-18.08	A
Motor(MG2) Torq	-15.13	Nm	VL-Voltage before Boosting	215	V
M(MG2) Trq Exec Val	-13.63	Nm	VH-Voltage after Boosting	217	V
Generator(MG1) Rev	4174	rpm	Boost Ratio	0.0	%
Generator(MG1) Torq	-15.38	Nm	Drive Condition ID	3	
G(MG1) Trq Exec Val	-13.00	Nm	Shift Sensor Main	2.51	V
Regenerative Brake Torq	0.0	Nm	Shift Sensor Sub	2.51	V
Rqst Regen Brake Torq	0.0	Nm	Shift Sensor Select Main	1.54	V
Inverter Temp-(MG1)	40	C	Shift Sensor Select Sub	1.44	V
Inverter Temp-(MG2)	43	C	Shift Sensor Shift Pos	P	
Motor Temp No2	64	C	Crank Position	2	deg (CA)
Motor Temp No1	64	C	A/C Consumption Pwr	1000	W
Accelerator Degree	0.0	%	Short Wave Highest Val	4.98	V
Request Power	9200	W	MG1 Control Mode	2	
Target Engine Rev	1180	rpm	MG1 Carrier Frequency	5.00	kHz
Engine Rev (Sensor)	1181	rpm	MG2 Control Mode	0	
			MG2 Carrier Frequency	2.50	kHz

Estado del consumo del batería accionado el aire acondicionado a medio nivel de temperatura.

Tabla 71

Estado del consumo de funcionamiento del compresor en W a alto régimen

Datos almacenados Control híbrido En vivo					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
State of Charge (All Bat)	49.4	%	Num of Current Code	0	
Master Cylinder Ctri Trq	0.0	Nm	Num of History Code	0	
Power Resource VB	229.0	V	Check Mode	OFF	
Power Resource IB	7.33	A	Calculate Load	0.0	%
VL-Voltage before Boosting	228	V	Throttle Position	16.0	%
VH-Voltage after Boosting	228	V	DCDC Cnv Tar Pulse Duty	61.7	%
Boost Ratio	0.0	%	Inverter Coolant Water Temperature	42	C
Drive Condition ID	0		Cooling Fan 0	35.5	%
Shift Sensor Main	2.51	V	Cooling Fan Relay	ON	
Shift Sensor Sub	2.51	V	Inverter W/P Revolution	3500	rpm
Shift Sensor Select Main	1.54	V	Prohibit DC/DC conv sig	OFF	
Shift Sensor Select Sub	1.44	V	EV Request	OFF	
Shift Sensor Shift Pos	P		Request Driving Force	0.0	N
Crank Position	43	deg (CA)	Primary DF Rqst on CCS	Pedal	
A/C Consumption Pwr	1050	W	Operator Override	Notctrl	
Short Wave Highest Val	4.98	V	Accelerator Info for DSS	OFF	
MG1 Control Mode	0		Gradient of Road Surface	-0.1	m/s2
MG1 Carrier Frequency	3.75	kHz	TRC OFF Switch	OFF	
MG2 Control Mode	0		IPA Creep up Rate	1.0	
MG2 Carrier Frequency	2.50	kHz	IPA Control Signal	OFF	
			Permit Start by Immobiliser	Normal	

Tabla 72

Valores del consumo de potencia del A/C

Elemento	Unid.	V. de prueba		
Velocidad del motor del soplador		1	18	31
Estado de cambio (All Bat)	%	41.5	39.2	49.8
Recursos de energía VB	V	204.0	215.0	229.0
Recursos de energía IB	A	7.82	-18.08	7.33
VL-Voltaje antes del Impulso	V	203	215	228
VH – Voltaje después de impulsar	V	204	217	228
A/C Potencia de consumo	W	950	1000	1050
Inversor W/P Revolución	Rpm	3500	3500	3500
Presión de atmosfera	PSI	-4	-4	-4
Vol. Auxiliar batt	V	14.22	14.20	14.24

CONTINÚA 

Valor de control de carga	KW	-25.0	-25.0	-25.0
Valor de control de descarga	KW	21.0	21.0	21.0

3.14.3 Aceleración y frenado

En este caso de aceleración con aire acondicionado la batería envía más voltaje al compresor y al motor generador, MG2, en este caso el consumo de la batería indica entre 1 y 4 amperios más de consumo de corriente en relación cuando no está funcionando del compresor.

Para el frenado el MG2, envía corriente de carga a la batería (HV), y está por medio del relé ubicado en la batería envía corriente al compresor y a su vez la batería se va cargando.



Figura 134 monitoreo de la batería en aceleración

3.14.4 Conducción y consumo

Al momento de hacer prueba de ruta con el vehículo Toyota Prius, por medio del scanner techstreaming en el módulo de aire acondicionado se refleja el consumo de potencia del compresor, mientras se aumenta la intensidad del soplador el compresor aumenta su consumo e igual mientras más velocidad alcanzo en el vehículo la batería (HV), envía más amperaje superando los 50 Amperios a una tensión que supera los 500 voltios, según la demanda de potencia del motor

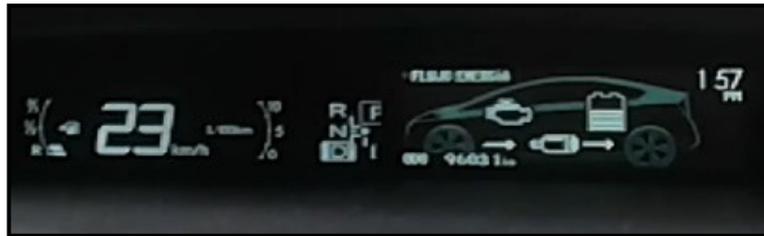


Figura 135 monitoreo de la batería en conducción



Figura 136 monitoreo de la batería descarga de la batería

3.14.5 Aceleración brusca y frenado

Al acelerar a fondo el vehículo se esfuerza totalmente que enciende el motor de combustión interna y la batería envía corriente a los motores a máxima potencia, esto es malo para las baterías, ya que las aceleraciones brutas disminuyen la vida útil.



Figura 137 monitoreo de la batería a aceleración brusca

En el frenado la batería es cargada por el motor regenerativo, esto permite una rápida carga de la batería, por eso es aconsejable usar la opción B de la palanca de cambios, cuando haya alto índice de frenado como en vías descendentes, esto permite un gran ahorro en combustible.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENOVACIÓN DE CAUDAL DE AIRE.

El método utilizado es referente a la norma INEN NTE 2902, complementando con la norma de la ASHRAE de sistemas de climatización para pruebas de flujo de aire y temperatura en el habitáculo, realizar diseños de los habitáculos de los vehículos, por medio del software de simulación Ansys, indicar gráficamente el movimiento del aire renovado en todo el habitáculo con los valores de los flujos de pruebas realizado en los vehículos , estos valores serán las condiciones para realizar las simulaciones.

4.1 Equipos

Los equipos que se utilizaron para las pruebas y las simulaciones son: Anemómetro, vehículos, scanner, programas de diseño.

4.1.1 Vehículos

Los vehículos en los que se realizó las pruebas de flujo de aire y temperatura en el habitáculo son; marca Ford con el modelo Scape, la marca Toyota con el modelo Prius, Highlander, estos vehículos son de alta ergonomía y confort, son vehículos híbridos donde sus características son dadas en la tabla 58.

Tabla 73
Características de los Vehículos

Vehículo	Toyota Highlander	Toyota Prius	Ford Scape
Característica			
Tipo	SUV	Sedan	Jeep
Año	2010	2010	2010
Fabrica	del Denso	Denso	FoMoco (Denso)
compresor			
Voltaje de batería (HV)	201.6	300	300
Tipo de compresor	Compresor eléctrico	Compresor eléctrico	Compresor eléctrico

CONTINÚA



Tipo de sistema de A/C	Válvula de expansión	Válvula de expansión	Tubo de Orificio
Componentes	Compresor Evaporador Condensador Depósito-secador	Compresor Evaporador Condensador Depósito-secador	Compresor Evaporador Condensador Acumulador
Número de difusores	Frontal: 6 Pies:4	Frontal: 4 Pies:4	Frontal: 4 Pies:2

4.1.2 Anemómetro Smart Electric

Es un elemento evaluado por la [ASHRAE], [INEN], para realizar pruebas de flujo de aire y de temperatura, el valor de flujo de aire se puede obtener en dos unidades dependiendo de la necesidad, en km/h y m/s, la temperatura viene en (°C), también tiene la opción de capturar o congelar valores de flujo de aire o la temperatura.



Figura 138 Anemómetro Smart Electric

Para la medición del flujo de aire tener en cuenta las condiciones del sistema de aire acondicionado, realizando los respectivos mantenimientos para una correcta funcionalidad del sistema.

La verificación al sistema es:

- Revisar el filtro de aire, y filtro anti polen si lo posee.
- Revisar la caja de fusibles, principal y de accesorios, verificar que todos los fusibles, relés, estén funcionando correctamente.
- Verificar con el scanner si hay códigos de falla, si fuera el caso realizar la revisión, mantenimiento, reparación o cambio de los elementos que estén con problemas.

En esta prueba se obtiene el valor del flujo de aire que sale por los difusores, y la temperatura del aire, los valores son medidas de alta precisión y las visualiza de forma digital.

Según la norma INEN 2902, menciona que a 5cm de la salida del flujo de aire, tomar el anemómetro y colocar el probador de forma que el fluido ingrese paralelos a las aletas del medidor, el aire que fluye por las aletas gira un rotor que tiene una fricción muy baja, y devuelve un valor en la pantalla de la velocidad del aire.

Para tomar datos de la prueba realizada por el anemómetro basarse en la forma de la tabla 59

Tabla 74
Modelo de prueba

	Difusores			
Medición	1	2	3	N
Área útil [m ²]	Área de los difusores			
Velocidad [m/s]	V ₁	V ₂	V ₃	V _N
Caudal de aire [m ³ /s]	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q _N

4.1.3 Scanner

El scanner es el dispositivo electrónico que permite comunicarse con la red de comunicación del vehículo (CAN), el scanner que se seleccionó es de la marca Toyota, para realizar el ingreso al sistema de red del vehículo se debe conectar el DCL (Data Link Conector)

Este adaptador va conectado al interfaz que lee los protocolos y traduce los datos, para ingresar a la red del vehículo se debe realizar por medio de un pc portátil, un programa instalado en el ordenador se conecta al interfaz por medio de una línea serial, USB, para realizar este proceso se debe realizar el siguiente proceso:

- Ingresar al vehículo y ponerlo en contacto (ON), esto se lo hace presionando el botón en el tablero.

- Observar la ubicación del DCL de comunicación del vehículo, generalmente tiene en la parte inferior izquierda del tablero de control.
- Conectar el DCL del Scanner, tomar en cuenta que el conector ingrese de forma suave sin forzar su conexión, podría dañar los pines de conexión.
- Encender su pc portátil, conectar el USB serial del scanner al ordenador.
- Abrir en el ordenador el programa de techstream, con doble click e ingresar los datos del vehículo que pide el sistema.

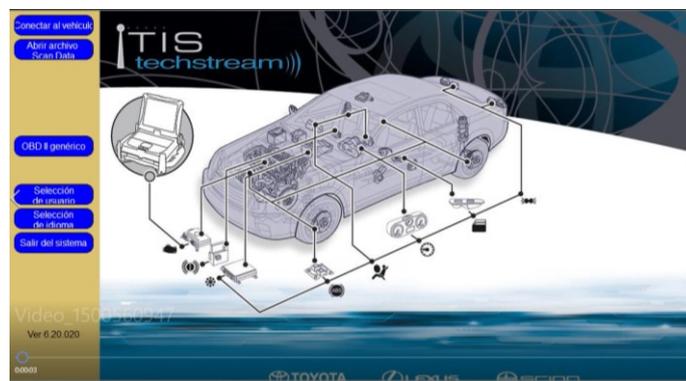


Figura 139 Programa techstream

- Si la conexión fue éxito se despliega una ventana con todas las computadoras que controlan a los diferentes sistemas del vehículo, o si sale un error, ingresar los datos correctamente e reintentar de nuevo.
- Del listado de controladores del sistema, ingresar a la ECU de aire acondicionado haciendo doble click.

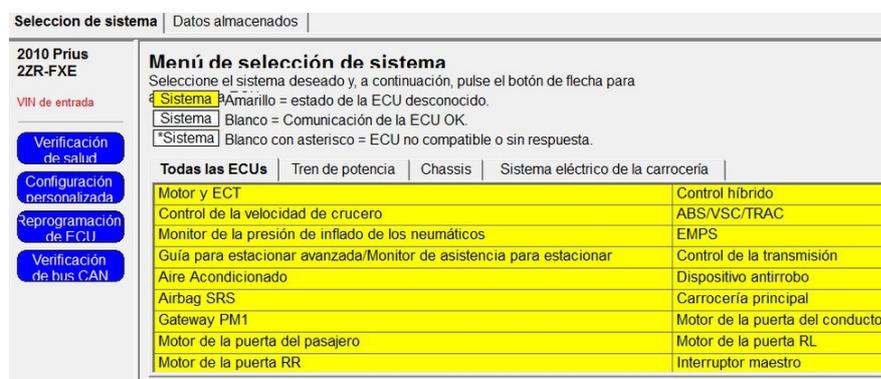


Figura 140 Ventana de selección de Ecus.

- Se abre un listado donde indica los elementos que conforman el sistema de aire acondicionado, principalmente los que tienen un control por medio de la computadora, o sensores que proveen de información para controlar los actuadores.

Selección de sistema		Datos almacenados		Aire Acondicionado En vivo	
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Room Temperature Sensor	29.50	C	Compressor Mode	Auto	
Ambient Temp Sensor	22.55	C	Noise and Vibration Reduction	OFF	
Adjusted Ambient Temp	21.36	C	ECO MODE Cancel	OFF	
Evaporator Fan Thermistor	5.65	C	ECO Switch	OFF	
Evaporator Target Temp	3.30	C	Foot/DEF Auto Mode	ON	
Solar Sensor (D Side)	27		Foot/DEF Auto Blow Up	ON	
Engine Coolant Temp	90.55	C	Ambient Temperature Shift	Normal	
Set Temperature (D Side)	18.0	C	Pls Servo Test Sts	Wait	
Blower Motor Speed Level	1		Compressor Drive Check	IG	
Regulator Pressure Sensor	112.95	psi(gauge)	Number of Trouble Codes	0	
Air Mix Servo Targ Pulse(D)	6				
Air Mix Servo Actual Pulse(D)	6				
Air Outlet Servo Pulse (D)	9				
Air Outlet Servo Actu Pulse(D)	9				
Air Inlet Damper Targ Pulse	19				
Air Inlet Damper Actual Pulse	19				
Compressor Speed	2504	rpm			
Compressor Target Speed	2490	rpm			
Shift Set Temperature	Normal				
Air Inlet Mode	Auto				

Figura 141 Sensores y actuadores controlados por la ECU

4.2 Programa de diseño y simulación.

Para realizar las simulaciones por medio de elementos finitos se siguen los siguientes pasos:

- Con el flexómetro, tomar medidas del vehículo de los elementos que constituyen el mismo como puertas, laterales, parabrisas, ventanas, tablero, asientos, etc.
- Con estas medidas por medio de SolidWork en 3D, diseñar todas las piezas del vehículo y después ser ensambladas dando como terminado el diseño completo del automóvil, en la tabla 60, se observa un plano del vehículo Toyota Highlander, todas las medidas son reales, de acuerdo a las medidas tomadas desde los diseños reales.

Tabla 75
Diseño en SolidWorks de vehículos.

Vehículo	Diseño
Toyota Highlander	

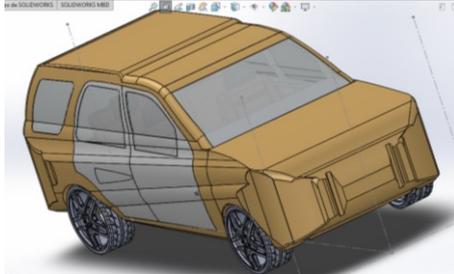
CONTINÚA



Toyota Prius



Ford Scape



- Con los diseños terminados, realizar las simulaciones del comportamiento del fluido en el habitáculo.
- El aire por ocupar un volumen en el espacio, el método para realizar las simulaciones es por el programa de análisis dinámico de fluidos (ANSYS), por volúmenes finitos, y los pasos para realizar este proceso son:
- Abrir el programa Workbench 18.0 de (ANSYS), ingresar un componente al análisis y tomar geometría, ver figura 157, en este caso importar el diseño de los vehículos ya diseñados.

clic en la guía de la herramienta seleccionar para elegir varios objetos.

ANSYS
R18.0

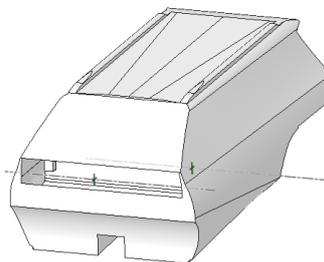


Figura 142 Volumen del vehículo Toyota Highlander

- Para discretizar por el método de volumen finito debe generarse mallas en un número finito.

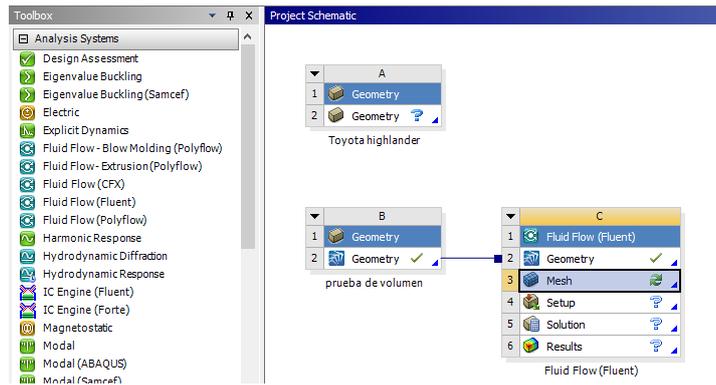


Figura 143 Malla en Fluid Flow.

El mallado usado fue tetraédrico (para figuras geométricas complejas), generándose alrededor de 547073 nodos, 2906141 elementos.

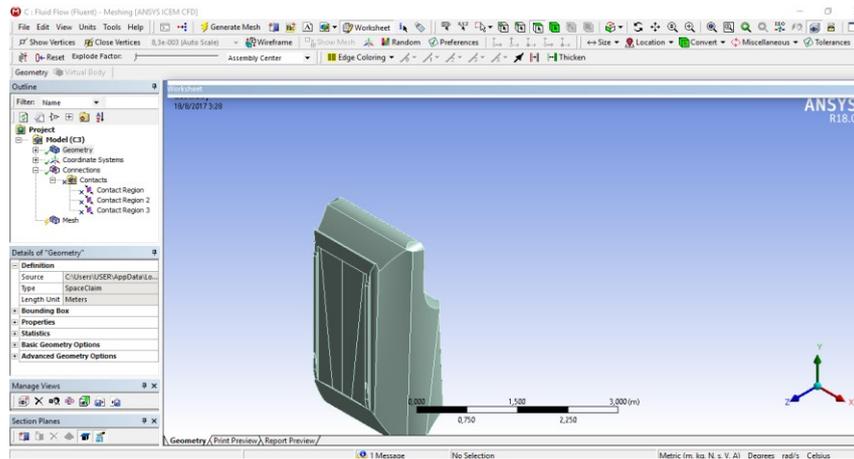


Figura 144 Condiciones de entrada de la simulación

La forma que realiza el cálculo el programa es de acuerdo al diagrama indicado en la figura 160, en este diagrama de flujo indica la el proceso de para realizar el cálculo de presiones o velocidad en convergencia de los datos, al pasar de celda en celda de la malla.

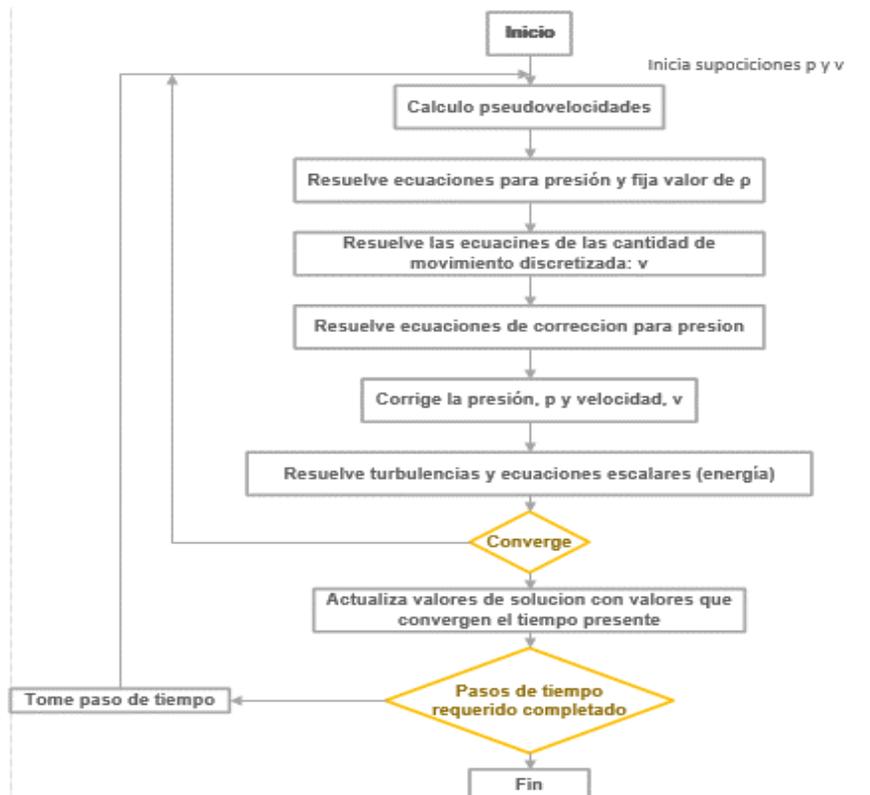


Figura 145 Cálculo de valores en el mallado

4.3 Análisis de la presión, temperatura, flujo de aire del Toyota Prius.

Para realizar el análisis implican dos elementos que son el anemómetro Smart Electric, y los programas de diseño y simulación, cuales indican el comportamiento real en el habitáculo del aire, las presiones generadas por renovación o extracción de aire, y el comportamiento térmico.

4.4 Pruebas de flujo de aire en el Toyota Prius utilizando anemómetro.

Para esta prueba las condiciones que se tomaron son:
 Temperatura del aire ambiente de 24°C, en la ciudad de Quito, vehículo marca Toyota Prius, año 2010.



Figura 146 Difusores del Toyota Prius.

Los difusores que cargan el aire en habitáculo son: Izq. (frontal izquierdo), F izq. (central izquierdo), F der. (Central derecho), Der. (Frontal derecho).

Tabla 76
Flujo de aire del Toyota Prius

Velocidad soplador	Difusores			
	Izq. (m/s)	F izq. (m/s)	F der. (m/s)	Der. (m/s)
1	1,44	1,81	1,67	1,75
2	2,47	2,69	2,56	2,28
3	3,17	3,67	3,31	3,06
4	3,86	4,36	3,83	3,78
5	5,14	5,44	4,72	4,67
6	5,8	6,72	5,89	5,97
7	7,47	7,58	6,97	6,97

En la figura 162 se observa el flujo de aire con relación a la velocidad del soplador.

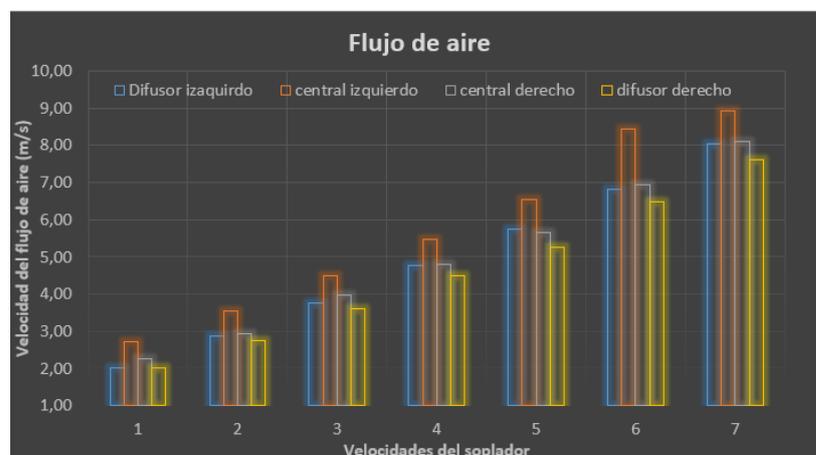


Figura 147 Flujo de aire con relación a la velocidad del soplador

En la figura 162, se encuentra los 4 difusores frontales, y por medio del soplador envía el aire al habitáculo, en la primera velocidad el aire tiende alcanzar los 3 m/s, asciende el flujo según aumenta la velocidad del soplador a razón de 1 m/s, en la última velocidad alcanza los 9 m/s, es una velocidad bastante alta para considerar confort, la ISO 7730 considera máximo 1.5 m/s.

En la norma ISO 7730, de confort térmico, indica que el movimiento de aire produce un aumento del intercambio de calor entre el sujeto y el ambiente, este intercambio puede implicar pérdidas o ganancias de calor”, la cantidad de pérdida de calor de la piel causada por las corrientes de aire dependen de la velocidad, así como la turbulencia en la corriente de aire y de la temperatura de aire.

Velocidades de aire para lugares cerrados están entre los 0,75 o 0,5 m/s, un aumento de la velocidad proporcionaría un des-confort en los ocupantes, ya que a velocidades inferiores a 1 m/s son suficientes para evaporar el sudor.

4.4.1 Cálculo de volúmenes finitos.

Los valores que proporciona la simulación son de temperatura, presión, flujo de aire en el interior de habitáculo, la cantidad de datos son de acuerdo al número de mallas que se ponga como parámetro de simulación, con esto se deduce que son los datos infinitos que se pueden obtener en cualquier sección del vehículo.

En la tabla 62, se tomó valores correspondientes a coordenadas importantes en zona de confort, estos puntos de análisis están en relación a la ubicación del ocupante en el habitáculo, en el caso del Toyota Prius, se cita como referencia 3 posiciones en cada coordenada del diseño del volumen del habitáculo.

En la coordenada (x) o el ancho del vehículo se tomaron 3 puntos de análisis, en el asiento del piloto, centro, copiloto. En la coordenada (y) o largo del volumen se tomó 3 puntos de análisis, en los asientos delanteros, asientos posteriores, en el cubículo o cajuela del vehículo. En el eje (z) o altura del habitáculo se tomó tres puntos, la altura de los pies, del cuerpo medio, altura del techo.

En la tabla 62 (x, y, z), son coordenadas de los puntos de análisis.

Tabla 77
Análisis Toyota Prius volúmenes finitos

Puntos	Coordenadas			Temperatura	Velocidad	Presión
	x	Y	Z	°C	(km/h)	(Pa)
1	3,2	1	0,35	25,95	1,39	-0,069
2	3,2	1,5	0,35	25,95	0,655	-0,668
3	3,2	2,3	0,6	25,95	0,222	-0,169
4	3,2	1	0,8	25,95	1,36	-0,34
5	3,2	1,5	0,8	25,95	0,973	-0,229
6	3,2	2,3	0,8	25,95	0,204	-0,172
7	3,2	1	1	25,95	0,296	-0,25
8	3,2	1,5	1	25,95	0,432	-0,022
9	3,2	2,3	1	25,95	0,22	-0,175
10	2,5	1	0,35	25,95	1,221	-0,564
11	2,5	1,5	0,35	25,95	2,816	-0,913
12	2,5	2,3	0,6	25,95	0,267	-0,17
13	2,5	1	0,8	25,95	1,265	-0,344
14	2,5	1,5	0,8	25,95	1,078	-0,352
15	2,5	2,3	0,8	25,95	0,305	-0,1733
16	2,5	1	1	25,95	1,143	-0,293
17	2,5	1,5	1	25,95	1,078	-0,266
18	2,5	2,3	1	25,95	0,306	-0,0177
19	1,8	1	0,35	25,95	1,543	-0,792
20	1,8	1,5	0,35	25,95	0,655	-0,161
21	1,8	2,3	0,6	25,95	0,245	-0,175
22	1,8	1	0,8	25,95	0,924	-1,296
23	1,8	1,5	0,8	25,95	1,027	-0,227
24	1,8	2,3	0,8	25,95	0,613	-0,158
25	1,8	1	1	25,95	0	-0,516
26	1,8	1,5	1	25,95	0,134	-0,229
27	1,8	2,3	1	25,95	0,23	-0,147
límites del volumen						
Ancho (frente)		Largo		Alto		
lq.	Der.	Del.	Atrás	Techo	piso	
1,6	3,42	-0,11	3,08	0,02	1,32	

4.4.2 Análisis de la presión

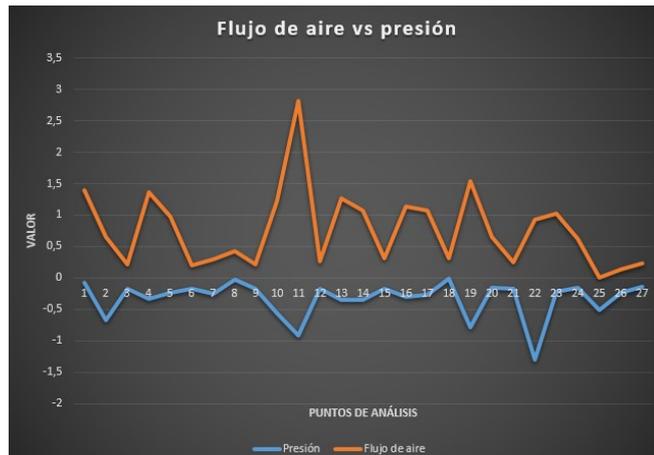


Figura 148 Gráfico de presión vs flujo de aire del Toyota Prius

En la figura 163 del Toyota Prius comienza con una presión cercana a 0 en la parte del conductor, todas las presiones son negativas en el habitáculo, esta presión negativa se entiende como la extracción de flujo de aire, si todos los puntos están en presión negativa indica una extracción más rápida que la renovación de aire, implica también que si se extrae más aire del que ingresa, produce infiltraciones en el habitáculo.

En el punto 11 en las coordenadas (2.5, 1.5, 0.35), indica un flujo de salida de los difusores cercano a los 3 m/s, y también la presión negativa aumenta hasta 1, quiere decir que mientras más aire entra al habitáculo el ventilador de extracción extrae con más intensidad, los vehículos actuales vienen con un ventilador de extracción de flujo de aire, esto es controlado por la computadora.

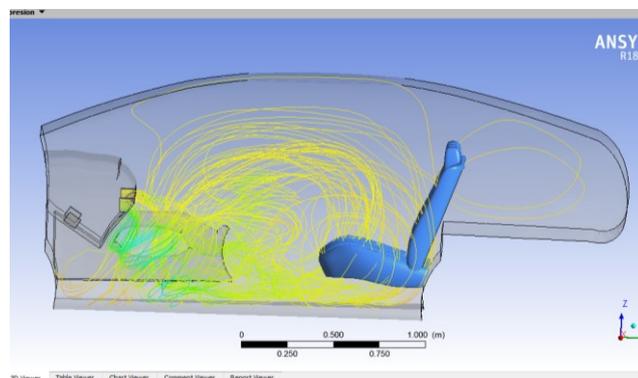


Figura 149 Presión por volúmenes finitos en Toyota Prius

En la figura 164, se observa que la presión con azul es negativa, y color rojo son positivas, el aire entra a una presión negativa cerca a cero, y en la

parte posterior hay una depresión lo cual indica que en la parte posterior está ubicado el ventilador de extracción o una rejilla de extracción de flujo de aire.

4.4.3 Análisis de temperatura

En la figura 165 no hay cambio de temperatura por lo que la línea que representa es una recta, que está en los 25°C, por lo que la variación es imperceptible, este no presenta cambio por la temperatura en condición para el análisis es de 25°C, en las pruebas de temperatura en el vehículo se ajustó la temperatura a 25°C, por lo que la computadora del vehículo calcula que ingrese el aire a este valor de temperatura.

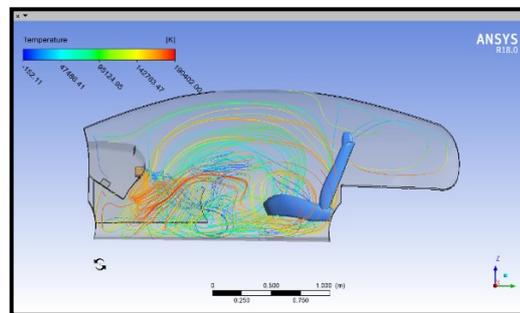


Figura 150 Temperatura del Toyota Prius

La cantidad de pérdida de calor en el pasajero causada por las corrientes de aire depende, de la velocidad del aire, las turbulencias, y la temperatura del aire, en este caso el ingreso de 25 °C, no proporciona aire de diferente temperatura para realizar el intercambio de calor, esto incide a que la temperatura no tenga cambios en los puntos de análisis.

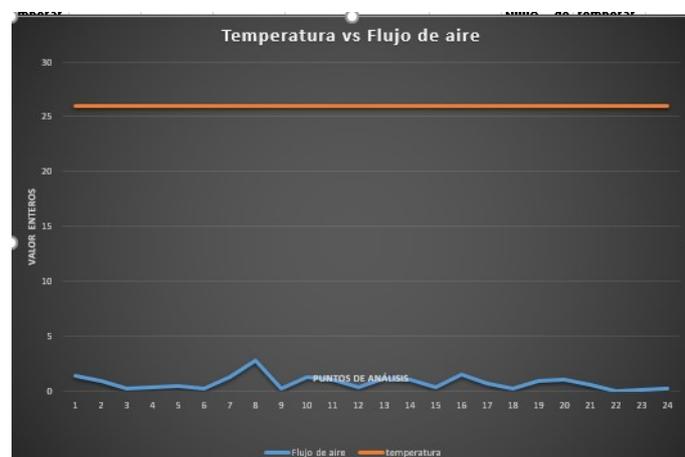


Figura 151 Relación temperatura y Flujo de aire

4.5 Pruebas de flujo de aire en el Toyota Highlander utilizando anemómetro.

Para esta prueba las condiciones que se tomaron son:
Temperatura del aire ambiente de 21°C, en la ciudad de Quito, el vehículo es un Toyota Highlander, año 2010. Son 4 los difusores que se miden: F Izq. (frontal izquierdo), F izq. (central izquierdo), F der. (Central derecho), Der. (Frontal derecho).



Figura 152 Control del Toyota Highlander de temperatura

Este vehículo tiene cuatro velocidades de control de aire acondicionados, la computadora del A/C ajusta el valor a entregar de la temperatura, el vehículo por ser un SUV, tiene un gran volumen de habitáculo, generalmente están dos filas de asientos, pero si se necesita más capacidad se adecúa otra fila que viene plegada en la cajuela, en este vehículo la cargas térmicas aumenta, la ASHRAE indica que un hombre normal aporta 100 watts de energía térmica, que viene dada en Met, donde (1 Met = 58,15 W/m² de superficie del cuerpo), una adulto normal tiene 1.7 m², Met es el metabolismo regulador por la ASHRAE, normalmente cuando se duerme esta entre (0,8), y en altas actividades deportivas alcanza (10).

Tabla 78

Prueba de flujo de aire con anemómetro del Toyota Highlander.

Nivel	Difusores				Difusores asientos traseros	
	Izq.	F izq.	F der.	Der.	rejilla 10	rejilla 11
Lo	0,5	0,7	1,1	0,9	1,0	0,9
L1	1,4	1,8	2,1	1,9	1,8	2,1

CONTINÚA 

I2	2,8	3,1	3,6	3,3	2,9	3,4
Hi	5,0	4,74	5,3	5,1	4,6	4,9

Este vehículo tiene dos difusores en la parte posterior del vehículo son las rejillas 10, rejilla 11, en la tabla 63 se observa que los difusores o rejillas no tienen pérdidas de flujo de aire, pese a estar a una distancia cercano al metro de longitud, en la figura 168 se observa que las pérdidas son mínimas, los Toyota Highlander, tiene en el habitáculo 3 filas de asientos.

La necesidad de enviar aire acondicionado hasta las dos filas de asientos posteriores sin afectar a los pasajeros de la primera, altas corrientes de aire aumentarían el intercambio de calor, puede proporcionar esto turbulencias que afecte al confort, La ASHRAE indica que el flujo a 1.5 m/s proporciona un estado de confort en un día caluroso, mayor que estos valores presentarían un estado desagradable en algunas personas dependiendo de su grado de confort.

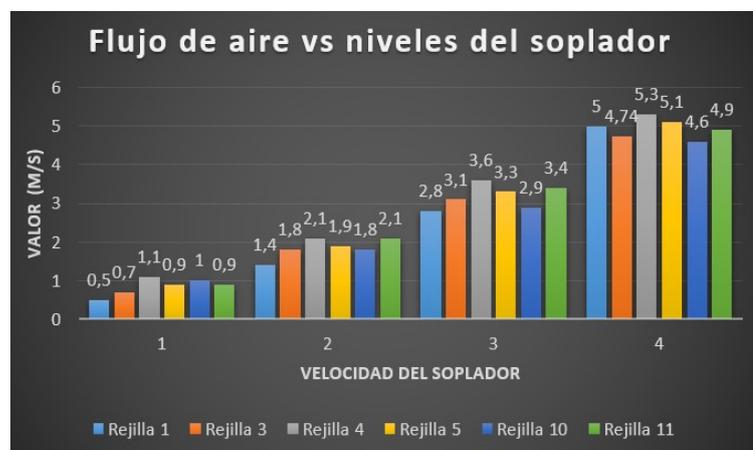


Figura 153 Prueba de flujo de aire con anemómetro

En la figura 168 se observa el flujo de aire con relación a la velocidad del motor soplador, en este caso la entrega es uniforme por cada difusor, esto es posible a la menor pérdida por diseño de ductos, también con estos datos se asegura que no hay filtración de aire.

4.5.1 Cálculo de volúmenes finitos.

Los puntos de análisis son: En la coordenada (x) o ancho del vehículo se tomaron 3 puntos de análisis, en el asiento del piloto, centro, copiloto. En la coordenada (y) o largo del volumen se tomó 3 puntos de análisis, en los asientos delanteros, asientos posteriores, en el cubículo o cajuela del vehículo. En el eje (z) o altura del habitáculo se tomó tres puntos, la altura de los pies, del cuerpo medio, altura del techo.

Tabla 79
Análisis Toyota Highlander con volúmenes finitos

Puntos	Coordenadas			Temperatura	velocidad	presión
	X	Y	Z	°C	(m/s)	(Pa)
1	0,659	-0,07	6	294,27	1,081	-0,996
2	0,659	0,83	6	294,22	0,352	1,352
3	0,659	1,4	6,1	294,32	0,336	1,847
4	0,659	-0,07	6,5	294,23	0,93	-3,077
5	0,659	0,83	6,5	294,22	0,562	1,303
6	0,659	1,4	6,5	294,36	0,371	1,832
7	0,659	-0,07	6,9	292,65	0	-0,239
8	0,659	0,83	6,9	292,69	0,027	1,145
9	0,659	1,4	6,9	292,77	0,044	1,88
10	0,245	-0,07	6	293,33	0,138	1,889
11	0,245	0,83	6	294,29	1,036	-0,326
12	0,245	1,4	6,1	293,33	0,138	1,889
13	0,245	-0,07	6,5	294,32	0,826	-1,283
14	0,245	0,83	6,5	294,39	1,637	-1,051
15	0,245	1,4	6,5	294,26	0,38	1,74
16	0,245	-0,07	6,9	293,08	0,152	0,3
17	0,245	0,83	6,9	293,32	0,418	0,047
18	0,245	1,4	6,9	293,25	0,144	1,936
19	-0,261	-0,07	6	294,48	0,259	-0,486
20	-0,261	0,83	6	294,29	1,024	1,404
21	-0,261	1,4	6,1	294,34	0,334	2,082
22	-0,261	-0,07	6,5	294,34	1,308	-2,936
23	-0,261	0,83	6,5	294,33	2,358	3,107
24	-0,261	1,4	6,5	294,34	0,741	2,027
25	-0,261	-0,07	6,9	292,771	0,114	-1,356
26	-0,261	0,83	6,9	293,14	0,079	3,342
27	-0,261	1,4	6,9	293,24	0,224	2,214
límites del volumen						
ancho (frente)	largo		alto			
izquierda	derecha	delante	Atrás	techo	Piso	
-0,77	1,07	-0,96	2,62	6,95	5,54	

4.5.2 Análisis de la presión

La figura 169 indica el comportamiento de la presión de acuerdo a al flujo de aire, se observa que la presión esta positiva en el punto 1 en el piloto indicando una mayor entrega de flujo de aire.

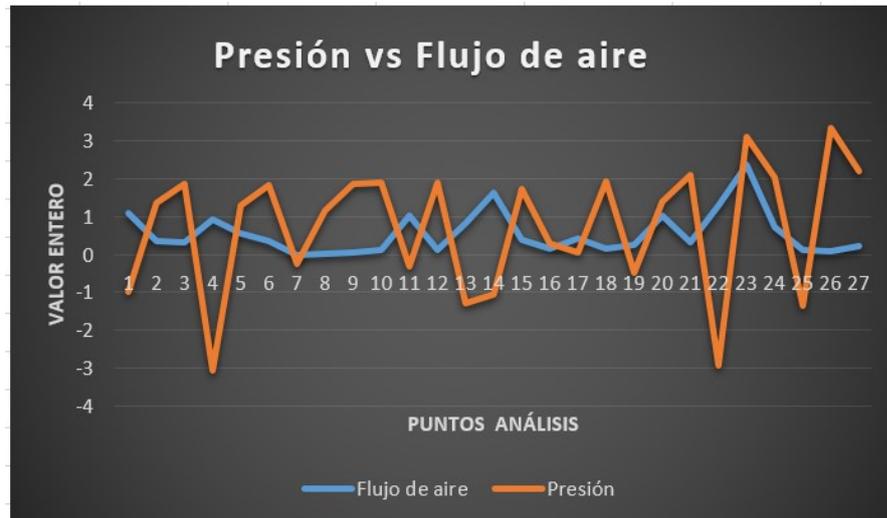


Figura 154 Presión vs flujo de aire del Toyota Highlander.

La mayor intensidad de presión positiva se observa en los puntos posteriores de análisis, esto indica que el flujo de aire produce presión en la parte posterior hasta ser extraídos por el ventilador de extracción, en la parte delantera que incluye a los puntos (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25), la presión es negativa por lo que el flujo sale a una velocidad de 1m/s, generando un arrastre de corriente de aire, la geometría del vehículo la extrae hacia los asientos posteriores.

Se observa en los difusores laterales de piloto y copiloto producen una mayor presión negativa esto sucede también por que la geometría de construcción del habitáculo proporciona la cualidad para que el aire renovado sea suministrado en la parte posterior con mayor intensidad para que las personas estén en confort en días calurosos.

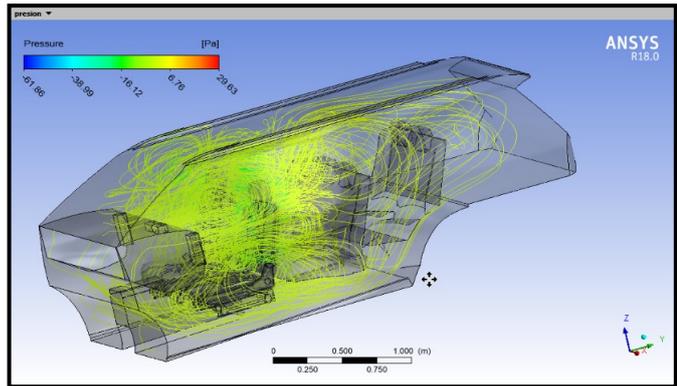


Figura 155 Presión en el habitáculo del Toyota Highlander.

4.5.3 Análisis de temperatura Toyota Highlander.

La temperatura en el vehículo Highlander es regulada automáticamente, los valores varían desde los 22 °C hasta los 19°C, la temperatura de confort se estima de 24°C, en un rango estrecho de 22.5°C a 25.5°C y un rango ampliado de 21°C a 27°C, establecida por las normas internacionales ISO 7730:1994 y ASHRAE 55: 1992.

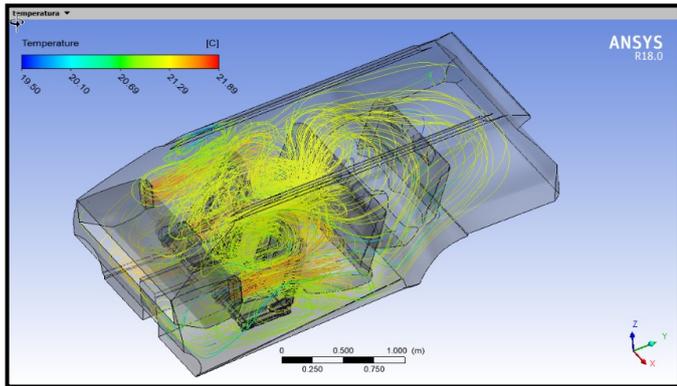


Figura 156 Temperatura del Toyota Highlander

En la figura 172 indica la temperatura en función del flujo de aire, se puede observar la curva generada por los valores del flujo de aire están paralelamente a la temperatura, se deduce que son equivalentes en la forma de la curva ya que al aumentar el flujo de aire de entrada aumenta la temperatura, el vehículo regula la temperatura automáticamente, en un día con una temperatura inferior a la de confort, el sistema de aire acondicionado aumenta la temperatura para ajustar al valor que su algoritmo interno lo considera adecuada. La temperatura inferior a los 23.5 °C es considerada por algunos autores de no-confort, esto es de acuerdo a la conformidad del

ocupante y la teoría de no confort, en este análisis se basa en la normalización de la ASHRAE.

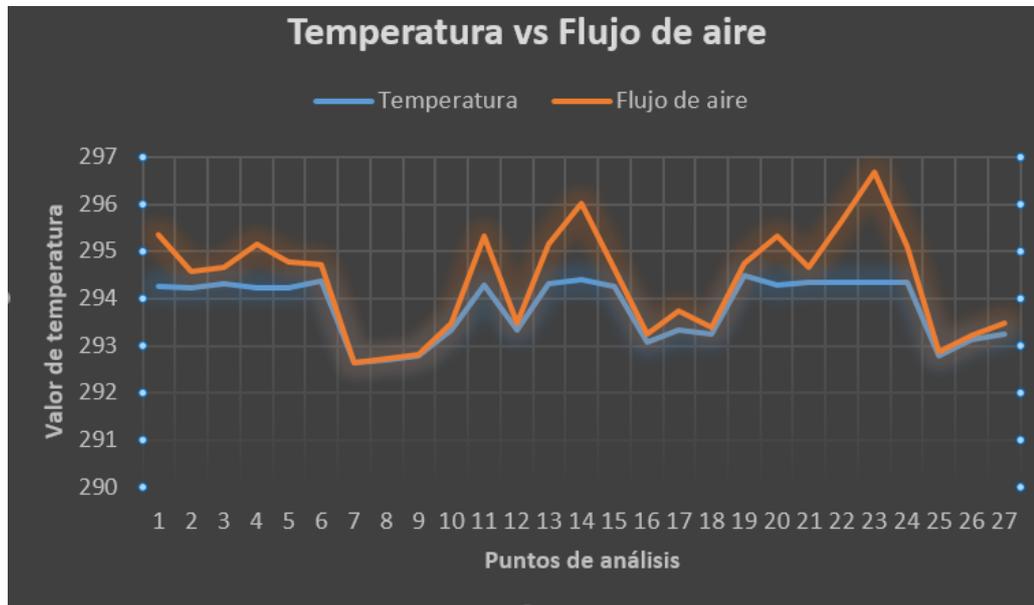


Figura 157 Relación temperatura y Flujo de aire

4.6 Pruebas de flujo de aire en Ford Scape utilizando anemómetro.

Para esta prueba las condiciones que se tomaron son:

Temperatura del aire ambiente de 23°C, en la ciudad de Latacunga, el vehículo es Ford Scape, del año 2010. Son 4 los difusores que se miden, salida frontal, (1), (frontal izquierdo), Izquierdo, Derecho (difusor central), (2), (frontal derecho).



Figura 158 Control del Ford Scape.

En el sistema de aire acondicionado del Ford Scape, permite hacer una regulación del aire de entrada al habitáculo

Tabla 80
Prueba de flujo de aire con anemómetro

	1	Izquierdo	Derecho	2	Temp.
velocidad 1	1	0,8	0,7	1,1	
Temp 1:	22,4	20,5	21,9	20,6	
velocidad 2	1,4	1,6	1,4	1,6	
Temp 2:	24,8	23,9	25,3	24,2	
velocidad 3	1,9	2,4	2,3	2	
Temp 3:	26,5	25,5	27,3	25,6	
velocidad 4	3,1	3,8	3,3	2,8	
Temp 4:	24,6	21,5	21,5	21,8	
velocidad 5	3,7	4,5	3,9	4,3	
Temp 5:	23,5	21,5	23,5	21,6	
velocidad 6	4,7	5,7	4,9	5,1	
Temp 6:	23,7	21,7	22,2	22	
velocidad 7	5,4	7	6,1	5,5	
Temp 7:	21,1	20,6	20	20,3	

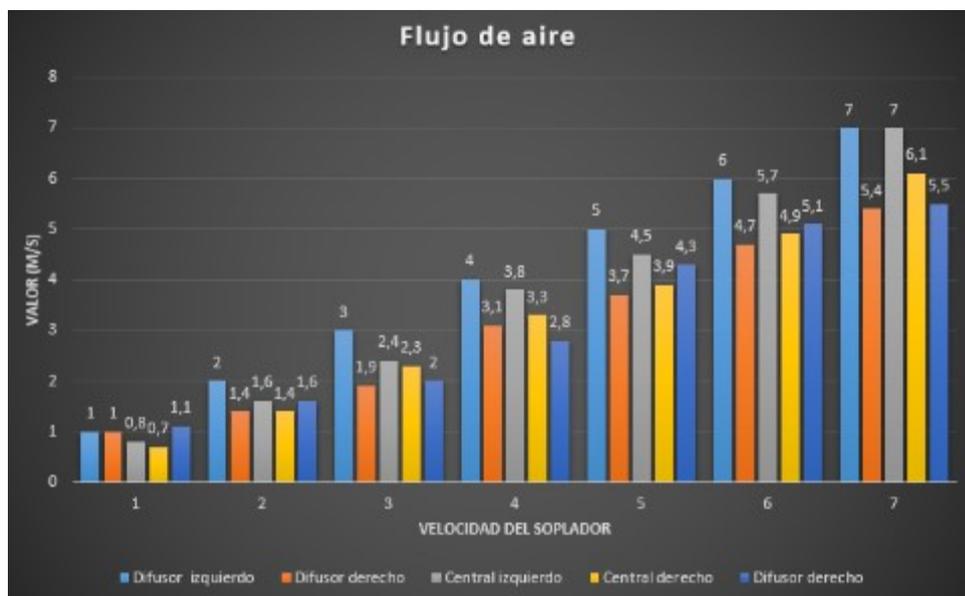


Figura 159 Flujo de aire con anemómetro

En la figura 174, se observa que el flujo de salida del aire en la primera velocidad es de 1 m/s, en este caso los difusores en velocidades bajas comienzan equilibradamente, con una diferencia muy corta, en el transcurso que se aumenta la velocidad el difusor central izquierdo comienza a

diferenciarse de los demás, en las velocidades altas del soplador se nota que el difusor central derecho iguala en flujo de aire al difusor izquierdo, en esto se puede concluir que las trampas están teniendo fugas.

El motor de paso a paso por medio de la señal de la computadora permite controlar los grados de apertura y cierre de las trampas en los ductos y estos pueden tener problemas electrónicos o la suciedad en el sistema y ser responsables de un desequilibrio de flujo de aire en los difusores.

4.6.1 Cálculo de volúmenes finitos.

En la coordenada (x) o ancho del vehículo se tomaron 3 puntos de análisis, en el asiento del piloto, centro, copiloto. En la coordenada (y) o largo del volumen se tomó 3 puntos de análisis, en los asientos delanteros, asientos posteriores, en el cubículo o cajuela del vehículo. En el eje (z) o altura del habitáculo se tomó tres puntos, la altura de los pies, del cuerpo medio, altura del techo.

Tabla 81
Análisis del Ford Scape con volúmenes finitos

Puntos	Coordenadas			Temperatura °K	Flujo de aire (m/s)	de presión (Pa)
	X	Y	z			
1	4,6	7,4	-3,5	294	0,012	-0,062
2	4,6	8,2	3,5	294,06	0,036	0,038
3	4,6	9	-3,5	293,8	0,008	0,041
4	4,6	7,4	-3,2	293,9	0,283	-0,035
5	4,6	8,2	-3,2	294,1	0,213	-0,005
6	4,6	9	-3,2	293,8	0,021	0,04
7	4,6	7,4	2,8	293,8	0,123	-0,001
8	4,6	8,2	2,8	293,9	0,126	0,02
9	4,6	9	2,8	293,8	0,03	0,042
10	4	7,4	-3,5	293,5	0,182	-0,02
11	4	8,2	3,5	293,5	0,217	-0,013
12	4	9	-3,5	293,7	0,029	0,041
13	4	7,4	-3,2	293,5	0,249	-0,037
14	4	8,2	-3,2	293,5	0,224	-0,022
15	4	9	-3,2	293,7	0,015	0,04
16	4	7,4	-2,8	293,6	0,118	0
17	4	8,2	-2,8	293,6	0,111	0
18	4	9	-2,8	293,7	0,05	0,04

CONTINÚA



19	3,5	7,4	-3,5	293,5	0,182	-0,02
20	3,5	8,2	3,5	293,5	0,217	-0,013
21	3,5	9	-3,5	293,7	0,029	-0,01
22	3,5	7,4	-3,2	293,4	0,249	-0,037
23	3,5	8,2	-3,2	293,5	0,225	-0,023
24	3,5	9	-3,2	293,6	0,015	0,04
*25	3,5	7,4	-2,8	293,6	0,118	0
26	3,5	8,2	-2,8	293,6	0,111	0
27	3,5	9	-2,8	293,7	0,057	0,04

límites del volumen

Ancho	Largo		Alto		Alto	
izquierda	derecha	Delante	posterior	Techo	plano	
3,35	5,1	6,56	9,74	-2,7	-4,03	

4.6.2 Análisis de la presión

En la figura 175, el ingreso del flujo de aire al vehículo es proporcional a la curva de la presión, en el punto (4), se observa que ingresa alrededor de 0,3 m/s, y la depresión es mínimo cercano a los 0 (Pa), en los puntos posteriores hay una presión positiva, esto sucede por las corrientes de flujo llevan el aire hasta la parte posterior, la geometría del habitáculo permite que el flujo se acumule en el volumen de la cajuela, y en los puntos delanteros hay una presión negativa, la corriente de aire viaja rápidamente hacia la parte posterior en busca de un punto de extracción de aire, en los puntos delanteros hay un equilibrio entre las corrientes que ingresan y las que se regresan por motivo de las turbulencias.

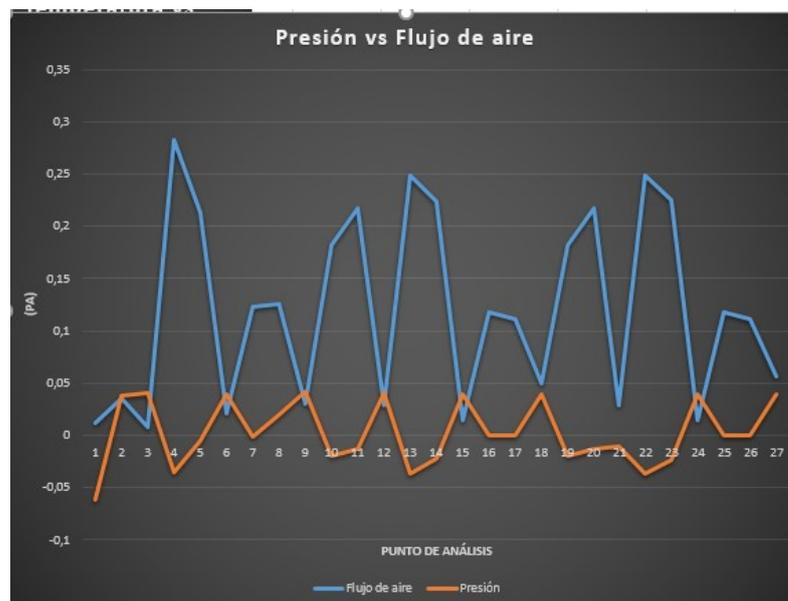


Figura 160 Gráfico de presión vs flujo de aire del Ford Scape

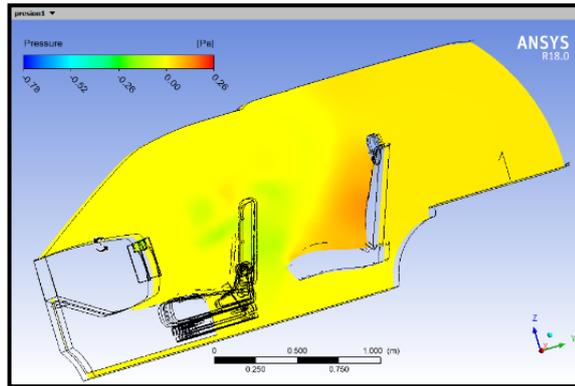


Figura 161 Análisis de la presión por elementos finitos.

En la figura 176, se analiza mediante volúmenes finitos, en la parte central se puede ver un cambio de color amarillo a verde, esto significa que en ese punto de análisis la presión esta entre los 0.25 (Pa), de forma negativa, las corrientes de aire en el habitáculo generan estas presiones, sobre el asiento del pasajero se observa el cambio de color amarillo a naranja significa que ahí el aire ejerce presión hasta vencer al asiento e ir hacia la parte posterior en la cajuela.

4.6.3 Análisis de temperatura

La figura 178, indica la relación entre la temperatura con el flujo de aire, no hay cambio de temperatura en este caso, esto sucede por lo que la regulación de temperatura estuvo en 25°C, la variación era imperceptible, en la figura 177 se puede ver mejor las turbulencias generados por el flujo de aire en la cabina.

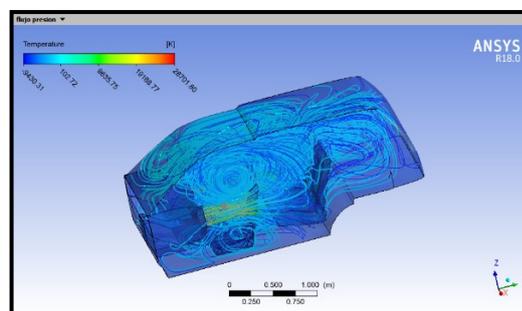


Figura 162 Temperatura del Toyota Prius

En la figura 178, el flujo cambia de dirección al toparse con el asiento posterior y crea una especie de tubo del flujo hacia adelante, esta geometría

son turbulencias, y esto permite a refrigerar todo el habitáculo de una forma rápido, no tiene que ser estas turbulencias muy grandes ya que se podría provocar un ambiente desagradable.

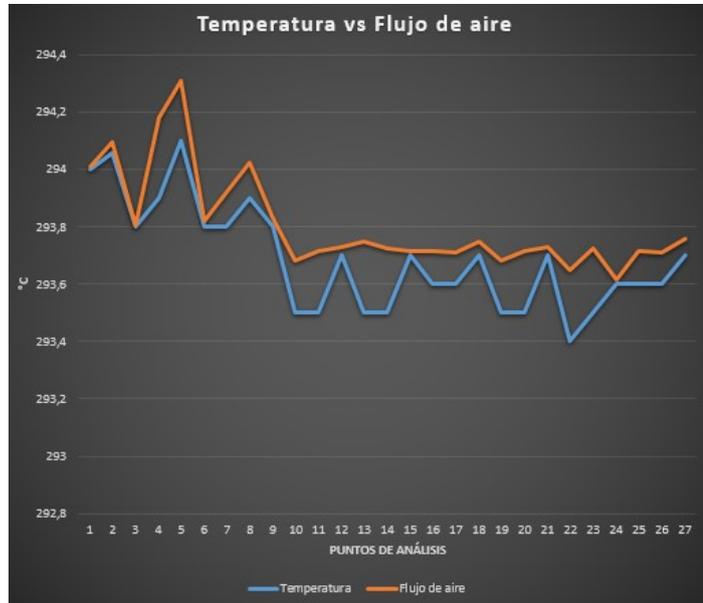


Figura 163 Relación temperatura y Flujo de aire

En la figura 178, la temperatura inicia de los 294 °K, esto es 20,85°C realizando la transformación, y mientras se va hacia la parte posterior el punto (2) sube, en la cajuela la temperatura disminuye medio grado, tienen un aumento en la parte media del vehículo, en el punto del copiloto hay un cambio abrupto que sucede por la velocidad en ese punto, después baja para oscilar entre los 0,2 m/s, y la temperatura estable entre los 20, 35 °C.

4.7 Pruebas de flujo de aire del banco simulador con anemómetro.

Para esta prueba las condiciones que se tomaron son:

La temperatura de Latacunga es de 21°C, tiene cuatro difusores, el aire acondicionado activado, con aire exterior.



Figura 164 Difusores del banco simulador

En el sistema de aire acondicionado del banco simulador permite hacer una regulación del aire de entrada al habitáculo mediante el soplador que tiene 5 velocidades ubicada en la primera columna de la tabla

**Tabla 82
Prueba de flujo de aire con anemómetro**

Velocidad	Difusor izquierda (m/s)	Frontal Izq. (m/s)	Frontal der. (m/s)	Difusor izquierda (m/s)
1	1,0	1,7	1,2	1,0
2	2,1	2,7	2,3	1,9
3	2,8	3,4	3,1	2,7
4	3,8	4,8	3,9	3,7
5	5,3	6,1	5,3	4,7

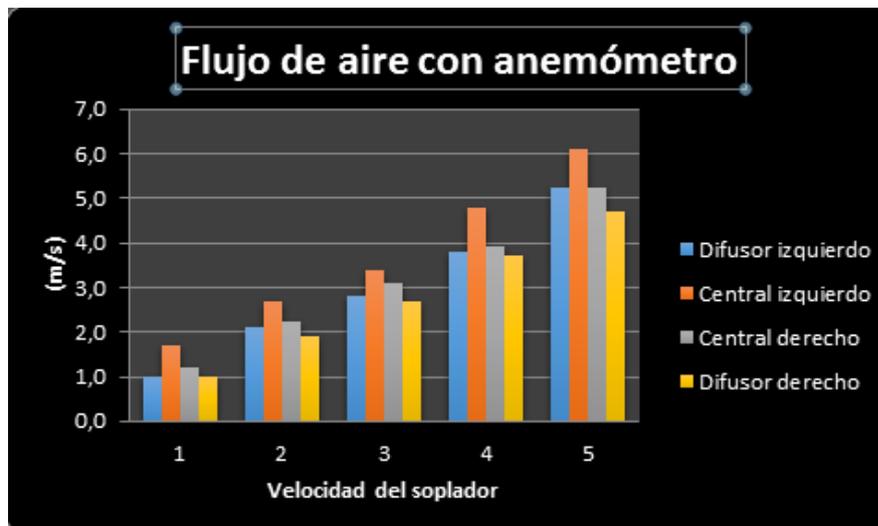


Figura 165 Flujo de aire con anemómetro

En la figura 180, el difusor 2 es el que más flujo proporciona, su velocidad llega a los 6 m/s, esto permite tener una mejor ventilación hacia la caja de

control, los demás controles tienen poca diferencia, esto indica que la pérdida en los ductos de aire es menor.

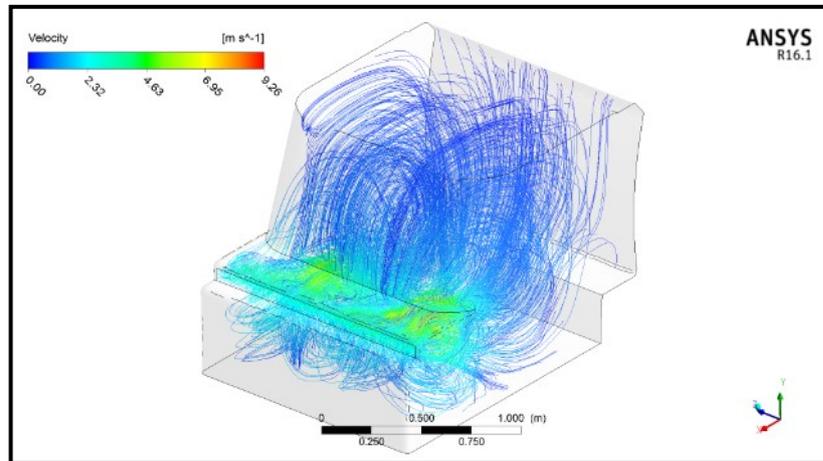


Figura 166 Flujo de aire del banco simulador

En la figura 181, el ingreso de flujo de aire al habitáculo genera una turbulencia que es menor de 1 m/s, esto en la AHSRAE es permitido que el aire viaje menos de 1.5 m/s, con ese flujo el cuerpo mantiene un estado de confort, en la parte de los asientos de los ocupantes hay un aumento del flujo, esto es porque el soplador es de un vehículo que abastece a un volumen superior a la cabina del banco simulador.

4.7.1 Cálculo de volúmenes finitos.

Se tomó puntos de análisis de las coordenadas (x, y, z), donde x (ancho), y (largo), z (altura), en el eje (x), tres puntos en el piloto, centro, copiloto. En el eje (y) dos puntos en los asientos, en la caja de control. En el eje (z), se tomó tres puntos.

Tabla 83
Análisis del banco simulador con volúmenes finitos

Puntos	x	Y	z	Temperatura °C	velocidad m/s	presión Pa
1	0,2	0,8	-1	21.3	2,21	-1,81
2	0,2	0,8	-0,6	21.3	0,417	-2,17
3	0,2	0,8	0	21.3	0,445	-0,5
4	0,7	0,8	-1	21	1,42	-1,527
5	0,7	0,8	-0,6	21	1,032	-2,361
6	0,7	0,8	0	21	0,324	-0,515

CONTINÚA 

7	1,25	0,8	-1	21	1,033	-2,177
8	1,25	0,8	-0,6	21.3	0,9	-1,328
9	1,25	0,8	0	21	0,378	-0,385
10	0,2	0,2	-0,6	21	0,673	-0,03
11	0,2	0,2	0	21.2	0,144	-0,07
12	0,7	0,2	-0,6	21	0,695	-0,05
13	0,7	0,2	0	21	0,17	-0,07
14	1,25	0,2	-0,6	21.1	0,527	-0,048
15	1,25	0,2	0	21	0,168	-0,05

4.7.2 Análisis de la presión

En la figura 182, se observa que la presión es positiva, está ingresando más aire al habitáculo, esto ocurre en los pies del ocupante, en la cara descende le flujo, y en ese momento la presión pasa de positiva a negativa, esto ocurre porque la corriente del aire está viajando hacia la parte posterior, en los demás puntos se equilibra la presión con el flujo de aire, en la parte posterior el flujo es positivo indicando que hay una acumulación de aire.

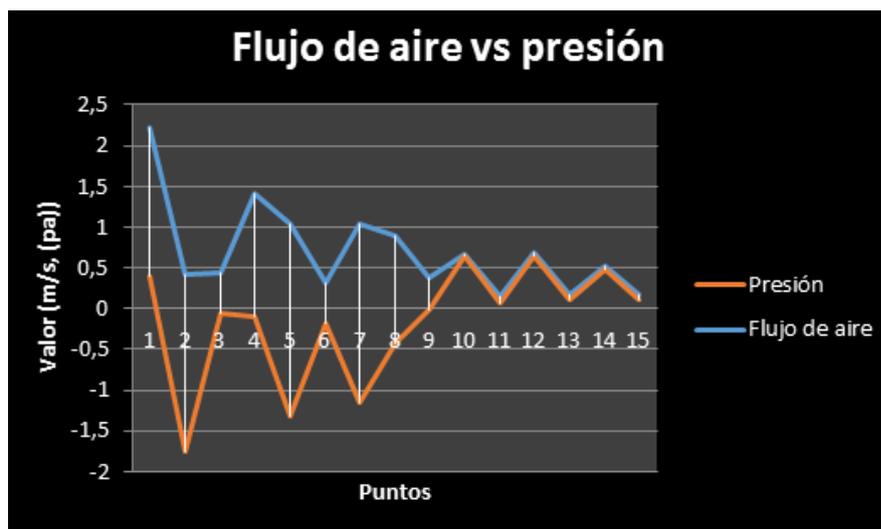


Figura 167 Gráfico de presión vs flujo de aire del Ford Scape

En la figura 183 se observa la presión en el punto del ingreso del aire a la altura de los difusores tiene una presión negativa, sucede que la corriente está ingresando y fluyendo hacia atrás, por el efecto de la velocidad del flujo, en los demás punto se observa una presión positiva, esto es por lo que el soplador está ingresando más aire que extrayendo, la extracción del flujo de aire es por la rejilla posterior que tiene el habitáculo.

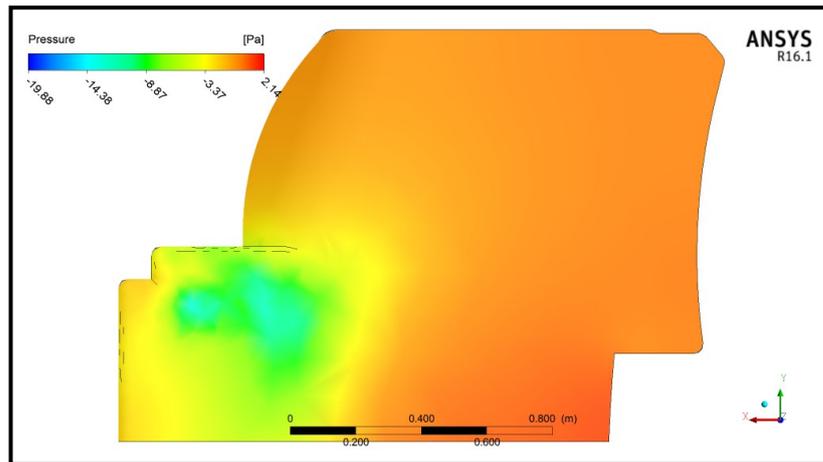


Figura 168 Análisis de la presión por elementos finitos.

4.7.3 Análisis de temperatura

En la figura 184, la temperatura es de 21°C, que está en todo el habitáculo del simulador, se produce por el tamaño del volumen, no hay diferencia en cada uno de los puntos analizados, el flujo de aire es fuerte, y la distancia entre los puntos de análisis es como máximo 30cm, y el flujo en la parte posterior superó los 2 m/s, esto no permite tener diferencia de temperatura, esta prueba se hizo con velocidad alta, en velocidades bajas la diferencia de temperatura si es notable, donde se puede establecer características de los puntos de análisis.

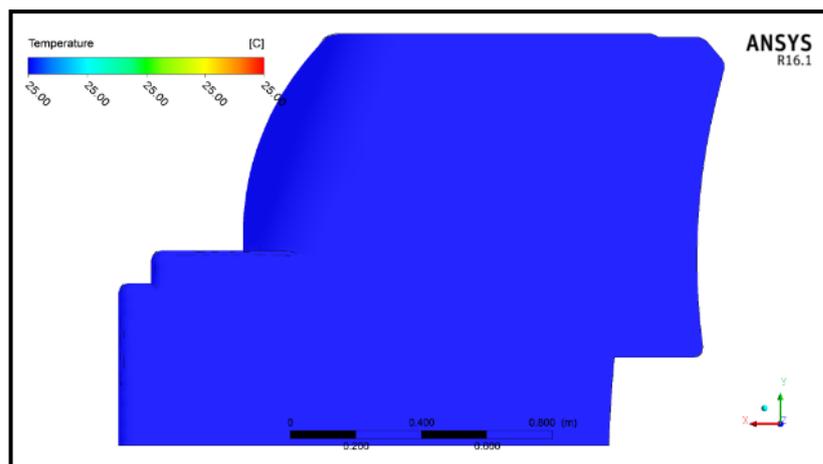


Figura 169 Temperatura del Toyota Prius

En la figura 185 la temperatura se mantiene en los 21 °C la diferencia es por décimas de grados centígrados, este valor llega a ser demasiado bajo para considerar un efecto en la temperatura de confort del ocupante, en

algunos casos por su gran potencia en renovación de aire llega a ser incómodo, el ocupante tiene que ajustar el nivel de acuerdo a su necesidad o el estado de confort del cuerpo.

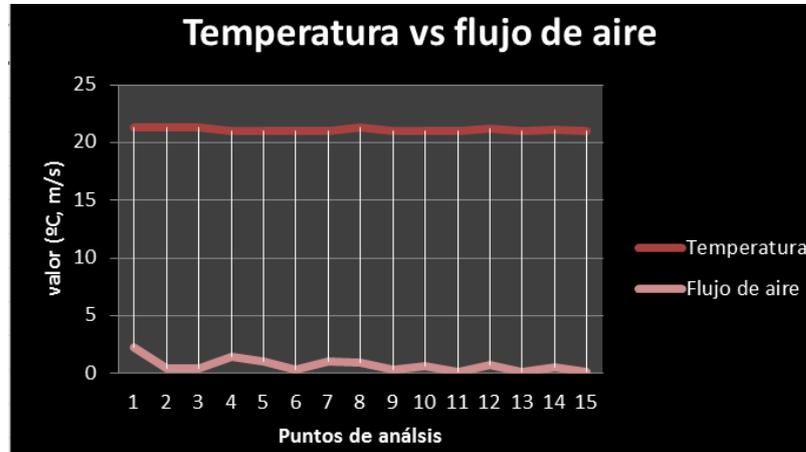


Figura 170 Relación temperatura y Flujo de aire

4.8 Consumo de energía

El consumo de energía del compresor en un vehículo híbrido es menor a la de un vehículo a combustibles fósiles, en estudios realizados indican que en funcionamiento normal consume entre 3.5 a 4.5 hp (Horse Power) de potencia, esto afecta al consumo de combustible del vehículo, si en un día caluroso se usa hasta más de una hora de aire acondicionado esto resultaría un consumo bastante considerable de combustible, en la tabla 69 se observa el consumo de potencia de un vehículo híbrido.

**Tabla 84
Consumo de potencia en un vehículo híbrido.**

Velocidad del motor del soplador		1	5	9	13	18	24	31
Estado de cambio (All Bat)	%	42.7	43.9	47.0	47.8	49.0	50.1	53.0
VH – Voltaje después de impulsar	V	207	217	218	500	221	464	219
A/C Potencia de consumo	W	400	350	500	550	600	900	1050
Black pack corriente	A	1.31	2.81	2.93	2.93	3.73	3,91	4.60

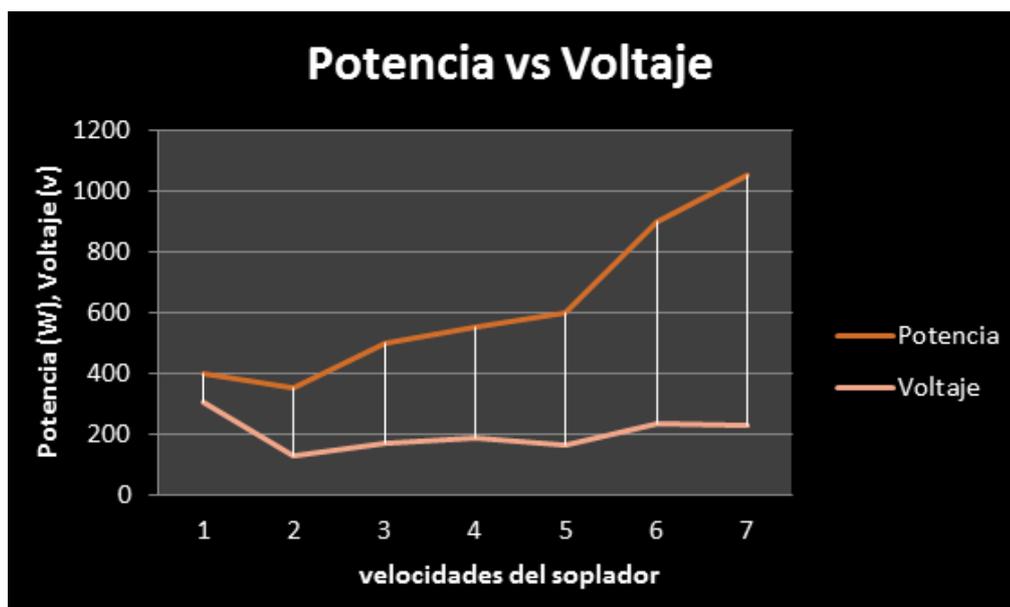


Figura 171. Consumo de voltaje y potencia

En la figura 186, se observa el consumo de potencia, en función del voltaje, cabe recordar que el voltaje es controlado por el inversor internamente de la placa electrónica en el conjunto del compresor, la curva de la figura 186 indica que para bajas potencias el compresor ocupa poco más tensión que en las demás velocidades, en otras velocidades superiores se observa que el consumo es desproporcional, esto sucede porque estos compresores la potencia es controlada por la información que envían los sensores de temperatura, presión etc. De acuerdo al requerimiento varía la potencia, como se conoce que la potencia es directamente proporcional a la tensión del inversor.

$$P_c = V_b + I_B$$

En la tabla 70 indica valores de carga de la batería cuando el sistema de aire acondicionado accionado, y el vehículo se encuentra en reposo.

Tabla 85
Carga de batería (HV), vehículo en reposo

Elemento	Unid.	V. de prueba					
Velocidad del soplador		1	5	9	13	18	31

CONTINÚA



Generador MG1	rpm	0	4665	4665	4668	4140	4148	4124
Carga total de la batería	%	40	38.4	36.8	37.6	41,5	42,7	47
Power VB	V	212	216	215	225	236	239	248
Power IB	A	3.91	-4.89	-3.91	-6.84	-19,55	-18.08	-19.06

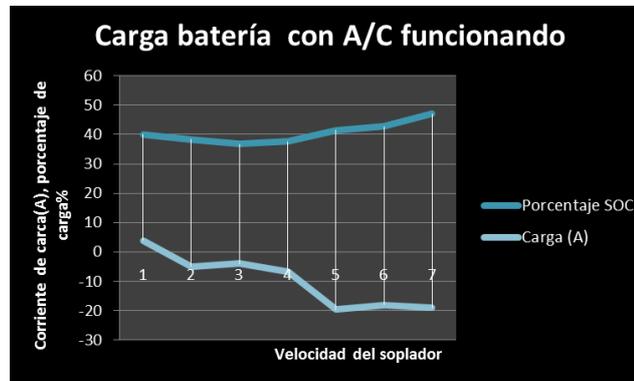


Figura 172 Carga de la batería, vehículo en reposo

En la figura 187 se observa la carga de la batería, el vehículo está sin movimiento, el vehículo funciona con el A/C encendido y a diferentes niveles de flujo de aire el vehículo mientras más se descargue la batería, el motor generador incrementa la carga de corriente.

Tabla 86

Tabla de la batería en movimiento del vehículo.

Elemento	Unid	V. de prueba							
Velocidad del motor del soplador			1	5	9	13	18	24	31
Estado de cambio (All Bat)	%		42.7	43.9	47.0	47.8	49.0	50.1	53.0
Recursos de energía VB	V		208.0	216.0	221.0	235.0	224.0	219.0	222.0
Recursos de energía IB	A		8.80	-4.89	28.35	-22.97	19.06	29.86	35.68
VL-Voltaje antes del Impulso	V		207	216	219	237	222	203	219
VH – Voltaje después de impulsar	V		207	217	218	500	221	464	219
A/C Potencia de consumo	W		400	350	500	550	600	900	1050
Inversor W/P Revolución	RPM		3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500

CONTINÚA



Presión de atmosfera	PSI	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
SOC después de IG-ON	%	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Par de generación	Nm	-10.9	-25.3	-28.0	-24,0	-29.5	-28.8	-17
Vol. Auxiliar batt	V	14.22	14.20	14.24	14.22	14.22	14.20	14.22
Valor de control de carga	KW	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0	-25.0
Valor de control de descarga	KW	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Número de block batt		14	14	14	14	14	14	14
Vol. Min del block batt	V	16.33	16.80	17.19	16.67	16.77	16.31	17.55
Vol. Max del bock batt	V	16.48	16.98	17.28	16.84	16.77	16.48	17.77
Convertidor de frecuencia	kHz	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55

En la tabla 71 se observa el comportamiento de la batería mientras el vehículo se desplaza, para mejor detalle observar la figura 188, indica el funcionamiento de la batería según carga o descarga, mientras el porcentaje de SOC, aumenta.

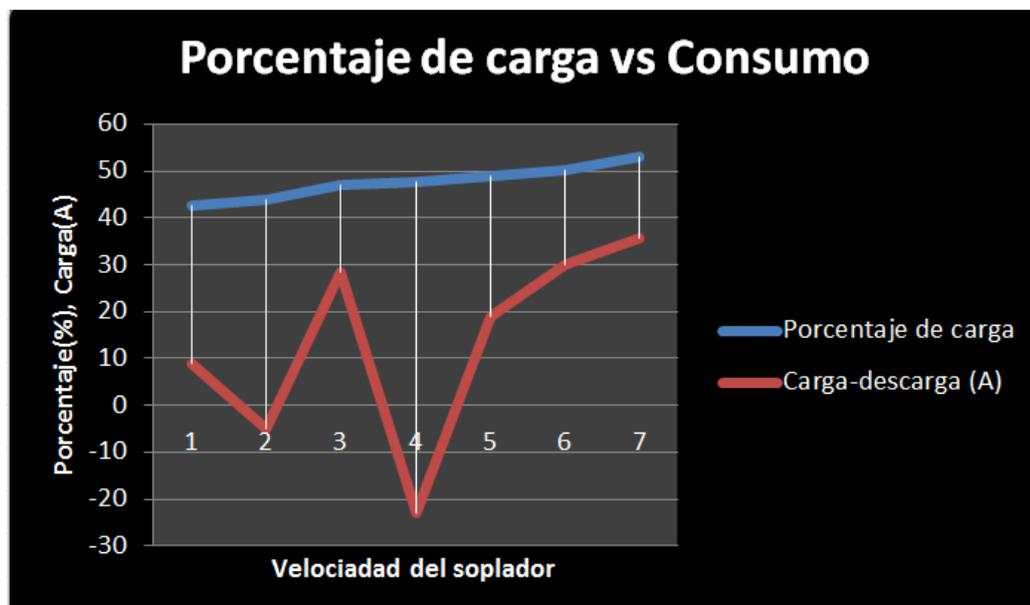


Figura 173 Consumo de potencia en la batería.

En la figura 188, el porcentaje de carga esta hasta el 53 %, en esta fase de carga se ve el cambio de la corriente lo que significa que se descarga la

batería en un punto y en otro punto se carga por eso ve corrientes positivas y negativas (descarga y carga), respectivamente, en algunos puntos la carga pasa los 20 amperios, en otros casos la descarga aumenta hasta los 30 amperios. Esto se produce con una diferencia de voltaje que llega superior a los 500 voltios de tensión, esta alta tensión lo logra gracias a un transformador que gracias a los condensadores permite elevar el voltaje para un aumento de potencia.

CAPÍTULO V

5 MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 Recursos

Para lograr cumplir con las metas propuestas y que tenga validez técnica este capítulo se hace referencia a los recursos humanos, tecnológicos, materiales que se emplearon para realizar este proyecto de investigación.

5.1.1 Recursos humanos

Los recursos humanos son el aporte principal para realizar y desarrollar una investigación de un proyecto por medio de ideas, conocimiento, talento humano sobre la aplicabilidad del tema.

Tabla **Recurso humano**

Recursos humanos	
Ing. Germán Erazo	Director
Ing. José Quiroz	Docente
Ing. Leónidas Quiroz	Docente
Henry Paucar	
Víctor Yupa	

5.1.2 Recurso Tecnológico

Para el desarrollo de las pruebas y análisis necesarios del proyecto de investigación, se llevó a cabo con los siguientes equipos:

Tabla 87
Recursos tecnológicos

Recursos
Vehículo Toyota Prius, Ford Scape
Scanner Automotriz Techstream
Multímetro
Anemómetro
Manómetros de presión
Termómetro
Computadora
Internet
Computadora
Impresora

5.1.3 Recursos Materiales

Para realizar cada una de las pruebas de la investigación se necesita repuestos automotrices para las funciones requeridas.

Tabla 88
Recursos materiales

Recursos materiales
Herramientas automotrices
Taype
Equipo de seguridad personal
Cables
Batería
Libros
Hojas de papel
Manuales técnicos
Diagramas eléctricos
Memoria flash
Impresiones

5.2 Presupuesto

El proyecto requiere el empleo de equipos de medición y diagnóstico del mismo para su correcto funcionamiento. Los recursos utilizados en la ejecución del proyecto de investigación se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 89
Detalle de gastos en repuestos e insumos

ORD.	CANT.	UNID.	DETALLE	V.UNIT.	V. TOTAL
1	1		Electro ventilador	30,00	30,00
2	1		Filtro de aire	5.50	5.50
3	1		Botella deshidratadora	12,00	12,00
4	20	m	Cables eléctricos	1.20	24,00
5	8		Mangueras	10,00	80,00
6	1		Anemómetro digital	90,00	90,00
7	1		Manómetros de presión	25,00	25,00
8	1		Válvula de expansión	25,00	25,00
9	3	m	Parabrisas (protección)	3,00	9,00
10	2	Galón	Pintura	20/galón	40,00
11	2	Galón	Diluyente	5/galón	10,00
12	2	Galón	Masilla	15/galón	30,00
13	-	-	Tapizado auto	75,00	75,00
14	2		Asientos	50,00	100,00
15	1		Tablero de control	100,00	100,00
16			Otros	400,00	400,00
				Total	1024,00

Mano de obra

Tabla 90
Detalle de la mano de obra

Mano de obra	V. Total
Estructura	
Masilla y lijado de la cabina	
Pintada	
Total	400,00

Gastos generales del proyecto

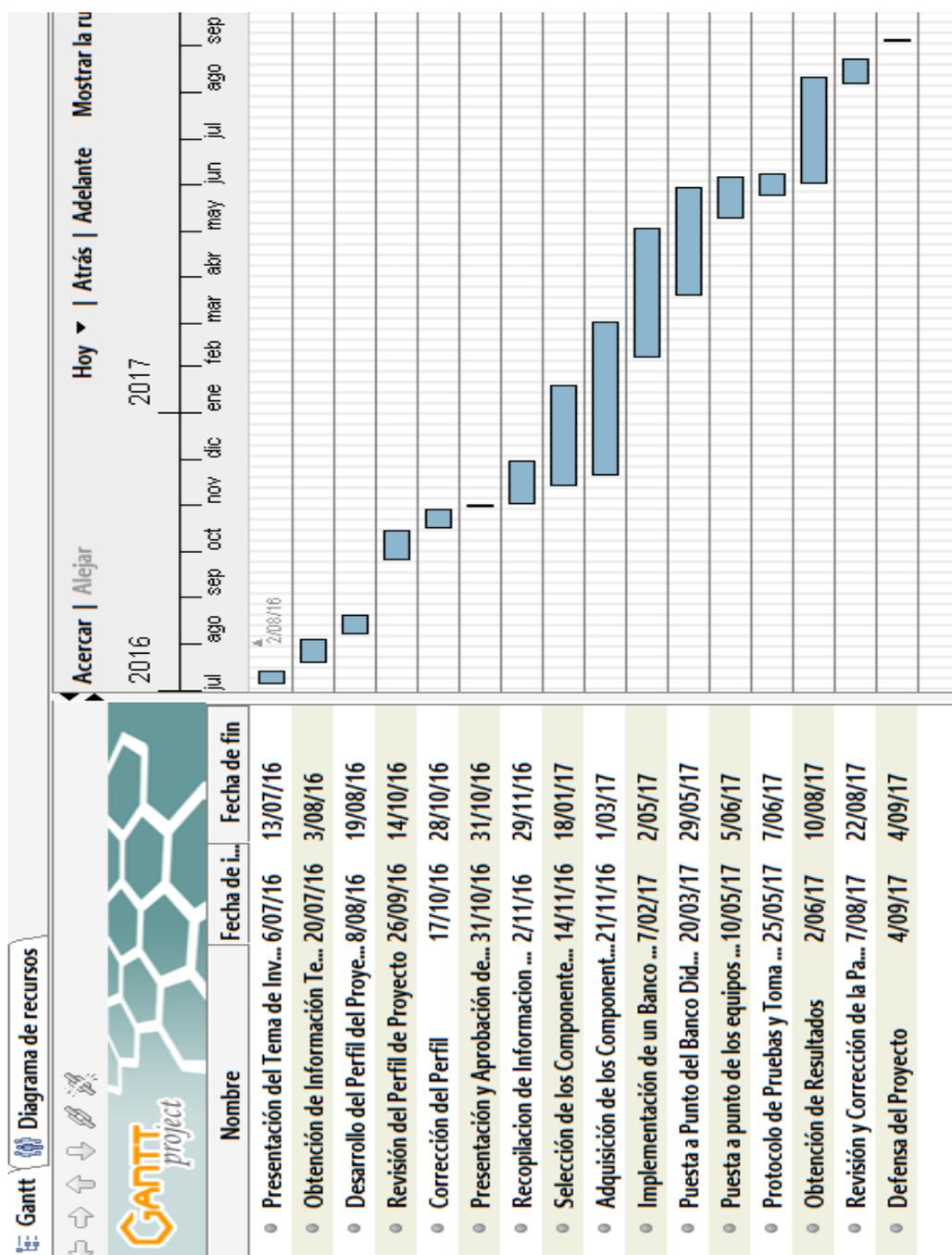
Tabla 91
Tabla de gastos total

Total de repuestos	1024,00
Total en mano de obra	400,00
Total	1424,00

5.3 Financiamiento

Los gastos del proyecto de investigación fueron financiados por los participantes.

5.4 Cronograma



6 CONCLUSIONES

- Se recopiló información por medio de las fuentes bibliográficas confiables y redes de investigación, para interpretar la eficiencia energética del sistema de climatización en vehículos híbridos.
- Se seleccionó los elementos a conformar el sistema de Aire acondicionado.
- Se diseñó un banco simulador de aire acondicionado
- Se construyó el banco simulador de aire acondicionado
- Se obtuvo datos de velocidad de aire de acuerdo a la Norma 2902:2015 del sistema de climatización y Aire Acondicionado en los vehículos de prueba.
- Se elaboró un protocolo de pruebas para el vehículo híbrido Toyota con su modelo Prius, para establecer la eficiencia energética y renovación del caudal de aire bajo diferentes condiciones de operación y funcionamiento.
- Se analizó la autonomía del vehículo de prueba en relación a la durabilidad, capacidad de la batería de alta tensión y verificar la eficiencia del sistema.
- Se determinó que los flujos de aire en estos vehículos superan los 5m/s, la ASHRAE, recomienda el uso del aire acondicionado a una velocidad menor a los 1.5 m/s.
- Se observó en algunos puntos la presión es negativa y supera los 3 Pa, estas presiones negativas producen infiltraciones en el habitáculo lo cual esto afecta en las cargas térmicas del habitáculo.
- Las corrientes de aire con turbulencias altas proporcionan un rápido intercambio de calor con la piel, si hay un aumento exagerado de turbulencias en el habitáculo este proporcionara un estado de des confort e incluso puede afectar su salud.
- El compresor eléctrico consume un total de 1050 KW de potencia en la máxima capacidad, a diferencia de los compresores habituales con accionamiento mecánico que su consumo está entre los 3 a 4KW, notándose una diferencia entre el 50% al 60% en relación al consumo

de potencia del compresor convencional.

- Por la forma de compresión del gas refrigerante este compresor es más eficiente, evita pérdidas por rozamiento de los pistones, y por la apertura de las válvulas por tener lumbreras, esto hace que el compresor scroll tenga menos pérdidas en la compresión del gas.
- El inversor del compresor aumenta la tensión enviada por la batería HV según el requerimiento del compresor superando los 201,6 voltios que la batería proporciona, llegando hasta los 300 V.
- Los 4 condensadores en la placa electrónica ayudan a absorber la corriente en exceso a los cambios de consumo del motor, con ayuda del amperímetro el inversor envía la cantidad necesaria de corriente según el requerimiento del compresor.

7 RECOMENDACIONES

- Cumplir con todas las medidas de precaución para realizar las pruebas al sistema de climatización y seguir el manual del fabricante.
- Durante la toma de datos del aire acondicionado, evitar el ingreso del aire exterior ya que esto provocaría una variación en los resultados dando así un aumento en el consumo de energía erróneo.
- Realizar la prueba de autonomía vehicular respecto al estado de la batería HV con y sin aire acondicionado se la realice bajo las mismas condiciones para la toma de datos que sean lo más estables posibles.
- Colocar los componentes del sistema de aire acondicionado en un lugar con buena ventilación, para que de esta manera se pueda disipar el calor de forma correcta y rápida que emiten estos.
- Manipular con precaución las tuberías de aluminio y seguir las instrucciones del manual para cortarlas ya que son de un material delicado y pueden fisurarse con facilidad al momento de instalar el sistema
- Llevar protección adecuada en la instalación de los circuitos eléctricos y electrónicos, hacer bajo las respectivas normas de seguras, ya que el banco simulador se encuentra conectado a una fuente de 220 v.
- Realizar la carga de refrigerante R-134^a tomar todas las precauciones respectivas ya que es muy nocivo para la salud

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acondicionado, A. (2015) (Recuperado el: 14 de febrero de 2017). *Tipos de compresores de aire acondicionado*. Obtenido de: http://www.aire-acondicionado.com.es/tipos-de-compresores_de_aire_acondicionado/
- Algaba, D. (2011) (Recuperado el: 24 de Agosto de 2017). *slideshare.net*. Obtenido de Ventilación y calefacción: <https://es.slideshare.net/dialmi/ventilacin-y-calefaccin-9396543>
- American Society of Heating, R. a.-C. (2010). *Norma ASHRAE 55 Condiciones de Ambiente Termico para Ocupacion Humana*.
- Anderson, E. P. (2010). Air Condicionado.
- Aparicio Guirao, J. M. (2005) (Recuperado el: 12 de Agosto 2017). *Universidad Politécnica de Cataluña*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2881>
- Augeri, F. (2010) (26 de Octubre del 2017). *Vehículos Híbridos*. Recuperado el 2010 de junio de 10, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor-del-toyota-prius.html>
- Augeri, F. (2010) (Recuperado de: 28 de Octubre de 2017). *www.cise.com*. Obtenido de *www.cise.com*: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor-del-toyota-prius.html>
- Barba, A. M. (2012) (Recuperado el: 29 de noviembre de 2016). *Sistema de seguridad y confortabilidad JEREZ Y CABALLERO*. Obtenido de Sistema de seguridad y confortabilidad JEREZ Y CABALLERO: http://sscalejandro.blogspot.com/2012_11_01_archive.html
- Bharathan, Chaney, Farrington, Lustbader, Keyser, & Rugh, D. (2007). Vehicle Test and Analysis from NREL's A/C. *Vehicle Thermal Management*, 20 - 24.
- Cabrera, B. M. (2015) (06 de agosto de 2017). *canarias ingenieria*. Obtenido de *canarias ingenieria*: http://canariasingenieria.com/aire_acondicionado_vehiculos/

- Carlos. (2015) (Recuperado el: 12 de mayo de 2017). *Nergiza*. Obtenido de <https://nergiza.com/consume-gasolina-el-aire-acondicionado-del-coche-cuanta/>
- Carrier. (2012). *Manual de Aire Acondicionado*. New York: Mc GRAW-HILL.
- Cazorla, J. A. (2014) (Recuperado el: 20 de febrero de 2017). *Mecanicos* . Obtenido de EL blog del taller y reparacion del automovil: <http://www.blogmecanicos.com/2014/02/como-funciona-el-sistema-de-aire.html>
- Cepollone. (2015). *High efficiency air conditioning model based analysis for the automotive sector*. (149, Ed.) *International Journal Refrigeration*, 105.
- Cipollone, R., Valenti, G., Bianchi, G., Murgia, S., Contaldi, G., & Calvi. (15 de marzo de 2015). Energy saving in sliding vane rotary compressors using pressure swirl oil atomizers. *Journal of Process Mechanical Engineering*, 70- 95.
- CISE. (2010) (Recuperado en: 5 de Agosto el 2017). *www.cise.com*. Obtenido de www.cise.com: http://www.cise.com/portal/productos.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&category_id=11&product_id=68
- Clavero, D. (2014) (Recuperado el: 20 de mayo de 2017). *Diarimotor*. Obtenido de <http://www.diarimotor.com/tecmovia/2014/05/20/10-menos-de-consumo-en-hibridos-eliminando-las-perdidas-por-calor-de-la-electronica/>
- D. Bharathan, L. C. (2007). Vehicle Test and Analysis from NREL's A/C . *Vehicle Thermal Management*, 20 - 24.
- Daly, S. (2009). Aire Condicionado. En *Automotive Air-conditioning and Climate Control Systems* (págs. 73-74).

- Daniel. (2014) (Recuperado en 16 Julio 2017). *Aficionados a la mecanica*.
Obtenido de Aficionados a la mecanica:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>
- David Clavero. (2012) (Recuperado el 20 de febrero de 2017). *Diario Motor*.
Obtenido de
<https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/02/27/compresor-ac-electrico-denso-optima-temperatura-con-el-menor-consumo/>
- David, P. (2004). *Sistemas de Climatizacion*. Madrid: Thomson.
- Estratégicos, M. C. (2015) (Recuperado el 20 de diciembre de 2016).
Ministerio de Coordinador de Sectores Estratégicos. Obtenido de
<http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/>
- Fla, O. (s.f.). Extreme Temperatures Affect Electric Vehicle Driving Range,
AAA Says. California.
- Franco, J. M. (2006). *Manual de refrigeración*. Barcelona: Reverté.
- González, M. Á. (2007). Sistemas de seguridad y confortabilidad. En M. Á.
González, *Sistemas de seguridad y confortabilidad* (pág. 32). España:
Editex.
- Hannan MA, A. F. (2014). Hybrid electric vehicles and their challenges: A
review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 135–150.
- Hannan, Azidin, & Mohamed. (January de 2014). Hybrid electric vehicles and
their challenges: A review. *Renewable and Sustainable Energy
Reviews*, 29, 135–150.
- Hernández, G. (1997). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeracion*.
España: Limusa S.A.
- IBÁÑEZ. (2012) (Recuperado el: 27 de Agosto de 2017). *Xataka* . Obtenido
de Tecnología para el coche: todo sobre la tecnología híbrida:
<http://www.xataka.com/automovil/tecnologia-para-el-coche-todo-sobre-la-tecnologia-hibrida>

- INEC. (2014). *Estadísticas de transporte*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INECC. (2007). *Instituto de Ecología y Cambio Climático*. México.
- INEN. (2015) (Recuperado de: 12 de Marzo de 2017). *Vehículos de transporte público*. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/nte_inen_2902.pdf
- INEN. (2014). *Normativa Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de Normativa Técnica Ecuatoriana: file:///C:/Users/Daniel/Downloads/NORMA-2495_AC.pdf
- Kubo, T. (2014). *Japón Patente nº US 8786227 B2*.
- LiveWire. (2015). Obtenido de <http://electronica-basicaa.blogspot.com/2014/10/live-wire-y-pcb-wizard.html>
- Lizzy, M. (2013). Performance of a hybrid vehicle and of an internal combustion vehicle under real-world drive conditions in a Mexican city. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29.
- Manitoba, U. o. (2013) (Recuperado en 7 de junio de 2017). *UMSL Política de Seguridad Humidex*. Obtenido de UMSL Política de Seguridad Humidex: http://www.umleagues.ca/leagues/custom_page.cfm?leagueID=21287&clientID=3551&pageID=14623
- Manjarres, F. (2016). *Dinámica de fluido computacional*. Quito: S/N.
- Mata, C. F. (2004) (Recuperado en enero de 2017). *Sistema de Climatización de Automóviles*. Obtenido de <http://www.ingenierias.uanl.mx/22/sistemas.PDF>
- mecanica, T. (2007) (Recuperado el: 15 de Agosto de 2017). *Curso de aire acondicionado*. Obtenido de Curso de aire acondicionado: <http://www.todomecanica.com/blog/29-curso-aire-acondicionado.html>

- Meganeboy, D. (2016) (Recuperado en 2017). *Aficionados a la Mecánica*.
Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/manuales/Sistema%20de%20calefaccion%20en%20el%20automovil.pdf>
- Menchaca, L. (2013). Performance of a hybrid vehicle and of an internal combustion vehicle under real-world drive conditions in a Mexican city. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29.
- MICSE. (2015). *Importancia en el uso eficiente de vehículos*. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). Quito: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.
- Mitchell. (2011). Information Services. En Mitchell, *Manual de Reparacion de Sistema de Aire Acondicionado Automotrices* (pág. 12). Mexico : Prentice Hall.
- Mitchell. (2011). Manual de Reparacion de Sistemas de Aire Acondicionado Automotrices. En I. Service, *Manual de Reparacion de Sistemas de Aire Acondicionado Automotrices* (pág. 12). Mexico: Pretice Hall.
- Najima, K., Kagawa, F., & Fukasaku, H. (2010). *Japón Patente nº US 20100315024 A1*.
- ONI. (2004) (Recuperado en 10 de Julio del 2017). *ONIescuelas*. Obtenido de http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/eolica_y_molinos/capitulo_1/cap_1_2.htm
- Orlando, F. (Recuperado el 20 de Marzo de 2014). Extreme Temperatures Affect Electric Vehicle Driving Range, AAA Says. California.
- R. Cipollone, D. D. (23 de 12 de 2015). High efficiency air conditioning model based analysis for the automotive sector. (149, Ed.) *International Journal Refrigeration*, 105.
- Robert, P. (s.f.). Acondicionamiento del aire . En P. Robert, *Acondicionamiento del aire* (pág. 178).

- Roberto, C., Gianluca, V., Giuseppe, B., Stefano, M., & Giulio, C. (15 de marzo de 2015). Energy saving in sliding vane rotary compressors using pressure swirl oil atomizers. *Journal of Process Mechanical Engineering*, 70- 95.
- Roy, D. (2004). Principios de Refrigeracion . En D. Roy.
- Rugh, Hovland, & Andersen. (15 de April de 2004). Significant Fuel Savings and Emission Reductions by Improving. *Annual Earth Technologies Forum and Mobile Air Conditioning Summit*.
- Skala, F. (2014) (Recuperado el: 10 de Abril de 2017). *Cise electronica*. Obtenido de Cise electronica: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/696-compresores-de-aire-acondicionado-en-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos-y-el%C3%A9ctricos.html>
- Skala, F. (2014) (Recuperado el: 10 de Abril de 2017). *www.cise.com*. Obtenido de *www.cise.com*: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/696-compresores-de-aire-acondicionado-en-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos-y-el%C3%A9ctricos.html>
- Solidworks. (1997) (Recuperado en: 15 de Junio del 2017). Obtenido de http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga_primer_capitulo_libro_solidworks.pdf
- Sordo, Á. (2014) (Recuperado el: 30 de 06 de 2017). *Uva Doc*. Obtenido de Biblioteca universitaria: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/4989?mode=full>
- Sosa, I. J. (2012) (Recuperado el: 31 de enero de 2017). *Category Curso Refrigeracion Automotriz*. Obtenido de Category Curso Refrigeracion Automotriz: <http://www.inedoms.com/Cursos/category/curso-refrigeracion-automotriz/>
- Tom, B. (2011). NATEF Correlated Task Sheets for Automotive Heating and Air Conditioning. En B. Tom, *NATEF Correlated Task Sheets for Automotive Heating and Air Conditioning* (págs. 52,55). Boston: Prentice Hall.

Torregrosa B, P. J. (1 de December de 2011). Modelling of mobile air conditioning. *European workshop MAC, 4*.

Torregrosa, Payá, Corberán. (1 de December de 2011). Modelling of mobile air conditioning. *European workshop MAC, 4*.

TOYOTA. (2010) (Recuperado en Abril de 2017). *CALEFACCIÓN / AIRE ACONDICIONADO*. Obtenido de SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO:

<https://techinfo.toyota.com/t3Portal/resources/jsp/siviewer/index.jsp?dir=rm/RM1290U&href=xhtml/RM000002N2A00HX.html&locale=es&model=Prius&>

TOYOTA. (2016) (Recuperado el: 10 de Abril de 2016). *Sistema de Aire Acondicionado*. Obtenido de www.techinfo.toyota.com:
<https://techinfo.toyota.com/t3Portal/resources/jsp/siviewer/index.jsp?dir=rm/RM1290U&href=xhtml/RM000002N2A00HX.html&locale=es&model=Prius>

Vega, J. (2013) (Recuperado el: 13 de junio de 2017). *Psicrometría*. Obtenido de Psicrometría: <http://psicrometria-imi131.blogspot.com/2013/11/carta-psicrometrica.html>

Whitman, W., & Jhonson, W. (2000). *Tecnología de Refrigeración Y Aire Acondicionado*. España: Paraninfo, S.A.

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **HENRY DANIEL PAUCAR JARRÍN** y **VÍCTOR ALFONSO YUPA LOJA**.

En la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de agosto del 2017.

Ing. Germán Erazo

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO