

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Diseño, Construcción e Implementación de un Sistema Simulador de Funcionamiento y Fallas Didáctico de Motor Electrónico Caterpillar C15, para el Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA – Caterpillar

Autor: Walter Amit Cruz Gordillo

Director: Ing. Alex Imbaquingo

Quito, Enero 2017

Certificación

Yo, Walter Amit Cruz Gordillo, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente por ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

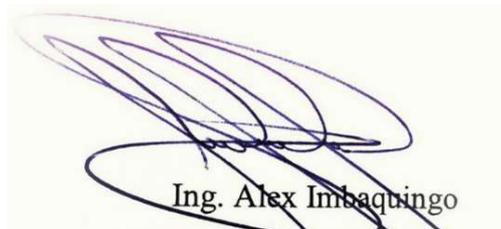
Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Walter Amit Cruz Gordillo

CI: 1716969199

Yo, Alex Imbaquingo certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Ing. Alex Imbaquingo
Director de Proyecto de Tesis

Dedicatoria

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo con todo mi amor y cariño a mi esposa Jimena mis tres hijos Nicolás, María Augusta y Emilia que son mi principal motivación y fuerza más grande para seguir con mi propósito. A toda mi familia en especial a mis padres y hermanos por las palabras de aliento y apoyo incondicional que ayudaron a culminar este proyecto.

Walter Amit Cruz G.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme cumplir con este objetivo, a mi familia por todo su apoyo y sacrificio para que yo pueda terminar el presente proyecto.

Dejo una grata constancia a La UNIVERSIDAD INTENACIONAL DE ECUADOR quien brindo su apoyo para la realización de esta tesis, en especial al Ing. Alex Imbaquingo por toda su apertura, colaboración y paciencia para la ejecución de este proyecto.

También un completo agradecimiento a la empresa IIASA y a sus respectivas autoridades, por brindarme su apoyo y permitirme ejecutar en sus instalaciones mi trabajo de grado, muchas gracias a compañeros de trabajo, instructores y supervisores que supieron prestar su ayuda en la ejecución de esta meta.

Walter Amit Cruz G.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
Introducción	xxiv
CAPITULO I.....	1
1. PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Sistematización del Problema	2
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.	3
1.5. Justificación y Delimitaciones de la Investigación	4
1.5.1. Justificación Teórica.....	4
1.5.2. Justificación Metodológica.....	4
1.5.3. Justificación Práctica.....	5
1.5.4. Delimitación Temporal.....	6
1.5.5. Delimitación Geográfica.....	6
1.5.6. Delimitación del Contenido.....	6
1.6. Hipótesis.....	7
1.6.1. Variable de Hipótesis.....	7
1.6.2. Operación de Variables.	7
CAPITULO II	11

2.	MARCO TEÓRICO.....	12
2.1.	Descripción del Motor Caterpillar C15 MEUI.....	12
2.1.1.	Información del Motor.....	12
2.1.2.	Especificaciones del Motor.	12
2.1.3.	Características del Motor Electrónico.	13
2.2.	Motor Caterpillar C15 Básico	14
2.2.1.	Bloque de Motor y Cabezote de Cilindros.	14
2.2.2.	Pistón, Anillos y Bielas.	15
2.2.3.	Cigüeñal.....	15
2.2.4.	Amortiguador de Vibraciones.	16
2.2.5.	Árbol de Levas.....	17
2.2.6.	Sistema de Admisión y Escape.....	17
2.2.7.	Sistema de Lubricación.	22
2.2.8.	Sistema de Enfriamiento.....	24
2.2.9.	Sistema Eléctrico del Motor.	26
2.3.	Sistema de Combustible MEUI.....	29
2.3.1.	Componentes Mecánicos del Sistema de Combustible.....	30
2.3.2.	Circuito de Suministro de Combustible de Baja Presión.	31
2.3.3.	Sincronización y Entrega de la Inyección de Combustible.....	33
2.3.4.	Componentes y Operación del Inyector Unitario.	34
2.4.	Sistema de Control Electrónico del Sistema de Combustible MEUI.....	39
2.5.	Señales Electrónicas.....	43
2.5.1.	Corriente Alterna.	44
2.5.2.	Señal Analógica.....	45
2.5.3.	Señal Digital.	45

2.5.4.	Modulación de Pulso de Ancho.....	46
2.6.	Componentes de Entrada.....	46
2.6.1.	Sensores.....	46
2.7.	Voltaje Pull-Up	57
2.8.	Medición de Sensores.....	58
2.9.	Componentes de Salida o Actuadores.....	60
2.9.1.	Solenoides.....	60
2.9.2.	Relés.....	60
2.9.3.	Indicadores de Alerta.....	61
2.10.	Componentes de Control.....	61
2.10.1.	Modulo Electrónico de Tipo Monitor.....	62
2.10.2.	Panel EMCP 4.....	62
2.10.3.	Módulo Electrónico del Tipo Control.....	66
2.11.	Estructura Básica de un ECM de Motor.....	73
2.11.1.	Características Eléctricas.....	74
2.11.2.	Hardware y Software.....	75
2.11.3.	El Modulo de Personalidad.....	75
2.11.4.	Códigos de Diagnostico de Falla.....	76
2.11.5.	Código de Diagnóstico.....	76
2.11.6.	Lista de Códigos de Diagnostico.....	78
2.11.7.	Código de Suceso o Evento.....	84
2.12.	Redes de Comunicación Caterpillar.....	87
2.12.1.	ATA DATA LINK (American Trucking Association).....	88
2.12.2.	CAN DATA LINK (Control Area Network).....	88
2.12.3.	CDL DATA LINK (Caterpillar Data Link).....	90

2.13.	Electronic Technician.....	90
2.13.1.	Características del ET.....	91
2.14.	Adaptador de Comunicación y Adaptador Serial.....	93
2.15.	Conectores.....	94
2.15.1.	Conectores Deutsch (SERIES HD10, DT, TYCO, CE Y DRC).....	94
2.15.2.	Conectores AmpSeal.	95
CAPITULO III.....		96
3.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	97
3.1.	Métodos de Investigación.....	97
3.2.	Tipo de Estudio.....	97
3.3.	Recopilación de Información y Tipos de Fuentes.....	98
3.3.1.	Tipos de Fuentes de Información.	98
3.3.2.	Recopilación de Información.....	99
3.3.3.	Población y Muestreo.	99
3.4.	Reactivos de Investigación.....	102
3.4.1.	Encuesta.....	102
3.4.2.	Entrevista.....	104
3.4.3.	Observación Directa.	105
3.5.	Procesamiento de la Información.....	106
3.6.	Análisis y Discusión de Resultados.	107
3.6.1.	Resultados de las Encuestas.	107
3.6.2.	Discusión de resultados de las Entrevistas.	108
3.6.3.	Análisis y Conclusiones de las Entrevistas.....	109
3.6.4.	Resultados de la Observación Directa.....	111
CAPITULO IV.....		112

4.	DISEÑO DE SISTEMA.....	113
4.1.	Diseño y Requerimiento del Proyecto.....	113
4.2.	Diseño de la Estructura del Sistema Didáctico.	113
4.2.1.	Trazo del Plano del Sistema Simulador.....	114
4.2.2.	Plano de Perspectiva del Sistema Didáctico.....	115
4.2.3.	Análisis de la Estructura.	115
4.2.4.	Resultados del Análisis en el Software AutoDesk Inventor Mechanical.	120
4.2.5.	Criterio de Selección del Material.....	125
4.2.6.	Selección del Método de Soldadura.	126
4.2.7.	Selección de Imagen para Sistema Simulador.....	126
4.3.	Diseño Eléctrico del Sistema Didáctico.....	127
4.3.1.	Circuito de Alimentación Principal.....	127
4.3.2.	Circuito del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.....	129
4.3.3.	Circuito del Sistema Simulador.....	130
4.4.	Diseño Electrónico del Simulador.....	131
4.4.1.	Simulación de Señales.....	131
4.4.2.	Tarjeta Electrónica para Simulación de Señales.....	132
4.5.	Componentes y Ruteado de Tarjeta.....	133
4.5.1.	Diagrama de flujo.....	135
4.5.2.	Programación en BASCOM-AVR para el microcontrolador.....	136
4.6.	Comunicación.....	136
4.6.1.	Configuración de la comunicación.....	136
	CAPITULO V.....	137
5.	CONSTRUCCION DEL SISTEMA SIMULADOR.....	138
5.1.	Construcción de la Estructura Metálica.....	138

5.2.	Construcción del Control de Simulación.	141
5.3.	Componentes del Sistema Simulador.....	143
5.3.1.	Sensor Temperatura de la Admisión.	144
5.3.2.	Sensor de Presión de Múltiple de Admisión.	145
5.3.3.	Sensor de Temperatura de Refrigerante.	145
5.3.4.	Sensor Primario Velocidad/Tiempo.	146
5.3.5.	Sensor Secundario de Velocidad/Tiempo.....	147
5.3.6.	Sensor de Presión de Aceite de Motor.....	148
5.3.7.	Sensor de Presión de Combustible.	149
5.3.8.	Sensor de Temperatura de Combustible.....	150
5.3.9.	Sensor de Presión Atmosférica.....	150
5.3.10.	Harness de Motor.....	151
5.3.11.	Conectores Eléctricos.	154
5.3.12.	Módulo de Control Electrónico ADEM A4.	157
5.3.13.	Panel de Control Electrónico EMCP 4.2.....	159
5.3.14.	Fuente de alimentación Rainproof 24 VDC	160
5.3.15.	Control de Simulador.....	162
5.4.	Ensamblaje General de Sistema Simulador	163
CAPITULO VI.....		166
6.	COMPROBACION Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA SIMULADOR.....	167
6.1.	Instrumentos de comprobación y diagnostico	167
6.2.	Comprobación de alimentación al sistema en general.	169
6.3.	Configuración y comprobación del Módulo de Control Electrónico.....	169
6.3.1.	Programación Flash del ECM.....	169
6.3.2.	Contraseñas del Cliente.	170

6.3.3.	Parámetros de Configuración del Sistema.....	171
6.4.	Comprobación del sistema de inyección MEUI.....	174
6.4.1.	Comprobación del Sistema de Voltaje al ECM.....	175
6.4.2.	Comprobación de las Comunicaciones del enlace de datos J1939.....	175
6.4.3.	Comprobación a la fuente de alimentación para sensores de 5VDC.....	176
6.4.4.	Comprobación de Parámetros Programables.....	176
6.4.5.	Comprobación del Sensor Temperatura de la Admisión.....	177
6.4.6.	Comprobación Sensor de Temperatura de Refrigerante.....	178
6.4.7.	Comprobación del Sensor de Temperatura de Combustible.	179
6.4.8.	Comprobación Sensor Primario Velocidad/Tiempo.....	181
6.4.9.	Comprobación Sensor Secundario Velocidad/Tiempo.....	183
6.4.10.	Comprobación del Sensor de Presión de Múltiple de la Admisión.....	186
6.4.11.	Comprobación del Sensor de Presión de Aceite de Motor.	186
6.4.12.	Comprobación del sensor de Presión de Combustible.	187
6.4.13.	Comprobación del Sensor de Presión Atmosférica.	188
CAPITULO VII.....		189
7.	ELABORACION DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	190
7.1.	Introducción	190
7.2.	Objetivos	190
7.3.	Seguridad.....	190
7.3.1.	Avisos de seguridad.....	190
7.4.	Lugar de Instalación	194
7.5.	Antes de Encender el Sistema	194
7.6.	Operación	194
7.6.1.	Encendido y Apagado.....	195

7.6.2.	Autodiagnóstico.....	195
7.6.3.	Registro de Fallas.	195
7.6.4.	Operación del sistema simulador con Códigos Activos.	196
7.6.5.	Operación del sistema con Códigos de Diagnóstico Intermitentes.	196
7.7.	Mantenimiento	197
7.7.1.	Intervalos de Mantenimiento.....	197
7.7.2.	Listado de actividades a realizar en el mantenimiento.....	198
7.8.	Reacondicionamiento	199
7.9.	Almacenamiento del Sistema Simulador	199
7.10.	Características Generales	199
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	200
8.1.	Conclusiones	200
8.2.	Recomendaciones.....	202
8.2.1.	Recomendaciones Generales.....	202
8.2.2.	Recomendaciones con el Sistema Simulador.....	203
	BIBLIOGRAFÍA.....	204
	ANEXOS.....	205
	ANEXOS 1. Esquema y formato de la encuesta.	205
	ANEXOS 2. Esquema de preguntas para la entrevista.....	209
	ANEXOS 3. Resultados de la encuesta.....	212
	ANEXOS 4. Resultados de las entrevistas.....	222
	ANEXOS 5. Resultados de la observación directa.....	227
	ANEXOS 6. Planos de la estructura del sistema simulador.....	234
	ANEXOS 7. Diagrama eléctrico de motor C15.....	235
	ANEXOS 8. Programación del microcontrolador ATXMEGA256A3BU	236

ANEXOS 9. Plano para corte y doblado de estructura.....	248
---	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultado de la prueba Pre-Tesis	8
Tabla 2: Tabla de minimos cuadrados Pre-Tesis	9
Tabla 3: Tabla de función lineal Pre-Tesis.....	10
Tabla 4: Especificaciones del Motor Caterpillar C15 MEUI.....	13
Tabla 5: Parámetros y tolerancias de sensores	59
Tabla 6: Puntos de medición de sensores y estado de motor	59
Tabla 7: Tipos de módulos de control electrónico	67
Tabla 8: Referencia cruzada para SPN-FMI y CID FMI	79
Tabla 9: Definiciones de CAT de los códigos FMI	80
Tabla 10: Identificación de módulos que combinan con ECM.....	84
Tabla 11: Técnicas de recopilación de información.....	99
Tabla 12: Resultados de encuesta realizada a Técnicos de servicio	108
Tabla 13: Resultados de la observación directa a las instalaciones CDT.	111
Tabla 14: Propiedades de aluminio estructural ASTM 6061	119
Tabla 15: Valores de la Tensión.....	123
Tabla 16: Valores de Tensión Elástica Equivalente Máxima	123
Tabla 17: Valores de Tensión Elástica Equivalente Mínima	124
Tabla 18: Características del sensor de temperatura de la admisión.....	144
Tabla 19: Características de sensor de presión de múltiple de admisión.....	145
Tabla 20: Características del sensor de temperatura de refrigerante.....	146

Tabla 21: Características de sensor primario velocidad/tiempo.....	147
Tabla 22: Características de sensor secundario velocidad/tiempo	148
Tabla 23: Características de sensor de presión de aceite de motor	149
Tabla 24: Características de sensor de presión de combustible	149
Tabla 25: Características del sensor de temperatura de combustible.....	150
Tabla 26: Características de sensor de presión atmosférica.....	151
Tabla 27: Códigos de colores de cables	153
Tabla 28: Características de conectores	155
Tabla 29: Características de conectores	156
Tabla 30: Características principales de la fuente de alimentación	161
Tabla 31: Cuadro de tareas de mantenimiento sistema simulador	198

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación IIASA – Caterpillar	6
Figura 2: Grafica de función lineal Pre-Tesis	10
Figura 3: Motor Caterpillar C15 MEUI	12
Figura 4: Ubicación de los cilindros y de las valvulas	12
Figura 5: Diagrama de los conductos de aceite en el cigüeñal.....	16
Figura 6: Componentes de admisión y escape	17
Figura 7: Sección transversal del turbocompresor	19
Figura 8: Partes de turbocompresor con válvula de descarga de gases de escape	19
Figura 9: Componentes del sistema de valvulas	21
Figura 10: Componentes del tren de engranajes	21
Figura 11: Diagrama y componentes del flujo de aceite del motor	23
Figura 12: Diagrama de sistema de enfriamiento.....	25
Figura 13: Componentes de alternador	26
Figura 14: Componentes del motor de arranque eléctrico	27
Figura 15: Componentes de sistema de combustible	30
Figura 16: Circuito de baja presión de combustible.....	31
Figura 17: Sincronización y entrega de inyección	33
Figura 18: Componentes del Inyector	34
Figura 19: Ubicación del inyector en el cabezote	35
Figura 20: Mecanismo del Inyector Unitario	35

Figura 21: Preinyección de combustible	36
Figura 22: Inyección de combustible	37
Figura 23: Final de la inyección de combustible.....	37
Figura 24: Llenado de combustible.....	38
Figura 25: Componentes del sistema electronico, lado izquierdo.....	39
Figura 26: Componentes en parte frontal.....	39
Figura 27: Componentes parte superior	40
Figura 28: Parametros de motor	42
Figura 29: Tipos de señal	43
Figura 30: Señal de corriente alterna.....	44
Figura 31: Señal analogica	45
Figura 32: Señal digital	45
Figura 33: Modulación de pulso de ancho	46
Figura 34: Sensores de frecuencia.....	47
Figura 35: Sensor de frecuencia magnetico	48
Figura 36: Funcionamiento de sensor magnetico.....	49
Figura 37: Sensor de Efecto Hall	50
Figura 38: Rueda dentada y sensor efecto Hall.....	50
Figura 39: Componentes de sensores por efecto hall	51
Figura 40: Señal de efecto Hall.....	51
Figura 41: Sensores analogicos	52

Figura 42: Señales de sensor analogicos	53
Figura 43: Componentes internos sensor analogico.....	53
Figura 44: Sensores analogos de presión	54
Figura 45: Mapa de derrateo por altitud.....	55
Figura 46: Sensor digital de alta presión.....	56
Figura 47: Modulación en anchura de pulso	57
Figura 48: Entrada típica de sensor	57
Figura 49: Voltaje Pull Up	58
Figura 50: Clavijas y mediciones de sensores.....	59
Figura 51: Solenoide del inyector de combustible.....	60
Figura 52: Diagrama básico de rele.....	60
Figura 53: Indicadores de alerta	61
Figura 54: EMCP 4	63
Figura 55: Tablero del sistema de control EMCP 4	64
Figura 56: ADEM I.....	67
Figura 57: ADEM II.....	68
Figura 58: ADEM III.....	69
Figura 59: ADEM A4.....	70
Figura 60: Estructura de ECM de motor	73
Figura 61: Funcionamiento ECM.....	74
Figura 62: Gama de operación de sensores.....	87

Figura 63: Conector ATA DATA	88
Figura 64: Control Distribuido.....	89
Figura 65: Interfaz de Comunicación Caterpillar Adapter III.....	90
Figura 66: Logo de Electronic Technician (ET)	91
Figura 67: Pantalla de ET (Electronic Technician).....	92
Figura 68: Conjunto de Adaptador de Comunicaciones III	93
Figura 69: Conectores Deutsch	94
Figura 70: Conectores AmpSeal	95
Figura 71: Estación de trabajo con altura para trabajo liviano y pesado.....	114
Figura 72: Medidas de estructura	115
Figura 73: Esquema del sistema didáctico	115
Figura 74: Diagrama de cuerpo libre de la estructura	117
Figura 75: Diagrama de Fuerza Cortante	118
Figura 76: Diagrama de Momento Flector.....	118
Figura 77: Simulación de las cargas que soporta la estructura	120
Figura 78: Colocación de restricciones a la estructura.....	121
Figura 79: Asignación de material a la estructura.....	121
Figura 80: Mallado de la estructura del sistema didáctico	122
Figura 81: Diagrama de desplazamientos de la estructura.....	122
Figura 82: Esfuerzos de Von Mises	123
Figura 83: Primer esfuerzo principal.....	124

Figura 84: Deformación Elastica Mínima	124
Figura 85: Factor de Seguridad de la estructura.....	125
Figura 86: Soldadura Miller para TIG.....	126
Figura 87: Imagenes de Motor Caterpillar C15 Industrial	127
Figura 88: Diagrama general de diseño del sistema didactico del Motor C15	127
Figura 89: Diagrama en bloques de la alimentación y protección de la fuente	128
Figura 90: Fuente de alimentación Rainproof 24V DC	128
Figura 91: Diagrama Electrico Motor C15	129
Figura 92: Diagrama en bloques de sistema simulador.....	130
Figura 93: Registro de señales de sensores reales.....	132
Figura 94: Microcontrolador ATXMEGA256A3BU.....	132
Figura 95: Circuito de control y recolección de señales del simulador	133
Figura 96: Ruteado de la tarjeta	134
Figura 97: Apariencia final de la tarjeta.....	134
Figura 98: Caja de protección para tarjeta de simulación	135
Figura 99: Diagrama de flujo	135
Figura 100: Planchas de aluminio para estructura de simulador.....	138
Figura 101: Planos de corte y doblado de la estructura.....	139
Figura 102: Proceso de doblado de la estructura metalica	139
Figura 103: Proceso de suelda de la estructura	139
Figura 104: Instalación de bisagras y gomas	140

Figura 105: Seguros de apertura y cierre de la estructura	140
Figura 106: Complementos de estructura.....	141
Figura 107: Colocación de impresiones en estructura	141
Figura 108: Construcción de la tarjeta	142
Figura 109: Instalación y suelda de componentes electrónicos	142
Figura 110: Construcción de caja para tarjeta de simulación.....	143
Figura 111: Vista de componetes del motor C15	143
Figura 112: Diagrama del sensor de temperatura de la admisión	144
Figura 113: Diagrama del sensor de presión del multiple de admisión	145
Figura 114: Diagrama del sensor de temperatura del refrigerante	145
Figura 115: Diagrama de sensor primario velocidad/tiempo	146
Figura 116: Diagrama de sensor secundario velocidad/tiempo	147
Figura 117: Diagrama de sensor de presión de aceite de motor.....	148
Figura 118: Diagrama de sensor de presión de combustible.....	149
Figura 119: Diagrama de sensor de temperatura de combustible	150
Figura 120: Diagrama de sensor de presión atmosférica	150
Figura 121: Harness de motor	151
Figura 122: Estructura de harness de motor C15	152
Figura 123: Harness de sensores de combustible.....	153
Figura 124: Estructura de harness de sensores de combustible	153
Figura 125: Identificación de componentes de harness	154

Figura 126: Modulo de control electronico ADEM A4	157
Figura 127: Conector del ECM al harness del control del equipo	157
Figura 128: Diagrama de ECM, conector 70 pines	158
Figura 129: Conector del ECM al harness del motor.....	158
Figura 130: Diagrama de ECM, conector 120 pines.....	159
Figura 131: Panel de control EMCP 4.2	159
Figura 132: Fuente de alimentación principal.....	160
Figura 133: Diagrama de fuente de alimentación	161
Figura 134: Control de Simulador.....	162
Figura 135: Instalación de ECM	163
Figura 136: Instalación de sensores en simulador.....	163
Figura 137: Montaje de componentes de sistema	164
Figura 138: Instalación y aseguramiento de harness de motor	164
Figura 139: Instalación de panel EMCP y Control de Simulador.....	165
Figura 140: Instalación de cableado interno	165
Figura 141: Advertencia antes de la operación del sistema	167
Figura 142: Multímetro Fluke 87V	168
Figura 143: Adapter III y ET Caterpillar	168
Figura 144: Comprobación de alimentación de 24VDC al ECM.	169
Figura 145: Programación archivo Flash	170
Figura 146: Contraseñas de cliente	170

Figura 147: Parametros de configuración	171
Figura 148: Comprobación de sistema MEUI.....	174
Figura 149: Comprobación enlace de datos	175
Figura 150: Diagrama para comprobación de sensores de temperatura.....	177
Figura 151: Ubicación de pines y sockets para sensores de temperatura.....	177
Figura 152: Diagrama para sensores de velocidad/tiempo.....	180
Figura 153: Ubicación pines y sockets para sensores de velocidad/tiempo.....	181
Figura 154: Sensor de velocidad/tiempo fuera de calibración	181
Figura 155: Diagrama para sensores de presión.....	185
Figura 156: Ubicación de pines y sockets para sensores de presión	185
Figura 157: Peligro de electrocución	191
Figura 158: Advertencia de elección de voltaje	191
Figura 159: Peligro al manipular el sistema sin conocimiento previo	192
Figura 160: Advertencia de revisar el manual antes del uso del sistema.....	192
Figura 161: Advertencia de revisar el manual antes del uso del sistema.....	192
Figura 162: Advertencia de no operar sistema.....	193
Figura 163: Uso de equipo de protección personal.....	193
Figura 164: Ubicación de switch de encendido	195

Introducción

IIASA-Caterpillar, es una empresa que se dedica a la importación y distribución de equipos industriales y camineros de la marca Caterpillar para el Ecuador, tiene como objetivo ser una empresa líder en su mercado, requiriendo para ello tener personal técnico altamente calificado. Por ello ha desplegado varios tipos de centros de capacitación y entrenamiento tanto para el personal técnico. Existiendo dos centros de capacitación técnica en su matriz principal (Guayaquil) y sucursal (Quito) llamados “Centros de Desarrollo Técnicos” (C.D.T).

Las necesidades de la industria actual sumada a normas de emisiones más exigentes mundial han exigido el desarrollo de motores más potentes, pero a la vez eficientes. Caterpillar no se ha quedado detrás de estas exigencias y desarrollo el motor Caterpillar C15, debido a su gran demanda y fiabilidad está instalado en una variedad de equipos como excavadores, grupos generadores, aplicación marítima, transporte terrestre etc.

El Caterpillar C15 es un motor Diésel que utiliza un sistema de combustible de inyección directa MEUI (Mecánicamente Activado Electrónicamente Controlado), debido a las exigencias de las normas internacionales de control de emisiones TIER en Estados Unidos y STAGE en la Unión Europea.

Es un motor que requiere alto entrenamiento para poder solucionar problemas que podrían presentarse sobre todo en su sistema de combustible controlado electrónicamente, por ello el CDT viene ejecutando el entrenamiento del motor Caterpillar C15 a los técnicos de servicio de la empresa, sin embargo, en busca de mejorar los niveles de entrenamiento se ejecuta el siguiente estudio que busco la manera de fortalecer dichos conocimientos.

Como podremos ver más adelante el resultado del estudio influyo para diseñar y desarrollar un sistema simulador del motor MEUI Caterpillar C15, que permitirá la interrelación entre la teoría y la práctica en la capacitación. Al ser implementado en el entrenamiento de los técnicos de servicio por parte del CDT, se busca influir en la calidad y tiempo cuando el técnico de servicio lo ejecute en sus tareas encomendadas ya en el campo de trabajo, ayudando las metas y objetivos deseados de la empresa IIASA.

CAPITULO I

1. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La empresa IIASA mediante sus Centros de Desarrollo Técnico capacita a los técnicos de servicio, con el afán de garantizar en un corto plazo el mejoramiento de la calidad y capacidad de estos al momento de diagnosticar fallas en las máquinas Caterpillar. Con el fin de mejorar el nivel de conocimiento de los técnicos se observó que en el centro de capacitación (CDT) de la ciudad de Quito no cuenta con un simulador o módulo de capacitación que le permita visualizar clara y didácticamente los componentes del sistema de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, trayendo como consecuencia retrasos a la hora de la detección de una falla en la operación del motor, disminuyendo así la eficacia y la eficiencia esperada al realizar esta tarea.

1.2. Formulación del Problema

¿Es factible el diseño y construcción de un sistema simulador didáctico de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, que gracias a sus funciones sirva como herramienta fundamental para la capacitación de los técnicos de servicio, con el fin de mejorar el nivel de conocimiento por parte del Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA, en la ciudad de Quito?

1.3. Sistematización del Problema

Al momento de sintetizar el problema, se formulan sub-preguntas que plantean sobre temas específicos que se han observado en el planteamiento del problema.

1. ¿Cuál es el nivel actual de conocimiento con respecto al sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 por parte de los técnicos de servicio de la empresa IIASA?
2. ¿Cuáles son las características de funcionamiento del motor Caterpillar C15 y su sistema de inyección electrónico MEUI?
3. ¿Existe un sistema didáctico en el Centro de Desarrollo Técnico de la ciudad de Quito para las prácticas del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15, donde los técnicos de servicio puedan adquirir conocimientos del funcionamiento?

4. ¿Cuál es el funcionamiento del sistema didáctico de inyección electrónica MEUI del Motor Caterpillar C15?
5. ¿Cómo se desarrolló el diseño del sistema didáctico?
6. ¿Es necesario realizar el manual de operación y mantenimiento del sistema didáctico?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar, construir e implementar un sistema simulador didáctico del motor Caterpillar C15, que sirva como herramienta básica para el entrenamiento en el sistema de inyección electrónica MEUI, donde podrá aplicar los conceptos teóricos, buscando así elevar el nivel de conocimiento por parte de los técnicos de servicio del Centro de Desarrollo Técnico (CDT) de la empresa IIASA, en la ciudad de Quito.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos del siguiente proyecto son:

1. Medir e investigar el nivel de conocimiento que tienen actualmente los técnicos de servicio de la empresa IIASA con respecto al sistema de inyección MEUI del motor Caterpillar C15.
2. Investigar y recopilar información sobre las características generales y principales del Motor Caterpillar C15.
3. Efectuar los cálculos de ingeniería para el diseño y construcción del sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15, y realizar su respectivo dimensionamiento.
4. Construir dicho sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 con elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, y describir su funcionamiento.
5. Simular las fallas y verificar señales y comportamiento del sistema didáctico.
6. Desarrollar un manual de operación y mantenimiento del sistema didáctico.

1.5. Justificación y Delimitaciones de la Investigación

1.5.1. Justificación Teórica.

La base teórica del presente proyecto se fundamenta en la investigación para el desarrollo de un sistema didáctico que permita mejorar el aprendizaje por parte de técnicos de servicio. Para ello se requiere analizar como primera instancia conceptos básicos del motor Caterpillar C15, conocer sus principios de funcionamiento, características y sistemas.

La justificación teórica está basada en las consultas bibliográficas de documentos, manuales y guías de servicio editadas y distribuidas por Caterpillar, catálogos comerciales y libros que permitan sustentar su contenido, y de otras tesis de diferentes autores que han sido aprobadas y relacionadas con las definiciones establecidas en este proyecto. Se dispondrá de páginas de internet especializadas del fabricante de internet que proporcionará gran cantidad de información técnica.

Previo al diseño y elaboración del equipo se investigará temas fundamentales para el correcto entendimiento del proceso de construcción tomando en cuenta definiciones, teorías, aplicaciones, sistemas de unidades y tablas indicativas de propiedades de los materiales usados en este proceso.

1.5.2. Justificación Metodológica.

El propósito de esta investigación será diseñar, construir e implementar un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 para el Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA que permita mejorar dar un apoyo tanto al instructor como al técnico de servicio en el proceso de aprendizaje.

El tipo de metodología a utilizar en esta investigación será de tipo científico, documental, investigativo, descriptivo y de campo, el proceso metodológico ayuda a que los lineamientos investigativos sean los adecuados para obtener la información esperada.

Durante la ejecución del proyecto se revisará los materiales usados en el equipo de entrenamiento, sus cualidades físicas, eléctricas, electrónicas, mecánicas entre otros.

La metodología de este proyecto se desarrolla con un conjunto de acciones en las que las más importantes se indican a continuación:

1. Visita al taller principal de la empresa IIASA como al Centro de Desarrollo Técnico (CDT), en los cuales se observará y registrará novedades presentadas por los técnicos de servicio luego de recibir capacitación concerniente al motor MEUI C15 Caterpillar.
2. Recopilación de información situacional, ingeniería, diseño, teoría, funcionamiento, etc. Acudiendo a fuentes como, notas, encuesta, material bibliográfico, publicaciones especializadas, páginas web del fabricante, informativos comerciales, etc.
3. Diseño, construcción e implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.
4. Implementación del sistema didáctico en el Centro de Desarrollo Técnico (CDT) de la empresa IIASA.

1.5.3. Justificación Práctica.

La empresa IIASA como uno de los líderes en el segmento de la venta de repuestos y equipos de la marca Caterpillar, también provee de servicio técnico especializado, por ello siempre invierte y está al pendiente de contar con técnicos de servicio altamente calificados, de esta manera espera brindar a sus clientes un servicio técnico fiable, preciso y de calidad.

Al desarrollar el sistema didáctico como el que se plantea en este proyecto, los técnicos de servicio de la empresa IIASA, podrán analizar y comparar el comportamiento de las diferentes señales eléctricas simuladas por el sistema didáctico versus el funcionamiento normal determinado por el fabricante Caterpillar. Los sensores que se analizan forman parte de una serie de sistemas que controlan el adecuado funcionamiento del motor, por tal motivo el desarrollo de este proyecto permitirá que los técnicos de servicio lo utilicen en los cursos desarrollados por el Centro de Desarrollo Técnico (CDT), así mismo el proyecto permitirá que se beneficien los instructores dándoles un equipo adicional didáctico que permita el desarrollo práctico-teórico en las instalaciones del centro.

Con lo anterior daríamos un salto cualitativo en el proceso de formación de los técnicos del taller y participantes de cursos especializados sistema de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15.

1.5.4. Delimitación Temporal.

El proyecto será ejecutado en el periodo 2016 e inicios del 2017, la ejecución de la misma debería durar aproximadamente diez meses, luego de su aprobación por parte de las autoridades universitarias.

1.5.5. Delimitación Geográfica.

La realización y ejecución del proyecto se la realizará en el Distrito Metropolitano de Quito, las diferentes consultas e investigaciones se las realizará en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador.



Figura 1: Ubicación IIASA – Caterpillar
Fuente: Google Maps

El desarrollo, construcción e implementación se la realizara en el taller principal y laboratorios del Centro de Desarrollo Técnico (CDT), que está ubicada en la Av. Galo Plaza Lasso N74-401 y Juan de Selis.

1.5.6. Delimitación del Contenido.

El contenido de este proyecto describirá en forma general los problemas y dudas que presentan los instructores y técnicos de servicio por la falta de un equipo didáctico para su entrenamiento, esta información será procesada y servirá como fundamentos para el diseño y construcción del sistema didáctico de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, el cual será implementado en el Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA.

La presente investigación servirá, no solo para explicación del funcionamiento y evaluación del sistema eléctrico del motor Caterpillar C15, si no también, será la creación de una herramienta para realizar prácticas de medición y comprobación.

De ahí que la delimitación del contenido de esta investigación se determinara en base a la información y datos obtenidos durante la ejecución de la investigación.

1.6. Hipótesis

Con el diseño, construcción e implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 adecuado a las necesidades, se espera un entrenamiento eficaz en los técnicos de servicio, en la que podamos reflejar y analizar la simulación de fallas eléctricas o electrónicas especificando sus respectivas soluciones, mediciones, comprobaciones y ajustes, lo que incrementara el conocimiento de los estudiantes.

1.6.1. Variable de Hipótesis.

- a. Independiente X (Causa): Construcción Sistema Didáctico.
- b. Dependiente Y (Efecto): Optimizar Aprendizaje Técnicos de Servicio.

1.6.2. Operación de Variables.

1.6.2.1. Indicadores.

Para verificar el nivel de capacitación actual de los técnicos de servicio, se utilizó una encuesta a los técnicos de servicio, donde principalmente se cuestionó:

- Identificar los componentes principales del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.
- Reconocer función de componentes dentro del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.
- Identificar una condición de falla del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 y su posterior respuesta al sistema.
- Definir términos básicos del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.

La encuesta fue diseñada en conjunto con el CDT y se lo realizo a técnicos de servicio que se desempeñan en talleres, servicio de campo y de mantenimiento preventivo (CSA) de diferente nivel.

Variable Independiente (X). Nivel de capacitación actual.¹

- a. Técnico Nivel 1 con 1 años de experiencia
- b. Técnico Nivel 2 con 3 años de experiencia
- c. Técnico Nivel 3 con 4 años de experiencia
- d. Técnico Nivel 4 con 5 años de experiencia
- e. Técnico Nivel 5 con 6 años de experiencia

Variable Dependiente (Y). Mejoramiento de capacitación.

- a. Técnicos Nivel 1 40%
- b. Técnicos Nivel 2 45%
- c. Técnicos Nivel 3 52%
- d. Técnicos Nivel 4 57%
- e. Técnicos Nivel 5 64%

1.6.2.2. *Comprobación de la hipótesis.*

1.6.2.2.1. *Tablas estadísticas.*

Tabla 1: Resultado de la prueba Pre-Tesis

Observaciones	x (%)	y (%)
1	Técnicos Nivel 1	40
2	Técnicos Nivel 2	45
3	Técnicos Nivel 3	52
4	Técnicos Nivel 4	57
5	Técnicos Nivel 5	64

Fuente: Encuestados
Elaborado: Walter Cruz

¹ Esta clasificación está estructurada en orden ascendente, de menor capacitación (Técnico Nivel 1) a mayor nivel de capacitación (Técnico Nivel 5). El nivel lo determina el CDT bajo su política de habilidades, capacitación, evaluación y desempeño

Tabla 2: Tabla de minimos cuadrados Pre-Tesis

Observaciones	Datos históricos			Cálculos	
	x (%)	y (%)	x*x	y*y	x*y
Técnico 1	1	40	1	1600	40
Técnico 2	2	45	4	2025	90
Técnico 3	3	52	9	2704	156
Técnico 4	4	57	16	3249	228
Técnico 5	5	64	25	4096	320
Σ	15	258	55	13674	834
Promedio	3	51,6	11	2734,8	166,8

Fuente: Encuestados**Elaborado:** Walter Cruz1.6.2.2.2. *Formula de minimos cuadrados.*

$$b = \frac{(\Sigma y)^2(\Sigma x) - (\Sigma y)(\Sigma xy)}{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}$$

$$m = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}$$

Sustitución de valores:

$$b = \frac{(\Sigma y)^2(\Sigma x) - (\Sigma y)(\Sigma xy)}{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}$$

$$b = \frac{(258^2)(15) - (258)(834)}{5(13674) - (258)^2}$$

$$b = 433.7142857$$

$$m = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}$$

$$m = \frac{5(834) - (15)(258)}{5(13674) - (258)^2}$$

$$m = 0,166112957$$

1.6.2.2.3. *Formula ecuación línea recta.*

$$y = mx + b$$

$$y = 0,166112957x + 433.714285$$

Reemplazando los valores obtenidos en la fórmula de los mínimos cuadrados, obtengo la siguiente tabla de valores:

Tabla 3: Tabla de función lineal Pre-Tesis

X	Y
1	433,8804
2	434,0465
3	434,2126
4	434,3787
5	434,5449

Fuente: Encuestados
Elaborado: Walter Cruz

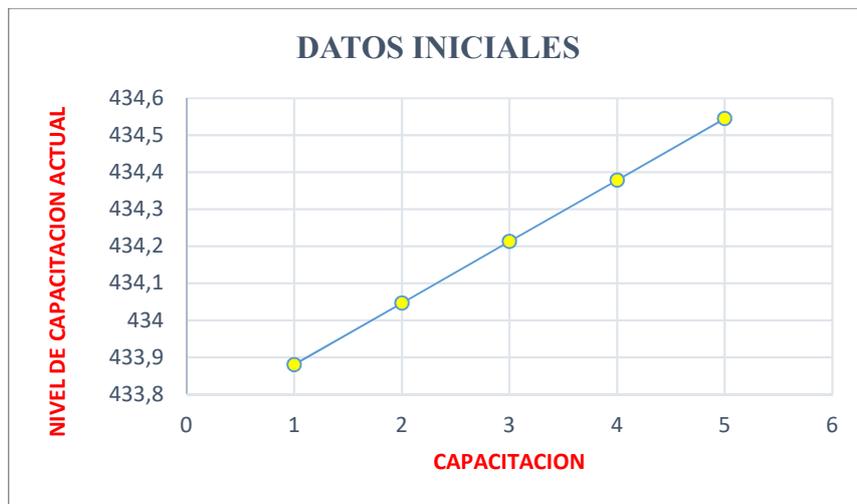


Figura 2: Grafica de función lineal Pre-Tesis

Fuente: Walter Cruz

1.6.2.3. *Observación.*

Queda demostrada gráfica y teóricamente el nivel con el que cuentan los técnicos de servicio, en donde se verifica una baja de conocimientos del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15, pudiendo esto generar pérdidas de tiempo, ineficiencia y diagnósticos errados de fallas al momento de trabajar con estos equipos.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción del Motor Caterpillar C15 MEUI



Figura 3: Motor Caterpillar C15 MEUI
Fuente: www.caterpillar.com

2.1.1. Información del Motor.

Los motores Caterpillar MEUI C15 cuentan con las siguientes características:

- Ciclo de cuatro tiempos
- Control electrónico del motor
- Sistema de inyección directa de combustible
- Inyectores unitarios controlados electrónicamente, activados mecánicamente
- Turbocompresor
- Post enfriador de aire a aire

2.1.2. Especificaciones del Motor.

El extremo delantero del motor se encuentra en el lado opuesto al extremo del volante. El lado izquierdo y el lado derecho del motor se determinan al observarse desde el extremo del volante. El cilindro Número 1 es el cilindro delantero.

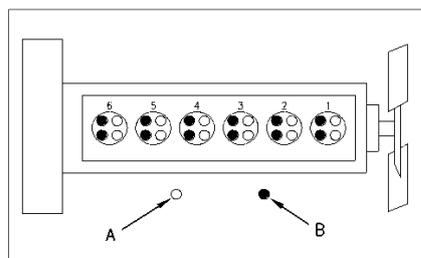


Figura 4: Ubicación de los cilindros y de las valvas
Fuente: <https://sis.cat.com>

Ubicación de los cilindros y de las válvulas

(A) Válvulas de entrada

(B) Válvulas de escape

Tabla 4: Especificaciones del Motor Caterpillar C15 MEUI

Especificaciones del Motor C15	
Cilindros y configuración	Seis cilindros en línea
Perforación	140mm (5,5 pulg)
Carrera	171mm (6,7 pulg)
Cilindrada	15,8L (964,2 pulg ³)
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Rotación (extremo del volante)	Hacia la izquierda

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

2.1.3. Características del Motor Electrónico.

Estos motores Caterpillar están diseñados específicamente para utilizar controles electrónicos, tienen una computadora integral a bordo denominada Módulo de Control Electrónico (ECM). El ECM controla las condiciones actuales del motor y los requerimientos de potencia a través de los sensores que envían información. Se calcula la respuesta óptima del motor y las instrucciones se envían a los sistemas de control del motor.

El control total del motor se realiza por medio del control del sistema de combustible y del sistema de velocidad/sincronización del motor. El sistema de control electrónico del motor proporciona las siguientes características:

- Regulación de la velocidad del motor
- Control de sincronización de la inyección
- Control automático de la relación aire/combustible
- Conformación de la reserva de par
- Protección y control del motor

El ECM controla la sincronización y velocidad del motor a través del circuito de velocidad/sincronización que consta de dos sensores de velocidad/sincronización. Durante el arranque del motor, el ECM usa la señal de sincronización del sensor secundario de velocidad/sincronización, luego el ECM usa la señal de sincronización del sensor primario

de velocidad/sincronización cuando la velocidad del motor es mayor que la velocidad de giro (arranque) del motor. La utilización de dos sensores para este circuito tiene varias ventajas. El ECM trata cada uno de los sensores de velocidad/sincronización como un componente discreto. Si la señal de uno de los sensores se vuelve sospechosa, el ECM utiliza la señal del otro sensor para mantener funcionando el motor.

El ECM cambia la sincronización y ciclo de la inyección según las condiciones de operación y demanda del motor a las que se encuentre trabajando. Un mayor control de la sincronización y ciclos de inyección resulta en mejores aspectos de operación del motor como:

- Mejor capacidad de arranque del motor
- Tiempos de respuesta más cortos
- Emisiones reducidas
- Nivel de ruido reducido y
- Consumo óptimo de combustible

Los motores Caterpillar C15 tienen funciones de diagnóstico integradas para asegurar que todos los componentes estén funcionando y operando de manera correcta. En caso de que un componente del sistema se desvíe de los límites programados, se advierte de esto al operador por medio de una luz de DIAGNÓSTICO que está montada en el tablero de control.

2.2. Motor Caterpillar C15 Básico

2.2.1. Bloque de Motor y Cabezote de Cilindros.

El bloque de motor tiene siete cojinetes de bancada. Las tapas de los cojinetes de bancada están sujetas al bloque de motor con dos pernos para cada tapa. La remoción del cárter permite el acceso al cigüeñal, a las tapas de los cojinetes de bancada, a las boquillas de enfriamiento del pistón y a la bomba de aceite.

Se puede acceder al árbol de levas a través de las tapas superiores del motor. El árbol de levas está sujeto por cojinetes que están presionados en el cabezote del motor.

El cabezote de cilindros está separado del bloque de motor por medio de una empaquetadura de fibras refuerzo de acero. El refrigerante sale del bloque de motor por las

aberturas de la empaquetadura e ingresa al cabezote de cilindros. Esta empaquetadura también sella los conductos de suministro y drenaje de aceite entre el bloque de motor y el cabezote de cilindros. (Laura, 2016)

Los orificios de admisión de aire están en el lado izquierdo del cabezote de cilindros, mientras que los orificios de escape están ubicados en el lado derecho del componente mencionado. Hay dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape para cada cilindro. Las guías de válvula reemplazables están presionadas en el cabezote de cilindros. El inyector de combustible controlado electrónicamente se encuentra entre las cuatro válvulas.

2.2.2. Pistón, Anillos y Bielas.

En la mayoría de las aplicaciones, se utilizan pistones de aluminio de una pieza. Los motores con presiones más altas del cilindro requieren pistones de acero de una pieza. Los pistones de acero y aluminio tienen una banda de hierro para el anillo de compresión, esto ayuda a reducir el desgaste en la ranura del anillo de compresión. Los pistones tienen tres anillos:

- Anillo de compresión
- Anillo intermedio
- Anillo de control de aceite

Todos los anillos están ubicados por encima de la perforación del pasador del pistón, el anillo de compresión es un anillo de cuña. El anillo intermedio es rectangular y tiene un borde inferior afilado. El anillo de aceite es un anillo estándar o convencional. El aceite regresa al cárter a través de las ranuras en la parte inferior de la muesca.

El aceite de las boquillas de enfriamiento del pistón rocía el lado inferior de los pistones, el rociado lubrica y enfría los pistones, esto mejora la vida útil del pistón y de los anillos. Los pistones de aluminio usan una sola boquilla. Los pistones de acero usan dos boquillas.

2.2.3. Cigüeñal.

El cigüeñal convierte las fuerzas de combustión de los cilindros en un par giratorio útil que impulsa la máquina. Se utiliza un amortiguador de vibraciones en la parte delantera del

cigüeñal para disminuir las vibraciones torsionales (giro en el cigüeñal) que pueden causarle daños al motor.

El cigüeñal impulsa un grupo de engranajes en la parte delantera del motor, el grupo de engranajes impulsa dispositivos como; bomba de aceite, árbol de levas, bomba de transferencia de combustible, compresor de aire accionado por engranajes, bomba de la servodirección y bomba de agua.

Se utilizan sellos hidrodinámicos en ambos extremos del cigüeñal para controlar las fugas de aceite. Las ranuras hidrodinámicas en el labio del sello desplazan el aceite lubricante al cárter a medida que gira el cigüeñal.

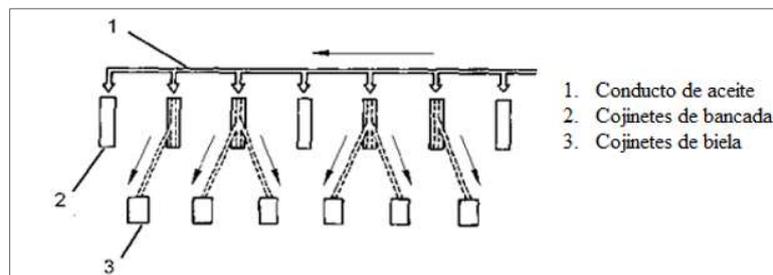


Figura 5: Diagrama de los conductos de aceite en el cigüeñal

Fuente: <https://sis.cat.com>

El aceite presurizado se proporciona a todos los cojinetes de bancada del conducto de aceite (1) a través de orificios perforados en las nervaduras del bloque de motor. Luego el aceite fluye a través de orificios perforados en el cigüeñal para suministrar aceite a los cojinetes de biela (3). El cigüeñal se mantiene en su lugar por medio de siete cojinetes de bancada (2). Un cojinete de tope junto al cojinete de bancada trasero controla el juego axial del cigüeñal.

2.2.4. Amortiguador de Vibraciones.

La fuerza de la combustión en los cilindros hará que el cigüeñal se tuerza. A esto se le llaman vibración torsional. Si las vibraciones son demasiado grandes, el cigüeñal resultará dañado. El amortiguador de vibraciones limita las vibraciones torsionales a una cantidad aceptable para evitar que el cigüeñal se dañe. Existen dos tipos de amortiguadores de vibraciones:

- Amortiguador de vibraciones de caucho
- Amortiguador de vibraciones viscoso

2.2.5. Árbol de Levas.

El árbol de levas está ubicado en el lado izquierdo superior del bloque de motor. El árbol de levas está impulsado por engranajes ubicados en la parte delantera del motor. Hay siete cojinetes que sujetan el árbol de levas. Hay una placa de tope montada entre el engranaje de mando y un resalto del árbol de levas para controlar el juego axial del árbol de levas.

El árbol de levas gira en el mismo sentido que el cigüeñal. El cigüeñal gira hacia la izquierda, cuando se mira el motor desde el extremo del volante del motor. Hay marcas de sincronización en el engranaje del cigüeñal, el engranaje loco y el engranaje del árbol de levas para asegurar la sincronización correcta del árbol de levas con el cigüeñal a fin de que las válvulas funcionen de manera apropiada.

A medida que gira el árbol de levas, cada lóbulo mueve un balancín de empuje, existen tres lóbulos por cada cilindro, cada balancín de empuje mueve dos válvulas de escape y dos válvulas admisión y uno para la activación de inyector de combustible.

2.2.6. Sistema de Admisión y Escape.

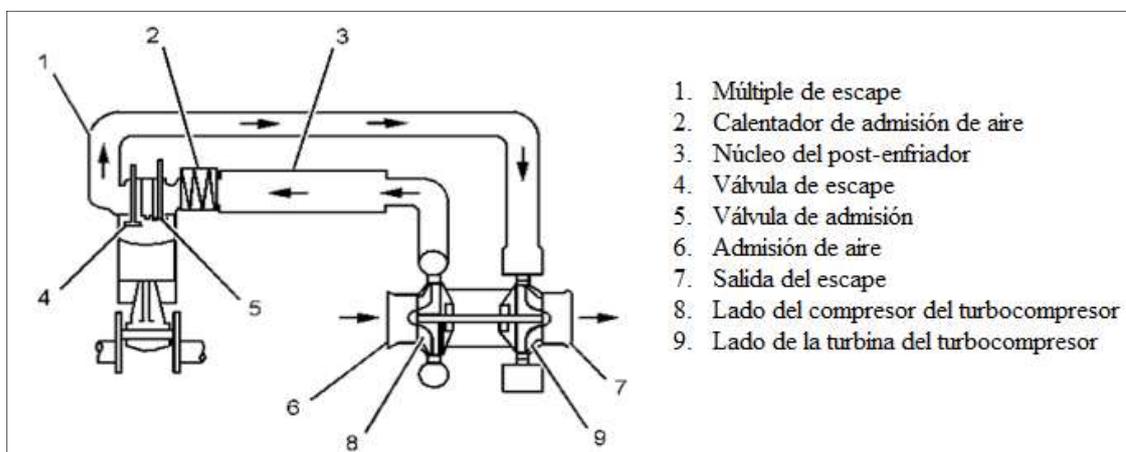


Figura 6: Componentes de admisión y escape

Fuente: <https://sis.cat.com>

La rueda del compresor del turbocompresor (8) succiona el aire de admisión a través del filtro de aire hasta la admisión de aire (6). El aire se comprime y se calienta a aproximadamente 150 °C (300 °F) antes de ser enviado al post-enfriador (3). Cuando el aire fluye por el post-enfriador, la temperatura del aire comprimido desciende a

aproximadamente 43 °C (110 °F). El enfriamiento del aire de admisión aumenta la eficiencia de la combustión. El aumento de la eficiencia de la combustión contribuye al logro las siguientes ventajas:

- Consumo de combustible inferior
- Aumento en la entrega de potencia

Desde el post-enfriador, el aire se fuerza hasta ingresar al múltiple de admisión. Las válvulas de admisión (5) controlan el flujo de aire que se dirige desde las cámaras de admisión hasta los cilindros. Hay dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape (4) para cada cilindro. Las válvulas de admisión se abren cuando el pistón desciende en la carrera de admisión. Cuando estas válvulas se abren, el aire comprimido enfriado del orificio de admisión se succiona hasta el interior del cilindro. Las válvulas de admisión se cierran y el pistón comienza a moverse hacia arriba en la carrera de compresión. El aire en el cilindro se comprime. Cuando el pistón está cerca de la parte superior de la carrera de compresión, se inyecta combustible al cilindro. El combustible se mezcla con el aire y comienza la combustión. Durante la carrera de potencia, la fuerza de la combustión empuja el pistón hacia abajo. Las válvulas de escape se abren y los gases de escape se empujan a través del orificio de escape en el múltiple de escape (1) a medida que el pistón vuelve a subir en la carrera de escape. Después de la carrera de escape, las válvulas de escape se cierran y el ciclo comienza otra vez. El ciclo completo consta de cuatro carreras:

- Admisión
- Compresión
- Potencia
- Escape

Los gases de escape del múltiple de escape (1) entran por el lado de la turbina del turbocompresor para hacer girar la rueda de turbina del turbocompresor (9). La rueda de turbina está conectada al eje que impulsa la rueda del compresor. Los gases de escape del turbocompresor pasan a través de la salida de escape (7), un silenciador y un tubo de escape vertical.

2.2.6.1. Turbocompresor.

El turbocompresor está instalado en la sección central del múltiple de escape. Todos los gases de escape procedentes del motor pasan a través del turbocompresor.

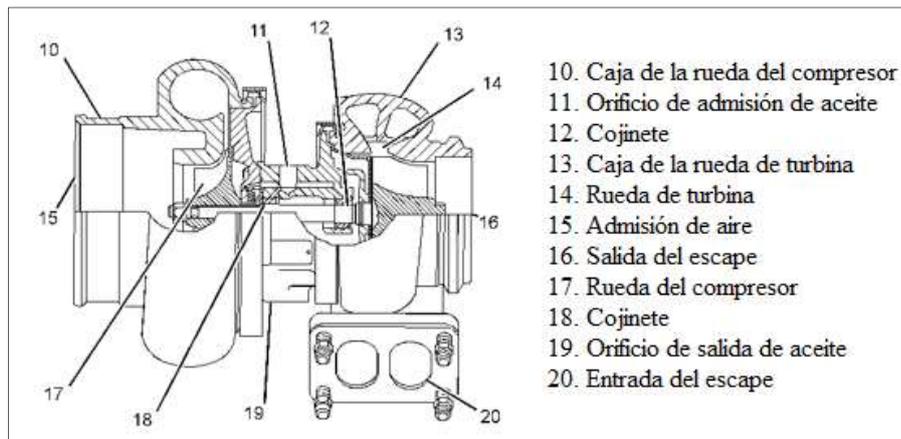


Figura 7: Sección transversal del turbocompresor
Fuente: <https://sis.cat.com>

El lado del compresor en el turbocompresor está conectado al post-enfriador por medio de un tubo. Los gases de escape entran en la caja de la turbina (13) a través de la admisión de escape (20). Luego los gases de escape empujan las hojas de la rueda de turbina (14). La rueda de turbina está conectada a la rueda del compresor (14) por medio de un eje.

El aire limpio de los filtros de aire se succiona a través de la admisión de aire de la caja del compresor (15) mediante la rotación de la rueda del compresor (17). La acción de las hojas de la rueda del compresor comprime el aire de admisión. Este compresor permite que el motor quemé más combustible.

Cuando aumenta la carga del motor, se inyecta más combustible en los cilindros. La combustión de este combustible adicional produce más gases de escape. Los gases de escape adicionales hacen que las ruedas de turbina y del compresor del turbocompresor giren con mayor rapidez. A medida que la rueda del compresor gira con más rapidez, pasa más aire a los cilindros. El mayor flujo de aire le da más potencia al motor al permitir que éste quemé el combustible adicional con mayor eficiencia.

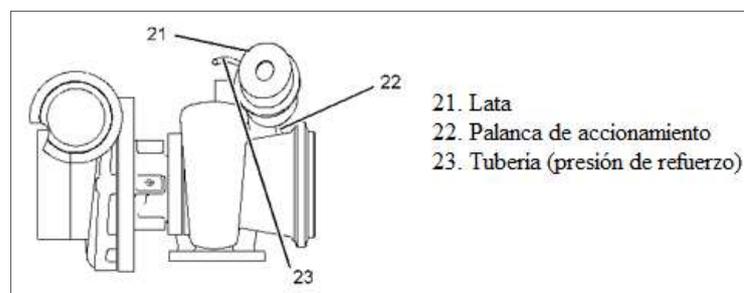


Figura 8: Partes de turbocompresor con válvula de descarga de gases de escape
Fuente: <https://sis.cat.com>

La presión de refuerzo controla la operación de la válvula de descarga de los gases de escape. Cuando la presión de refuerzo es alta, la válvula de descarga de los gases de escape se abre para reducir la presión de refuerzo. Cuando la presión de refuerzo es baja, la válvula de descarga de los gases de escape se cierra para aumentar la presión de refuerzo.

Cuando el motor funciona en condiciones de baja presión de refuerzo, un resorte empuja un diafragma en la lata (21). Esta acción mueve la palanca de accionamiento (22) para cerrar la válvula de descarga de los gases de escape. Al cerrar la válvula de descarga de los gases de escape, el turbocompresor puede operar al máximo rendimiento.

A medida que la presión de refuerzo a través de la tubería (23) aumenta contra el diafragma en la lata (21), la válvula de descarga de los gases de escape se abre. Cuando se abre la válvula de descarga de los gases de escape, los rpm del turbocompresor se limitan al derivar una parte de los gases de escape. Los gases de escape pasan por la válvula de descarga de los gases de escape, que deriva a la rueda de turbina del turbocompresor.²

Los cojinetes (12) y (18) del turbocompresor usan aceite del motor bajo presión para la lubricación y el enfriamiento. El aceite ingresa a través del orificio de admisión del aceite (11). Luego, el aceite pasa por unos conductos de la sección central a fin de lubricar los cojinetes. Este aceite también enfría los cojinetes. El aceite procedente del turbocompresor sale por el orificio de salida del aceite (19) ubicado en la parte inferior de la sección central. El aceite regresa entonces al colector de aceite del motor.

2.2.6.2. Componentes del Sistema de Válvulas.

Los componentes del sistema de válvulas controlan el flujo de aire de admisión en los cilindros durante el funcionamiento del motor. Estos componentes también controlan el flujo de los gases de escape de los cilindros durante el funcionamiento del motor.

² El turbocompresor con una válvula de descarga de los gases de escape se pre-ajusta en fábrica y no se le puede hacer ningún ajuste.

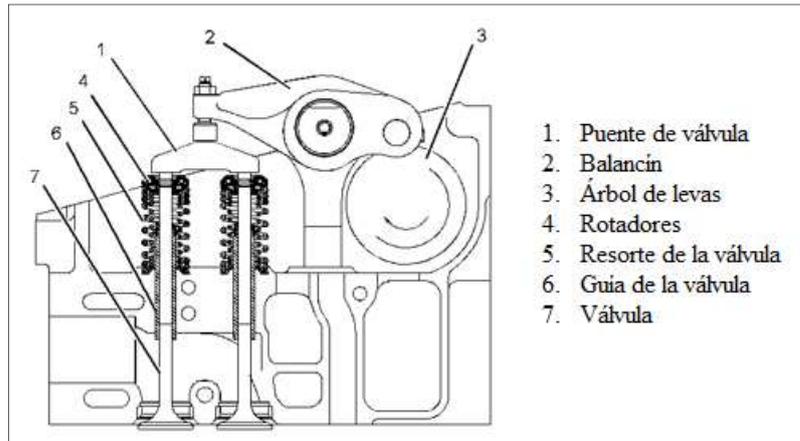


Figura 9: Componentes del sistema de válvulas

Fuente: <https://sis.cat.com>

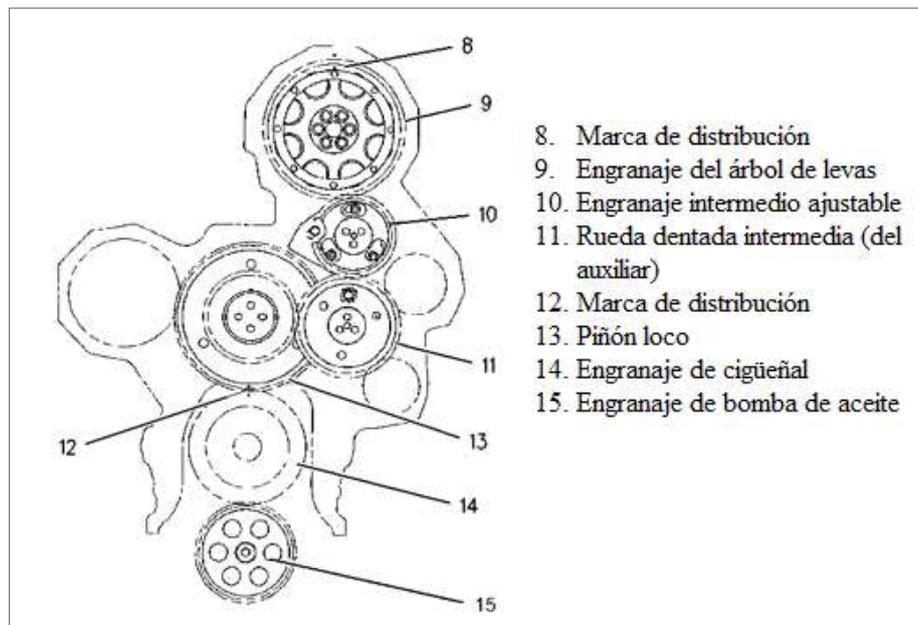


Figura 10: Componentes del tren de engranajes

Fuente: <https://sis.cat.com>

Las válvulas de admisión y las válvulas de escape se abren por el mecanismo de válvula. Las válvulas de admisión y las válvulas de escape también están cerradas por el mecanismo de válvula. Esto ocurre cuando la rotación del cigüeñal hace que el árbol de levas (3) gire. El engranaje del árbol de levas (9) es accionado por una serie de dos engranajes intermedios (10) y (11). La rueda dentada intermedia (11) es impulsado por el piñón loco (13). El piñón loco (13) es accionado por engranaje del cigüeñal (14). La marca de distribución (12) y la marca de distribución (8) están alineadas con el fin de proporcionar la relación correcta entre el pistón y el movimiento de la válvula.

El árbol de levas tiene tres lóbulos para cada cilindro. Un lóbulo opera las válvulas de admisión. Un segundo lóbulo opera las válvulas de escape. El tercer lóbulo opera el mecanismo de inyector-bomba. Los lóbulos del árbol de levas giran y los brazos oscilantes se mueven. El movimiento de los balancines hará que la válvula de admisión y de escape puentes se mueven. Estos puentes permiten un brazo basculante para accionar dos válvulas al mismo tiempo. Cada cilindro tiene dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape. Cada válvula tiene un resorte de válvula (5). El resorte cierra la válvula.

Los rotadores (4) hacen que las válvulas giren mientras el motor está en marcha, esta rotación de la válvula proporciona una vida útil más larga, la rotación de la válvula también reduce al mínimo los depósitos de carbón en las válvulas.

El engranaje intermedio ajustable (10) está diseñado para proporcionar la holgura del engranaje requerido entre la rueda dentada intermedia (11) y el engranaje del árbol de levas (9). Si se retira el cabezote del cilindro, las tolerancias de los componentes van a cambiar.

El engranaje de accionamiento del árbol de levas tiene péndulos integrales que actúan como un amortiguador de vibraciones para el grupo de engranaje delantero. Estos péndulos están diseñados para contrarrestar las fuerzas de torsión de los impulsos de inyectores. Esto elimina la vibración y el ruido. El motor también funciona más suavemente en todas las velocidades de funcionamiento.

2.2.7. Sistema de Lubricación.

2.2.7.1. Componentes de Sistema de Lubricación.

El aceite del múltiple de aceite (9) se envía bajo presión, a través de conductos perforados, a los cojinetes de bancada del cigüeñal (8). El aceite circula a través de los orificios perforados del cigüeñal. Este aceite lubrica los cojinetes de biela. Se envía una pequeña cantidad de aceite a las boquillas de enfriamiento del pistón (7). Las boquillas de enfriamiento del pistón rocían aceite en el lado inferior de los pistones.

El aceite atraviesa los conductos de la caja del engranaje de sincronización y del engranaje de impulsión del accesorio. Este aceite fluye al compresor de aire a través del conducto de aceite (5). El conducto de aceite (2) suministra aceite al engranaje loco ajustable. El conducto de aceite (4) suministra aceite al engranaje loco fijo. El conducto de

aceite (6) suministra aceite al tren de engranajes. El aceite fluye a través de un conducto en los ejes de los engranajes.

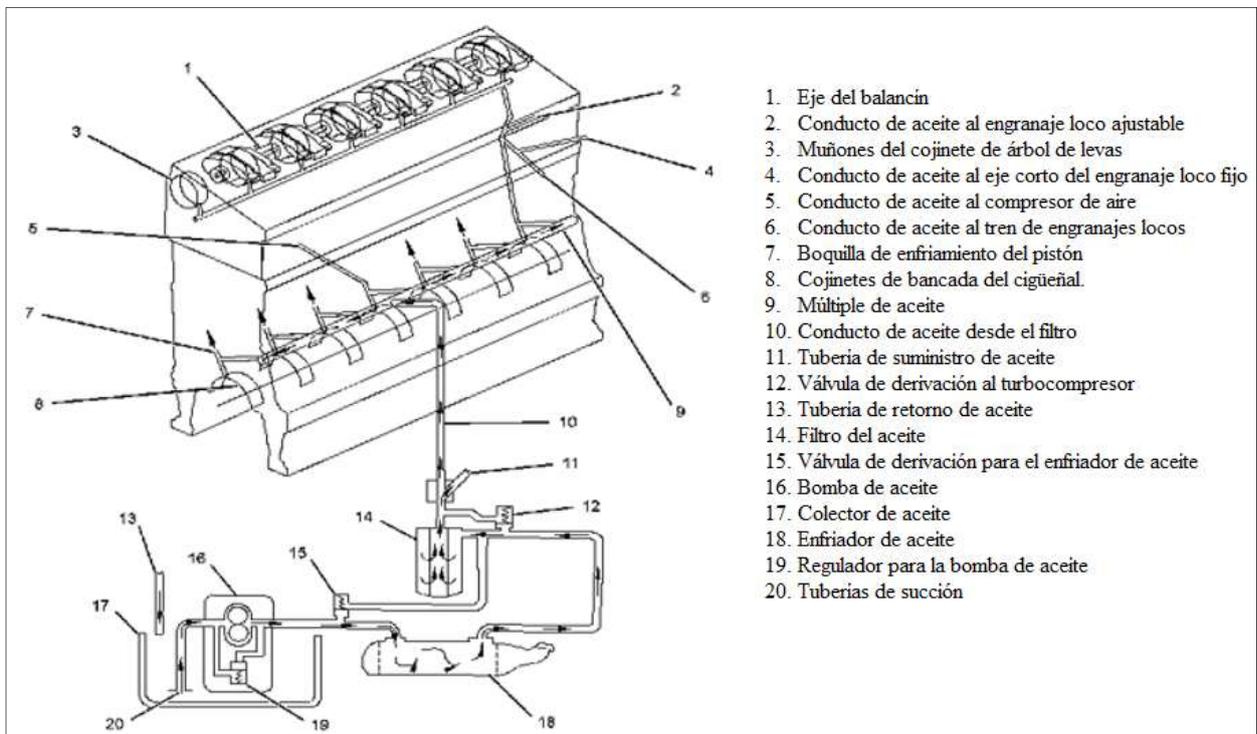


Figura 11: Diagrama y componentes del flujo de aceite del motor

Fuente: <https://sis.cat.com>

Hay una válvula de control de presión en la bomba de aceite. Esta válvula controla la presión del aceite que fluye de la bomba de aceite.

El aceite ingresa al cabezote del cilindro a través de una espiga guía hueca en la superficie superior del bloque de motor. El aceite pasa a los muñones del cojinete de árbol de levas (3) y a los tres soportes centrales del eje del balancín a través de unos conductos perforados en el cabezote del cilindro. Los soportes suministran aceite a cada eje del balancín. El aceite pasa a los bujes del balancín del inyector de combustible a través de orificios en el eje del balancín (1).

Este mismo aceite lubrica la válvula y los rodillos. El aceite atraviesa los conductos perforados de los balancines. Este aceite lubrica el rodillo, el puente de válvulas y las superficies de contacto del accionador del inyector unitario. El aceite que salpica se utiliza para lubricar los otros componentes del sistema de válvulas. El exceso de aceite regresa al colector de aceite del motor.

2.2.7.2. *Flujo de Aceite a través del filtro y del Enfriador de Aceite.*

Cuando el motor está caliente, el aceite se extrae del colector de aceite (17), atraviesa las tuberías de succión (20) e ingresa a la bomba de aceite (16). La bomba de aceite impulsa el aceite caliente a través del enfriador de aceite (18). Después, el aceite se envía al filtro de aceite (14). El aceite del filtro de aceite se envía al múltiple (9) del bloque de motor y a la tubería de suministro de aceite (11) del turbocompresor. El aceite del turbocompresor regresa a través de la tubería de retorno de aceite (13) al colector de aceite.

Cuando el motor está frío, el aceite se extrae del colector de aceite (17), atraviesa las tuberías de succión (20) e ingresa a la bomba de aceite (16). Cuando el aceite está frío, un diferencial de presión del aceite en las válvulas de derivación causa que estas se abran. Estas válvulas de derivación lubrican de forma inmediata todos los componentes del motor cuando el aceite frío de alta viscosidad produce una restricción del flujo de aceite a través del enfriador de aceite (18) y del filtro de aceite (14). La bomba de aceite luego impulsa el aceite frío a través de la válvula de derivación (15) del enfriador de aceite y a través de la válvula de derivación (12) del filtro de aceite. A continuación, el aceite pasa al múltiple de aceite (9) del bloque de motor y a la tubería de suministro (11) del turbocompresor. El aceite del turbocompresor regresa a través de la tubería de retorno de aceite (13) al colector de aceite.

Las válvulas de derivación también se abren si hay una restricción en el enfriador o en el filtro de aceite. Esto evita que la restricción de un filtro o de un enfriador de aceite detenga la lubricación del motor. La presión del sistema está limitada por el regulador de la bomba de aceite (19).

2.2.8. Sistema de Enfriamiento.

Este motor tiene un sistema de enfriamiento a presión equipado con una tubería de derivación. Un sistema de enfriamiento a presión ofrece dos ventajas:

- El sistema de enfriamiento puede funcionar de manera segura a una temperatura mayor que el punto de ebullición normal del agua.
- El sistema de enfriamiento evita la cavitación en la bomba de agua.

La cavitación es la formación súbita de burbujas de baja presión en los líquidos debido a fuerzas mecánicas. Es menos probable que se formen burbujas de aire dentro de un sistema

de enfriamiento a presión. La tubería de derivación evita la cavitación en la bomba de agua. La tubería de derivación proporciona una constante presión en el lado de condensación de la admisión de la bomba de agua.

En la Figura 12 se puede observar la bomba de agua (7) está ubicada en el lado derecho del bloque de motor. El refrigerante puede entrar a la bomba de agua por tres lugares:

- La admisión en la parte inferior de la bomba de agua.
- La manguera de derivación (4) en la parte superior de la bomba de agua
- La tubería de derivación (9) en la parte superior de la bomba de agua.

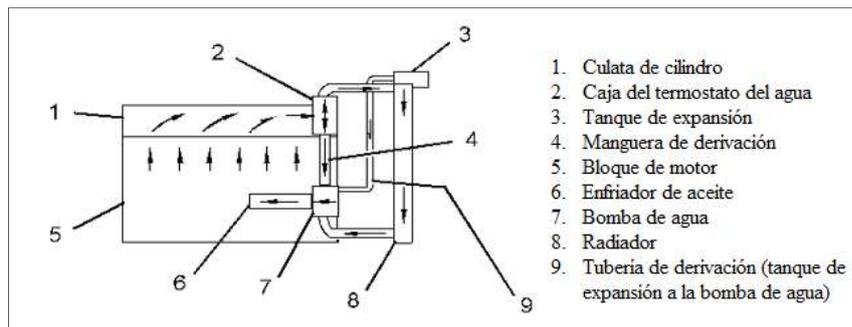


Figura 12: Diagrama de sistema de enfriamiento

Fuente: <https://sis.cat.com>

Se succiona el refrigerante de la parte inferior del radiador hasta la admisión inferior de la bomba a través de la rotación del rodete. El refrigerante sale por la parte trasera de la bomba e ingresa directamente a la cavidad del enfriador de aceite del bloque.

Todo el refrigerante pasa a través del núcleo del enfriador de aceite y entra por el múltiple de agua interno del bloque de motor. El múltiple dispersa el refrigerante hacia las camisas de agua alrededor de las paredes de los cilindros.

Desde el bloque de motor, el refrigerante ingresa a unos conductos en el cabezote del cilindro. Los conductos envían el flujo alrededor de los manguitos del inyector unitario, y los conductos de admisión y de escape. En este momento, el refrigerante ingresa a la caja del termostato del agua (2) ubicada en el lado delantero derecho del cabezote del cilindro.

El termostato del agua controla el sentido del flujo. Cuando la temperatura del refrigerante sea inferior a la temperatura normal de operación, el termostato del agua se cierra. El refrigerante se dirige a través de la manguera de derivación (4) e ingresa a la admisión superior de la bomba de agua. Cuando la temperatura del refrigerante alcanza la

temperatura de operación normal, el termostato del agua se abre. Cuando el termostato se abre, la derivación se cierra. La mayor parte del refrigerante pasa por la salida al radiador para el enfriamiento. El resto fluye a través de la manguera de derivación (4) e ingresa a la bomba de agua.

La tubería de derivación (9) se extiende desde la parte superior de la bomba de agua hasta un tanque de expansión. Hay que instalar la tubería de derivación de forma apropiada para que no quede aire atrapado. Al proporcionar una presión de descarga constante a la bomba de agua, la tubería de derivación puede suministrar un flujo constante de refrigerante a dicha bomba. Esta acción evita la cavitación por parte de la bomba de agua.

2.2.9. Sistema Eléctrico del Motor.

El sistema eléctrico consta de tres circuitos separados:

- Circuito de carga
- Circuito de arranque

El circuito de carga funciona cuando el motor está en funcionamiento. El alternador genera electricidad para el circuito de carga. Un regulador de voltaje en el circuito controla la salida eléctrica para mantener la batería completamente cargada. El circuito de arranque opera solamente cuando se activa el interruptor de arranque.

2.2.9.1. Alternador.



1. Reguladores electrónicos de voltaje integrados
2. Sistema de enfriamiento de alta eficacia
3. Diseño sin escobillas para ambientes difíciles

Figura 13: Componentes de alternador

Fuente: www.cat.com

Los alternadores para motor Caterpillar C15 se dividen en dos categorías: con escobillas y sin escobillas.

Los alternadores con escobillas utilizan escobillas de una pieza y resortes de presión constante para obtener un desgaste uniforme de las escobillas. Los alternadores sin escobillas tienen tolerancias más estrictas de espacios de aire y un sellado superior para obtener mayor duración en ambientes sucios y polvorientos.

El alternador es un componente eléctrico y mecánico que es impulsado por una correa debido a la rotación del motor. El alternador se utiliza para cargar las baterías de almacenamiento durante la operación del motor. El alternador tiene integrado un ventilador para el enfriamiento de sus componentes.

El alternador convierte energía mecánica y magnética en corriente alterna (CA) y voltaje. Este proceso se lleva a cabo al rotar un campo electromagnético (rotor) de corriente continua (CC) dentro de un estator de tres fases. La corriente alterna y el voltaje que genera el estator se convierten en corriente continua. Este cambio se logra por medio de un sistema que usa salidas de tres fases de onda completa rectificadas.

Se debe comprobar el régimen de carga del alternador cuando el alternador está cargando la batería demasiado o no la está cargando lo suficiente.

La salida del alternador debe ser 28 ± 1 voltios en un sistema de 24 voltios y $14 \pm 0,5$ voltios en un sistema de 12 voltios. No se puede efectuar ningún ajuste para cambiar el régimen de carga de los reguladores del alternador. Si el régimen de carga no es correcto, hay que cambiar el regulador.

2.2.9.2. *Motor de Arranque.*

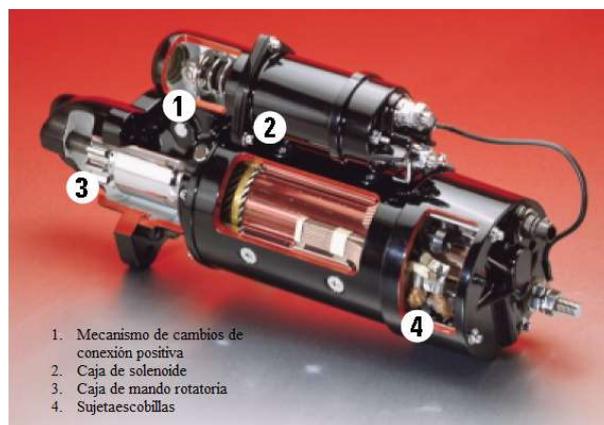


Figura 14: Componentes del motor de arranque eléctrico
Fuente: www.cat.com

Los motores de arranque de los motores Caterpillar C15 son de servicio pesado y vienen en versiones 24 VDC, el motor de arranque está diseñado para operar por cortos períodos de tiempo con carga extrema. El motor de arranque produce, para su tamaño, una potencia muy alta. El motor de arranque gira el volante del motor, el motor funcionará cuando el volante del motor ha alcanzado una velocidad adecuada.

El motor de arranque tiene un solenoide. Cuando el interruptor de encendido se coloca en la posición de ARRANQUE, el solenoide del motor de arranque se activa eléctricamente. En esta instancia, el émbolo del solenoide mueve un varillaje mecánico. Este varillaje mecánico empuja el piñón para que se engrane con la corona del volante. El piñón se engrana con la corona antes de que los contactos eléctricos en el solenoide cierren el circuito entre la batería y el motor de arranque. Cuando se completa el circuito entre la batería y el motor de arranque, el piñón hará girar el volante del motor. El embrague protege el motor de arranque de modo que el motor no pueda hacerlo girar con demasiada rapidez.

Cuando se suelta el interruptor de encendido de la posición de ARRANQUE, se desactiva el solenoide del motor de arranque. El solenoide del motor de arranque se desactiva cuando la corriente deja de circular por los devanados. El resorte empuja el émbolo a su posición original. Al mismo tiempo, el resorte aleja el piñón de la corona del volante.

La velocidad para cada motor de arranque será distinta para diferente aplicación de motor C15, para proveer el par adecuado para el arranque del motor, se modifica la velocidad del motor de arranque mediante la relación entre el engranaje del piñón del motor de arranque y el volante del motor. Esta relación varía entre 15:1 y 20:1. Por ejemplo, si el engranaje del mando del motor de arranque tiene 10 dientes, la corona puede tener 200 para proveer una relación de 200:10 o 20:1.

Si el motor no arranca en 30 segundos, se debe soltar el interruptor del motor de arranque. Se debe dejar que el motor de arranque se enfríe durante dos minutos antes de volver a usarse.

2.3. Sistema de Combustible MEUI

El sistema de combustible MEUI Caterpillar es activado mecánicamente, pero controlado electrónicamente, componentes usados en motores mecánicos como; la bomba de inyección, las tuberías de combustible y los inyectores son reemplazados por un inyector unitario electrónico en cada cilindro.

El sistema MEUI consta de los siguientes sistemas: el sistema mecánico y el sistema electrónico. El sistema mecánico consta del sistema de suministro de combustible de baja presión y los inyectores unitarios electrónicos mecánicos. El sistema electrónico proporciona control electrónico completo de todas las funciones del motor. El sistema de control electrónico consta de los siguientes tres tipos de componentes: entrada, control y salida.

Hay seis componentes principales del sistema de combustible MEUI:

- Inyectores unitarios electrónicos mecánicos
- Bomba de transferencia de combustible
- ECM
- Sensores
- Solenoides
- Árbol de levas

El MEUI produce presiones de inyección de combustible de hasta 207.000 kPa (30.000 lb/pulg²). El MEUI también se enciende hasta 19 veces por segundo a la velocidad nominal. La bomba de transferencia de combustible suministra combustible a los inyectores extrayéndolo del tanque y presurizando el sistema a una presión de entre 60 y 125 lb/pulg² con un regulador de presión de combustible interno. El ECM proporciona control preciso a los solenoides de los inyectores de combustible para lograr el rendimiento del motor y el cumplimiento con las normas de emisiones. Los sensores son dispositivos electrónicos que vigilan los parámetros de rendimiento del motor. Los parámetros de rendimiento del motor miden la presión, la temperatura y la velocidad. Esta información se envía al ECM por medio de una señal. Los solenoides son dispositivos electrónicos que usan las corrientes electrónicas del ECM para cambiar el rendimiento del motor. Un ejemplo de solenoide es el solenoide del inyector.

2.3.1. Componentes Mecánicos del Sistema de Combustible.

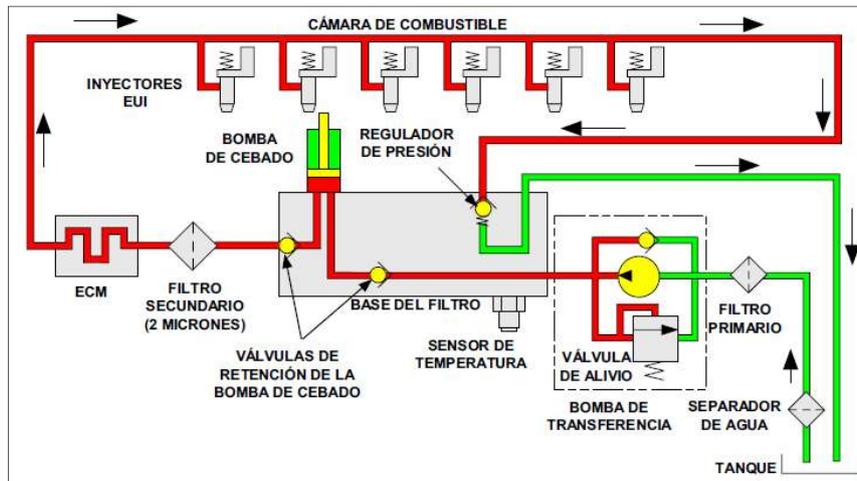


Figura 15: Componentes de sistema de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sistema mecánico de combustible MEUI del motor Caterpillar, consta básicamente de los siguientes componentes:

- Tanque de combustible
- Bomba de cebado de combustible
- Separador de agua
- Filtro de combustible
- Bomba de transferencia
- Bomba de cebado
- Módulo de Control Electrónico (ECM)
- Sensores de presión y temperatura de combustible
- Válvula reguladora de presión
- Cámara de combustible
- Inyectores de combustible
- Tuberías de suministro y tuberías de retorno

El sistema de combustible MEUI requiere un circuito de baja presión cuyas funciones principales son las de suministrar combustible filtrado a los inyectores de combustible en un régimen constante y a una presión constante. El circuito de baja presión también se utiliza también para enfriar componentes como el ECM y los inyectores de combustible.

El sistema de alta presión o inyección propiamente dicha, se desarrolla luego de que los inyectores reciben el combustible a baja presión, se presuriza otra vez el combustible antes de inyectarlo en el cilindro. El inyector unitario usa la energía mecánica proporcionada por

el árbol de levas para obtener las presiones que pueden ser mayores que 200.000 kPa (30.000 lb/pulg²).

2.3.2. Circuito de Suministro de Combustible de Baja Presión.

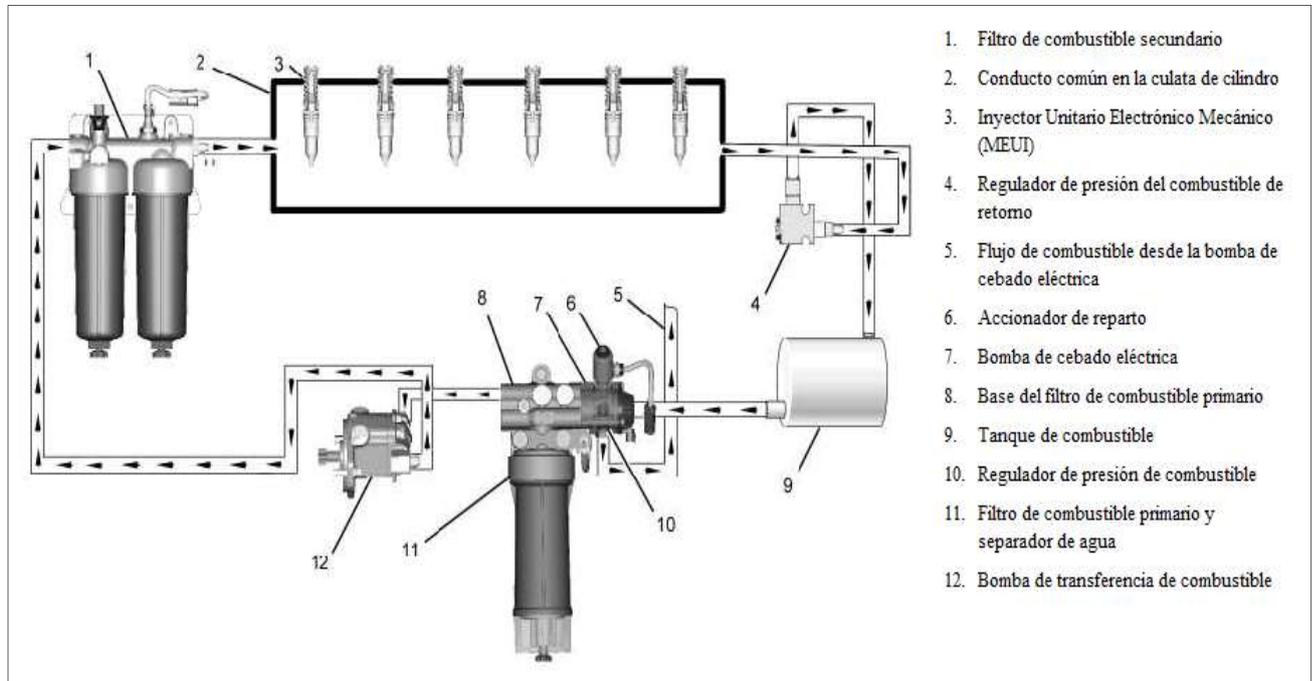


Figura 16: Circuito de baja presión de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sistema de combustible de baja presión suministra combustible del tanque de combustible a los inyectores. El sistema de combustible de baja presión tiene cuatro funciones básicas:

- Suministrar combustible para la combustión
- Suministrar combustible para enfriar los inyectores
- Purgue el aire del combustible
- Caliente el combustible en el tanque de combustible.

Los inyectores unitarios electrónicos mecánicos, la bomba de transferencia de combustible, el ECM, los sensores y los solenoides forman parte del sistema de combustible de baja presión.

En el sistema de combustible de baja presión, el combustible se extrae del tanque de combustible y se envía al filtro de combustible primario o al separador de agua. El filtro de combustible primario (11) quita los residuos del combustible con un tamaño mayor que 10

micrones antes de que el combustible pase a la bomba de transferencia de combustible (12). La bomba de transferencia de combustible es una bomba de engranajes que contiene una válvula de alivio de presión. La válvula de alivio de presión se abre a una presión de entre 60 y 125 lb/pulg² aproximadamente.

El combustible fluye luego desde el orificio de salida de la bomba de transferencia de combustible a los filtros de combustible secundarios. Los filtros de 4 micrones quitan los contaminantes abrasivos pequeños, que pueden dañar los inyectores unitarios, del sistema de combustible.

La base del filtro de combustible primario (8) contiene una bomba de cebado eléctrica (7). La bomba de cebado eléctrica fuerza el aire fuera del sistema a través del orificio calibrado en el regulador. El cebado suele realizarse después de dar servicio al sistema de combustible, como cuando se cambia el filtro de combustible. Cuando hay aire atrapado en los filtros de combustible, las tuberías de combustible y otros componentes del sistema de combustible, puede resultar difícil arrancar el motor.

Este problema puede ocurrir también cuando el motor no estuvo en funcionamiento durante un periodo prolongado. Cuando hay el aire en la tubería de combustible, la bomba de cebado eléctrica se activa dando vuelta un interruptor o girando el interruptor de arranque, a fin de cebar el sistema. El tiempo para cebar el sistema de combustible depende del tamaño del sistema, la longitud de la tubería de combustible y el tamaño del filtro. El tiempo necesario para cebar el sistema de combustible es de aproximadamente 30 segundos. Este valor varía de acuerdo con las distintas aplicaciones.

La base del filtro de combustible primario también contiene una válvula de retención que evita el flujo inverso durante el proceso de cebado.

El regulador de presión del combustible de retorno (4) consta de una válvula de retención de carga por resorte. Cuando el motor está apagado y la presión de combustible cae por debajo de 60 lb/pulg², la válvula de retención se cierra. La válvula de retención se cierra para evitar que el combustible que hay en el cabezote del cilindro drene de vuelta al tanque de combustible. Si el combustible se retiene en el cabezote, se mantiene el suministro del combustible para los inyectores durante el arranque.

2.3.3. Sincronización y Entrega de la Inyección de Combustible.

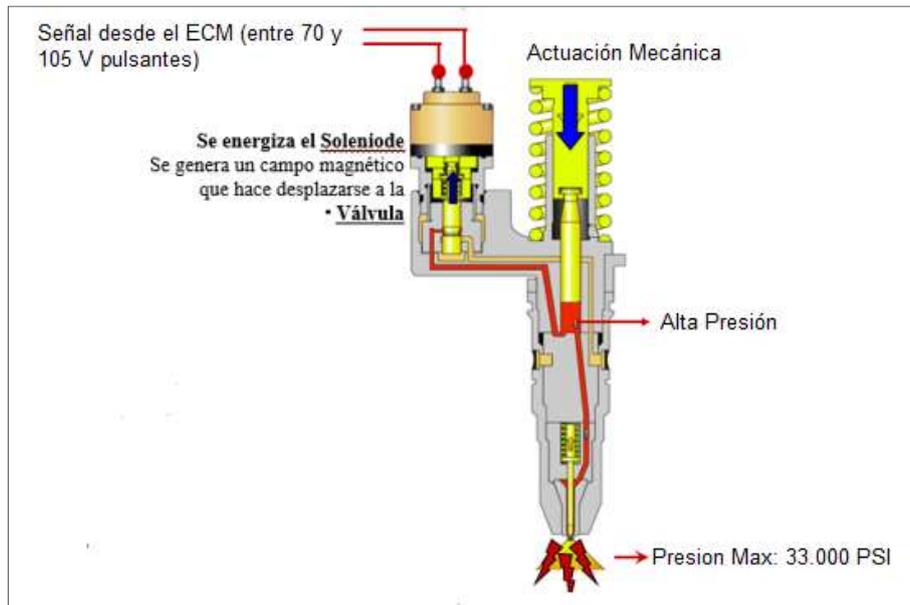


Figura 17: Sincronización y entrega de inyección

Fuente: Walter Cruz

El sistema de control electrónico está diseñado integralmente en el sistema de combustible, el sistema de admisión de aire y de gases de escape del motor para controlar electrónicamente la entrega de combustible y la sincronización de la inyección. El sistema de control electrónico permite mejorar la sincronización y la relación de combustible/aire en comparación con los motores mecánicos convencionales.

El sensor principal de velocidad/sincronización es un sensor de posición del cigüeñal, y el sensor secundario de velocidad/sincronización es un sensor de posición del árbol de levas. El Módulo de Control Electrónico energiza el solenoide que está en el inyector unitario para arrancar la inyección de combustible. El ECM quita la energía a los solenoides del inyector unitario para parar la inyección de combustible.

Los inyectores unitarios inyectarán combustible solamente si se energiza el solenoide del inyector unitario (Figura 17). El ECM envía una señal de entre 90 voltios al solenoide para energizarlo. Al controlar la sincronización de la señal de 90 voltios, el ECM controla la sincronización de la inyección. Al controlar la duración de la señal de 90 voltios, el ECM controla la cantidad de combustible inyectada.

El ECM detecta la posición central superior del cilindro número 1 a partir de la señal proporcionada por el sensor de velocidad del motor. El ECM decide cuándo debe realizarse la inyección con relación a la posición central superior. El ECM proporciona la señal al inyector unitario en el momento deseado.

La sincronización de la inyección depende de los siguientes parámetros del motor:

- Señal de velocidad/sincronización
- Posición del acelerador
- Reforzador (sensores de salida del turbo y de presión atmosférica)
- Temperatura del refrigerante

2.3.4. Componentes y Operación del Inyector Unitario.

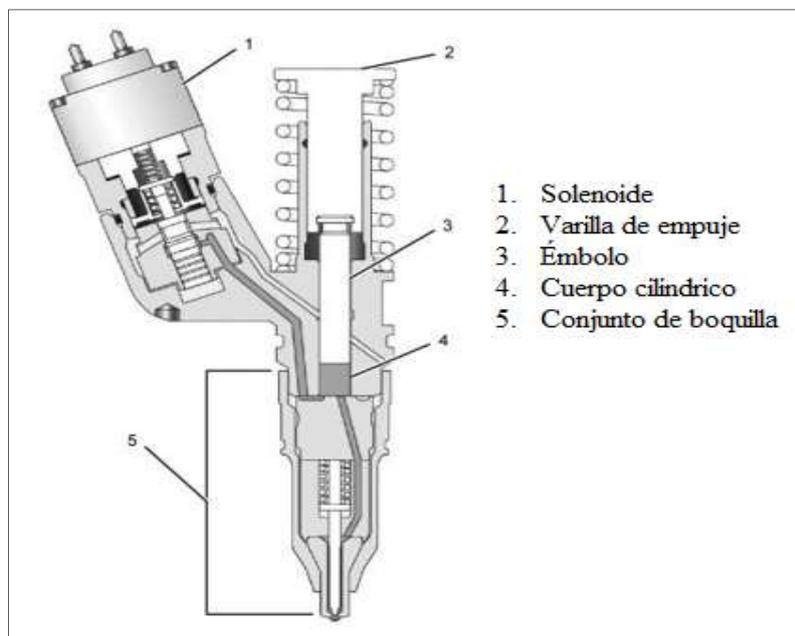


Figura 18: Componentes del Inyector

Fuente: <https://sis.cat.com>

La operación del Inyector unitario electrónico (MEUI) consta de las cuatro etapas siguientes: preinyección, inyección, fin de inyección y llenado. Los inyectores unitarios usan un émbolo y un barril para bombear combustible a alta presión a la cámara de combustión. Los componentes del inyector incluyen el levanta válvulas, el émbolo, el cañón y el conjunto de toberas. Los componentes del conjunto de toberas incluyen el resorte, la válvula de retención de la tobera y la punta de la tobera. La válvula de cartucho consta de los siguientes componentes: Solenoide, inducido, válvula de disco y resorte de contrapunta.

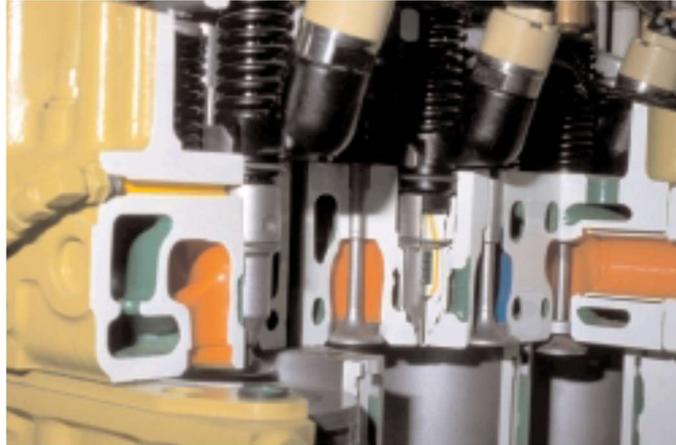


Figura 19: Ubicación del inyector en el cabezote
Fuente: Manual del estudiante D8T- DSSE0064

El inyector está montado en un orificio de inyector en el cabezote que tiene un conducto integrado de suministro de combustible. El manguito del inyector separa el inyector del refrigerante del motor en la camisa de agua.

2.3.4.1. *Inyección de Combustible.*

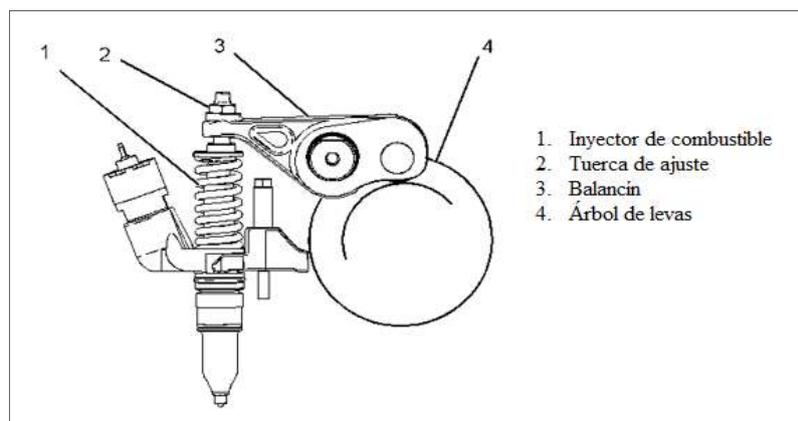


Figura 20: Mecanismo del Inyector Unitario
Fuente: <https://sis.cat.com>

El mecanismo del inyector unitario proporciona la fuerza descendente necesaria para presurizar el combustible en el inyector unitario. Cuando se recibe una señal del ECM, el inyector unitario (1) inyecta el combustible presurizado en la cámara de combustión. Un engranaje loco, impulsado por el tren delantero del engranaje del cigüeñal, impulsa el engranaje del árbol de levas.

El árbol de levas tiene tres lóbulos de leva para cada cilindro. Dos lóbulos operan las válvulas de admisión y de escape y uno opera el mecanismo del inyector unitario. La

fuerza se transfiere desde el lóbulo del inyector unitario en el árbol de levas (4) a través del conjunto de balancín (3) hasta la parte superior del inyector unitario. La tuerca de ajuste (2) permite regular el ajuste del inyector unitario.

2.3.4.1.1. Preinyección.

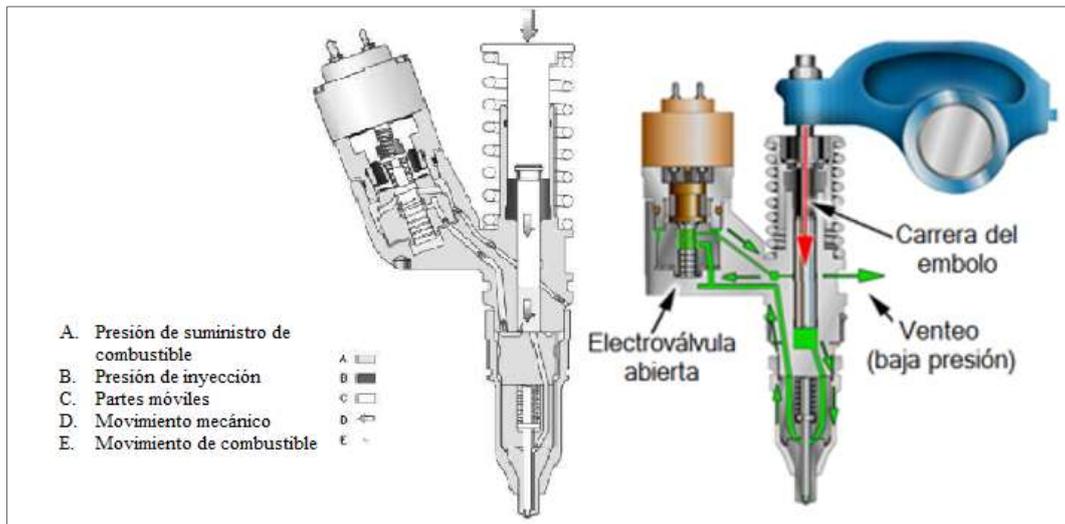


Figura 21: Preinyección de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

La dosificación de preinyección empieza con el émbolo del inyector y el levanta válvulas del inyector en la parte superior de la carrera de inyección de combustible. Cuando la cavidad del émbolo está llena de combustible, la válvula de contrapunta está en la posición abierta y la válvula de retención de la boquilla está en la posición abierta.

El combustible sale de la cavidad de émbolo cuando el balancín empuja hacia abajo sobre el levanta válvulas y el émbolo. La válvula de retención que está en la punta de la tobera bloquea el flujo de combustible.

El combustible fluye más allá de la válvula de contrapunta abierta, al conducto de suministro de combustible en el cabezote de cilindros. Si el solenoide está energizado, la válvula de contrapunta permanece abierta y el combustible de la cavidad del émbolo continúa ingresando al conducto de suministro de combustible.

2.3.4.1.2. Inyección.

Esta es la posición cerrada. Una vez que la válvula de contrapunta se cierra, se bloquea el camino para el combustible que sale de la cavidad del émbolo.

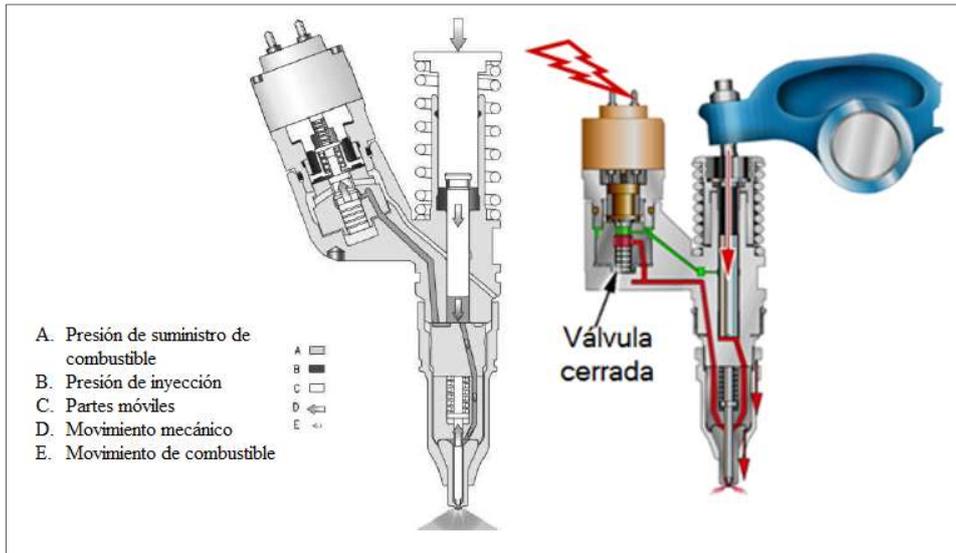


Figura 22: Inyección de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

El émbolo continúa empujando combustible de la cavidad del émbolo y la presión de combustible aumenta. Cuando la presión de combustible alcanza aproximadamente 34.500 kPa (5.000 lb/pulg)², la fuerza del combustible a alta presión supera la fuerza del resorte.

Esto retiene la válvula de retención de la boquilla en la posición cerrada. La válvula de retención de la boquilla se mueve del asiento de la boquilla y el combustible fluye, saliendo por la punta del inyector. Éste es el comienzo de la inyección.

2.3.4.1.3. Final de Inyección.

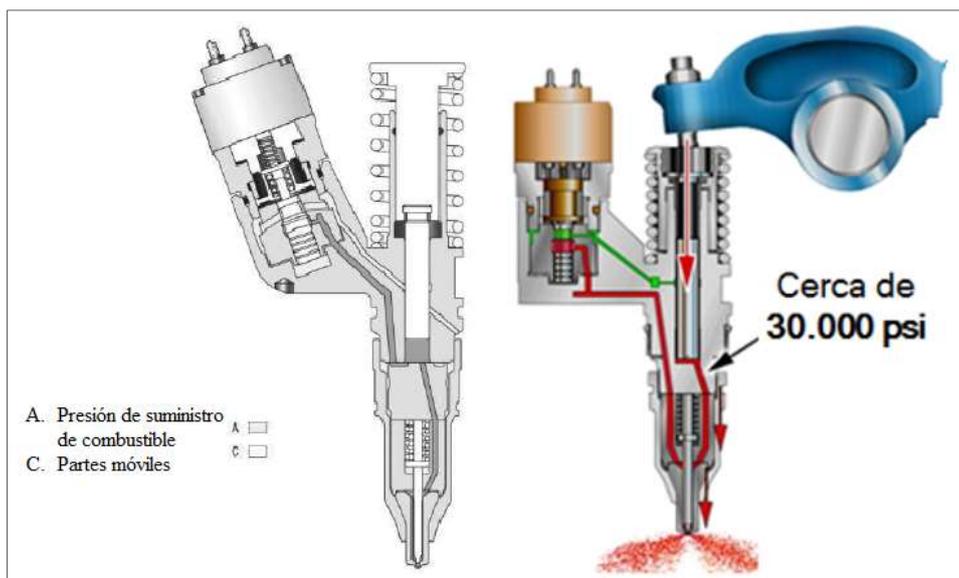


Figura 23: Final de la inyección de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

La inyección es continua mientras el émbolo del inyector se mueve en un movimiento descendente y el solenoide energizado mantiene cerrada la válvula de contrapunta. Cuando la presión de inyección ya no se requiere, el ECM detiene el flujo de corriente eléctrica al solenoide. Cuando el flujo de corriente al solenoide se detiene, la válvula de contrapunta se abre.

El resorte del inyector de combustible y la presión de combustible abren la válvula de contrapunta. El combustible a alta presión puede fluir ahora alrededor de la válvula de contrapunta abierta y llegar al conducto de suministro de combustible. Esto causa una caída rápida en la presión de inyección. Cuando la presión de inyección baja a aproximadamente 24.000 kPa (3.500 lb/pulg)², la válvula de retención de la boquilla se cierra y la inyección se para. Éste es el final de la inyección.

2.3.4.1.4. Llenado de Combustible.

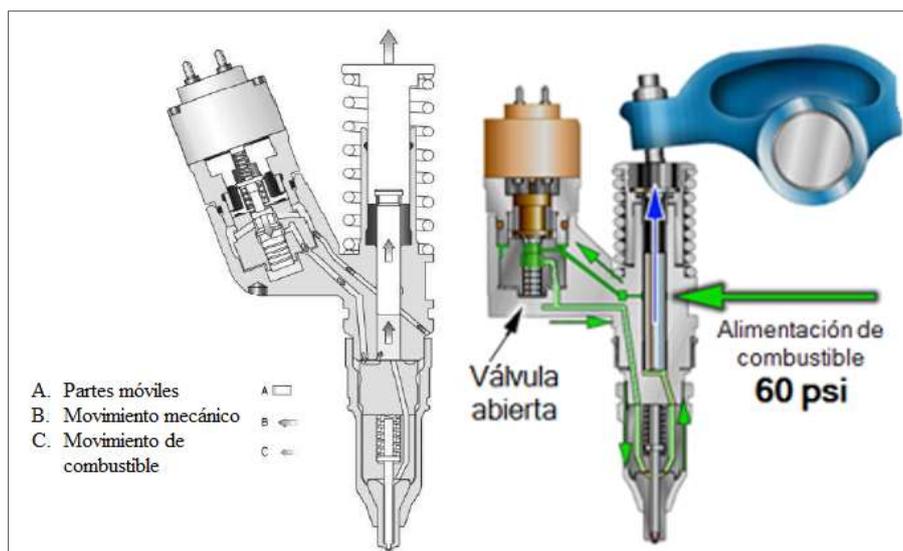


Figura 24: Llenado de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

Cuando el émbolo alcanza la parte inferior del cañón, ya no se fuerza el combustible fuera de la cavidad del émbolo. El levanta válvulas y el resorte del levanta válvulas tiran el émbolo hacia arriba. El movimiento ascendente del émbolo causa que la presión en la cavidad del émbolo baje por debajo de la presión de suministro de combustible. El combustible fluye desde el conducto de suministro de combustible alrededor de la válvula de contrapunta abierta y a la cavidad del émbolo, a medida que el émbolo se mueve hacia arriba.

Cuando el émbolo alcanza la parte superior de la carrera, la cavidad de émbolo está llena de combustible y el flujo de combustible a la cavidad del émbolo se detiene. Éste es el comienzo de la preinyección.

2.4. Sistema de Control Electrónico del Sistema de Combustible MEUI.

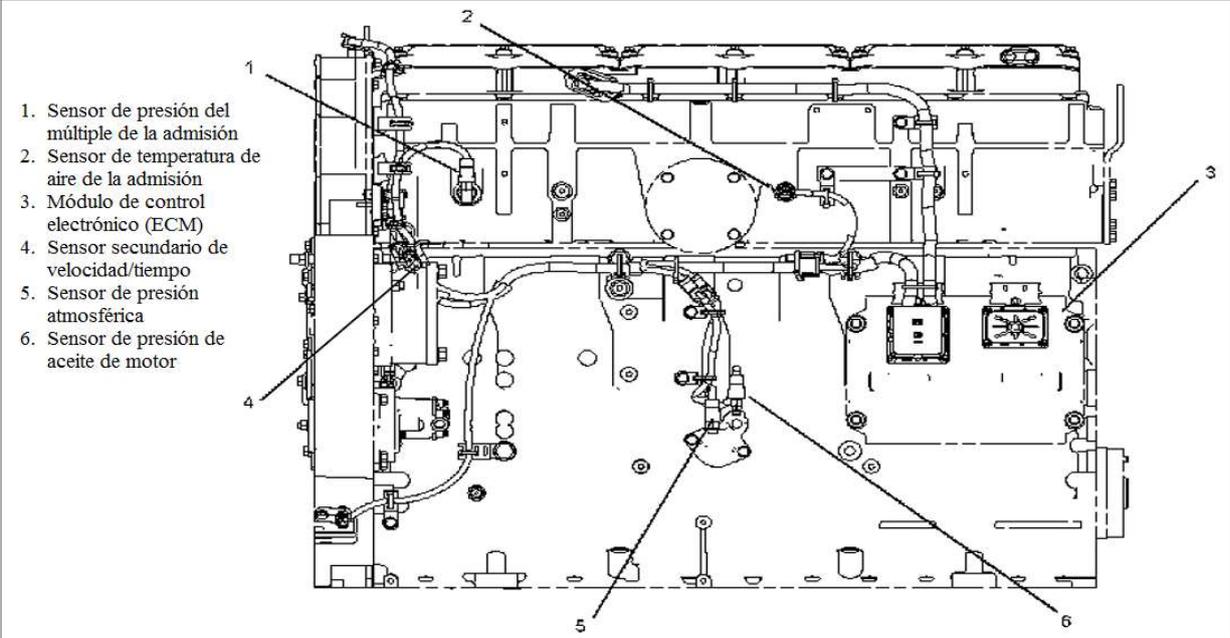


Figura 25: Componentes del sistema electrónico, lado izquierdo
Fuente: <https://sis.cat.com>

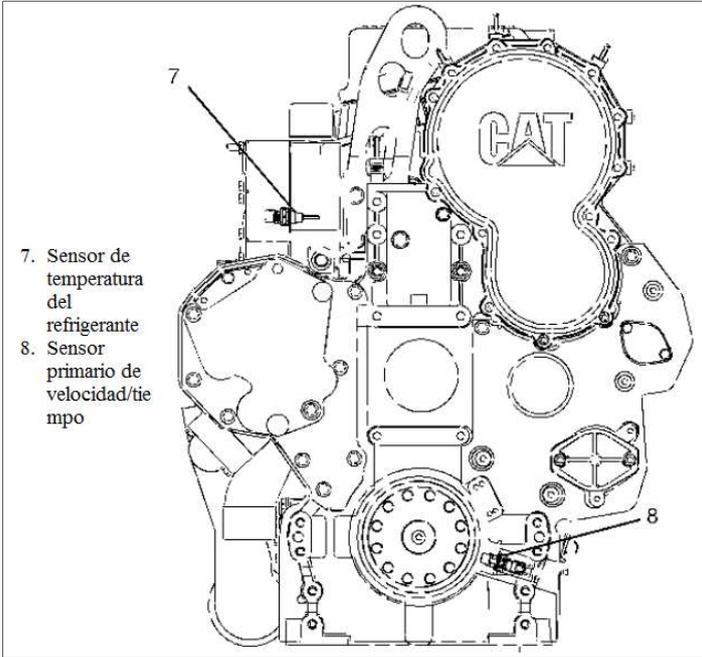


Figura 26: Componentes en parte frontal
Fuente: <https://sis.cat.com>

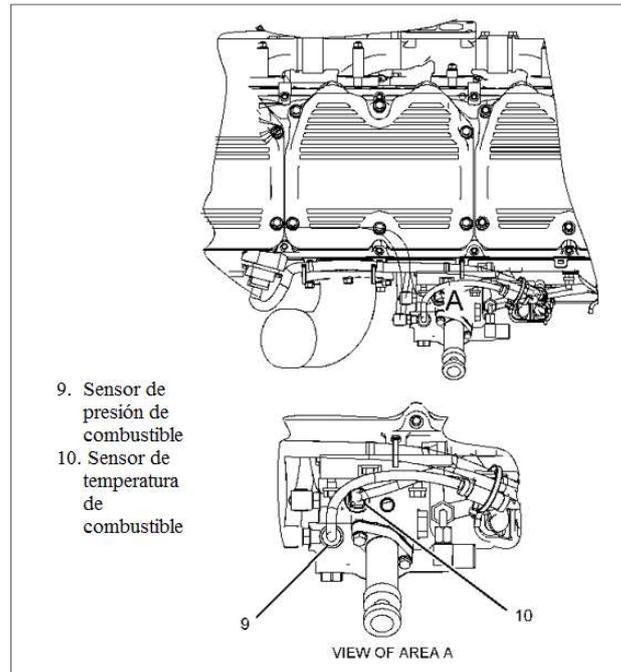


Figura 27: Componentes parte superior

Fuente: <https://sis.cat.com>

Como se puede apreciar en la Figuras 25, 26 y 27 estos son los componentes que conforman el sistema de control electrónico de combustible MEUI, este sistema proporciona control electrónico completo de todas las funciones del motor. El motor utiliza los siguientes tipos de componentes electrónicos:

- Entradas
- Controles
- Salidas

Un componente de entrada es uno que envía una señal eléctrica al ECM. La señal que se envía varía en una de las siguientes formas:

- Voltaje
- Frecuencia
- Duración de impulso

La variación de la señal responde a un cambio en algún sistema específico del motor. El módulo de control electrónico ve la señal del sensor de entrada como información sobre la condición, entorno u operación del motor.

Un componente de control (ECM) recibe las señales de entrada. Los circuitos electrónicos dentro del componente de control evalúan las señales de los componentes de

entrada. Estos circuitos electrónicos también suministran energía eléctrica a los componentes de salida del sistema. La energía eléctrica suministrada al componente de salida se basa en combinaciones predeterminadas de los valores de las señales de entrada.

Un componente de salida es aquel que se controla por un módulo de control. El componente de salida recibe energía eléctrica del componente de control. El componente de salida utiliza esa energía eléctrica en una de dos formas. El componente de salida puede utilizar esa energía eléctrica para realizar trabajo. El componente de salida también puede utilizar esa energía eléctrica para suministrar información, por ejemplo:

- Un émbolo de solenoide en movimiento realiza trabajo. El componente ha funcionado realizando trabajo para regular el motor.
- Una luz de advertencia o una alarma proporciona información al operador.

El ECM consta de los dos componentes principales siguientes: el ECM y el módulo de personalidad, donde el ECM es una computadora y el módulo de personalidad es el software de la computadora.

El módulo de personalidad es el software en el ECM que contiene los mapas específicos que definen la potencia, el par y los rpm del motor. El ECM envía corriente eléctrica a los componentes de salida para controlar la operación del motor.

El ECM establece algunos límites en cuanto a la cantidad de combustible que se puede inyectar. La posición del control de la relación de combustible (FRC) es un límite basado en la presión de refuerzo para controlar la mezcla de combustible y aire para el control de las emisiones. Cuando el ECM detecta un aumento de la presión de refuerzo, aumenta la posición del control de la relación de combustible. La posición nominal del combustible es un límite basado en la clasificación de potencia del motor.

La posición nominal del combustible es semejante a los topes de cremallera y el resorte de par en un motor regulado mecánicamente. La posición nominal del combustible proporciona la potencia de motor y las curvas de par para una clasificación específica de potencia. La fábrica programa los límites en el módulo de personalidad. Los límites no se pueden programar en el campo. El módulo de personalidad contiene los mapas de operación. Los mapas de operación definen las siguientes características del motor:

- Potencia
- Curvas del par de apriete
- RPM

El ECM, el módulo de personalidad, los sensores y los inyectores unitarios funcionan en forma conjunta para controlar el motor. Ninguno de los cuatro puede controlar por sí solo el motor, el ECM determina el valor de rpm deseadas sobre la base de los siguientes criterios:

- Señal del acelerador
- Algunos códigos de diagnóstico
- Señal de velocidad del vehículo

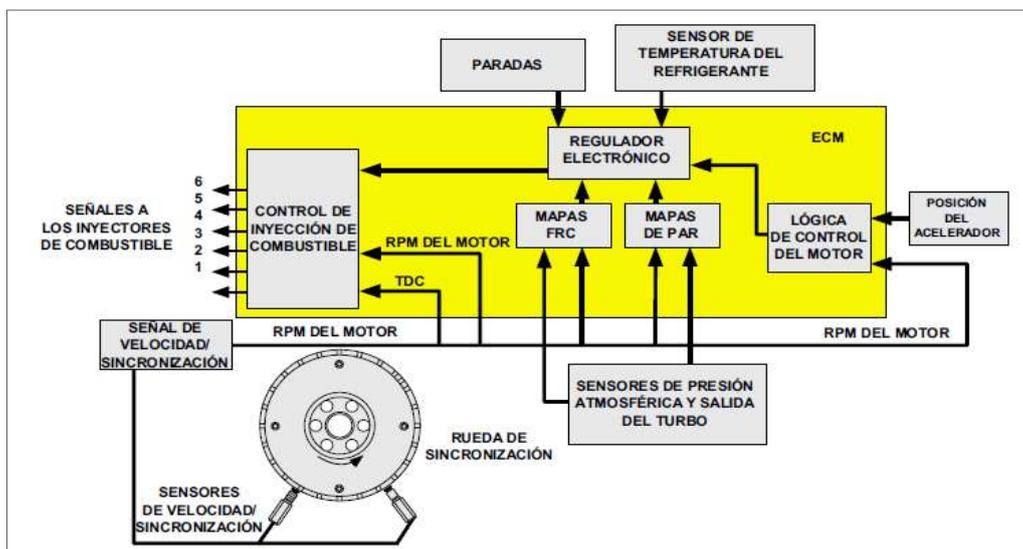


Figura 28: Parámetros de motor
Fuente: www.finningsudamerica.com

El ECM detecta el punto muerto superior del cilindro número uno a partir de la señal proporcionada por los sensores de velocidad/sincronización del motor. El ECM decide cuándo debe ocurrir la inyección con relación a esta posición de punto muerto superior. El ECM proporciona la señal al inyector unitario en el momento deseado.

Dentro del sistema electrónico se indicarán los elementos de entrada, salida y control, así como también los diferentes tipos de señales que se encuentran en este circuito los cuales, administran de manera eficaz la entrega de combustible.

Algunos parámetros que afectan la operación del motor se pueden cambiar con el Técnico Electrónico (ET) Caterpillar. Los parámetros se almacenan en el ECM y algunos parámetros se protegen con contraseñas contra cambios no autorizados. Estas contraseñas

se denominan contraseñas de la fábrica. Las contraseñas de fábrica protegen varios parámetros de configuración del sistema y la mayoría de los sucesos registrados. Las contraseñas de fábrica están disponibles solamente a los distribuidores Caterpillar

2.5. Señales Electrónicas.

Los circuitos electrónicos procesan una señal de alguna forma. La señal puede ser tan simple como el pulso eléctrico creado por el cierre de los contactos de un interruptor, o compleja como una señal digital que evalúa el nivel de un fluido.

Las señales pueden dividirse en dos grandes grupos: Las que cambian y las que permanecen constantes (no cambian), por ejemplo, una señal que no cambia, es aquella en que el flujo de corriente permanece en una misma dirección (Corriente Directa “DC”); A diferencia de lo anterior, en una señal que cambia, el flujo de corriente fluye en una dirección y luego cambia y fluye en la dirección contraria (Corriente Alterna “AC”). (Finning Capacitación, 2016)

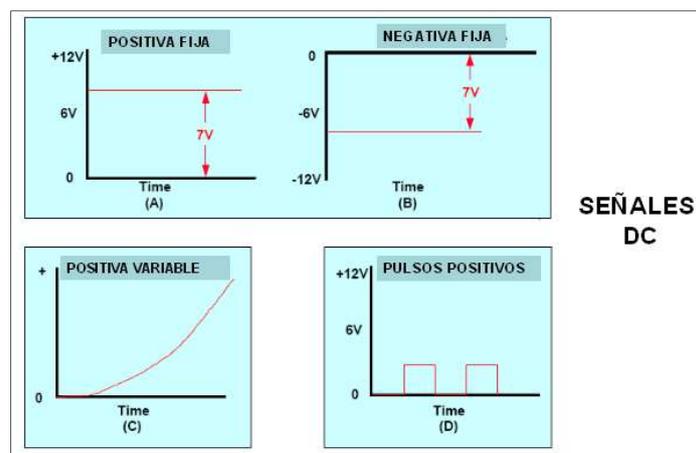


Figura 29: Tipos de señal

Fuente: Google Imágenes

Una señal DC, puede ser voltaje o corriente suministrado desde una fuente (Batería), o simplemente, un nivel DC, como la representación de algún otro parámetro, por ejemplo; una termocupla es una fuente que genera un voltaje de corriente continua en proporción a su temperatura. Una fotocelda produce un voltaje en proporción a su intensidad luminosa. La característica básica del voltaje DC, es que tiene polaridad fija y el flujo de corriente es sólo en una dirección a través del circuito. Los siguientes ejemplos son usados para visualmente demostrar 4 diferentes tipos de señales de corriente directa DC.

Una Batería simple con polaridad de Positivo a Negativo en el caso de la Figura 29(A) y con polaridad invertida en el caso del ejemplo (B). En el cuadro (C) de este ejemplo podría ser una corriente que está siendo controlada por un resistor variable y (D) es una señal de voltaje que es controlada por un interruptor que la activa y la desactiva.

2.5.1. Corriente Alterna.

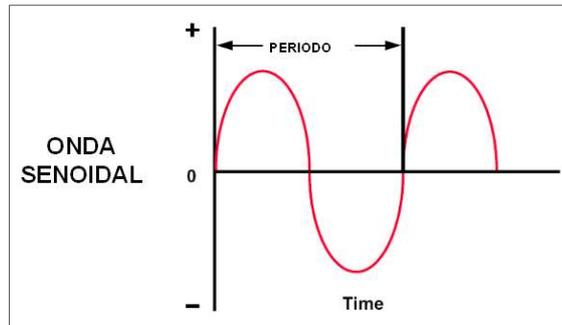


Figura 30: Señal de corriente alterna
Fuente: Google Imágenes

En la Figura 30 se observa una señal o forma de onda del tipo sinusoidal, que corresponde a una corriente o voltaje de tipo alterno.

La corriente Alterna es un flujo de electrones que, al ser representado gráficamente a través de una señal sinusoidal, empieza en cero, se incrementa al máximo en un sentido, y entonces disminuye a cero, invierte su sentido y llega al máximo en sentido opuesto para volver nuevamente a cero. La razón de cambio de esta alternancia se llama Frecuencia y su unidad de medida es el Hertz. (1 Hertz corresponde a 1 ciclo que sucede en un segundo). (Finning Capacitacion, 2016)

Por ejemplo, en el consumo domiciliario, la corriente alterna tiene una alternancia de ciclo o frecuencia de 50 a 60 Hertz, es decir 50 a 60 ciclos se suceden en 1 segundo, las ondas sinusoidales pueden representar una Corriente Alterna, una señal de radio, un tono de audio o una señal de vibración de alguna fuente mecánica.

Las ondas sinusoidales pueden ser producidas por alguna fuente electromecánica (generadores) o bien por un circuito electrónico llamado oscilador, la Señal Electrónica representa el parámetro que mide. La señal puede ser modulada de tres formas distintas.

- Modulación Analógica, que representa el parámetro como nivel de Voltaje.

- Modulación de frecuencia, que representa el parámetro como un nivel de frecuencia (Visto con la señal de una onda sinusoidal).
- Modulación de ancho de pulso (PWM), que corresponde a una señal digital que representa el parámetro como porcentaje de ciclo de trabajo.

2.5.2. Señal Analógica.

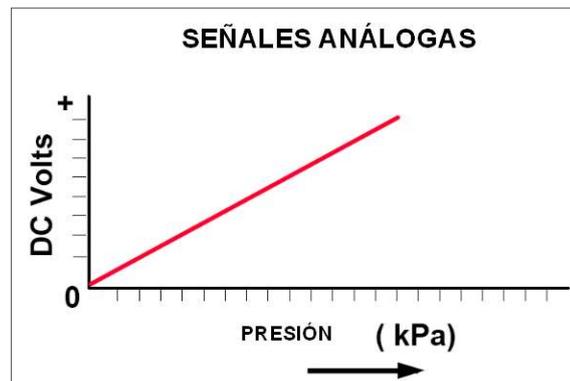


Figura 31: Señal analógica
Fuente: Google Imágenes

Una señal analógica es una que varía en un amplio rango de valores, suave y constantemente en el tiempo. La Figura 31 muestra un trazo de señal analógica de un sensor de presión, este tipo de señal electrónica es proporcional a la presión sensada en el sistema. Si la presión del sistema se incrementa, la resistencia de la fuente de sensado cambia. El cambio en la resistencia será también sensado por el ECM en donde la entrada de la señal es sensada.

2.5.3. Señal Digital.

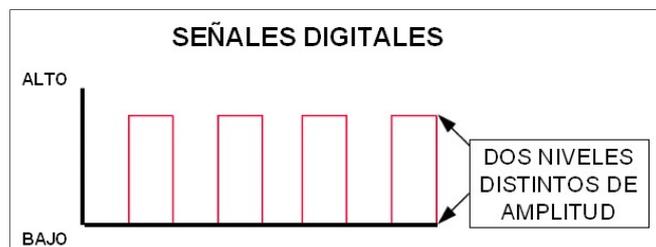


Figura 32: Señal digital
Fuente: Google Imágenes

Las Señales Digitales (Figura 32) son usualmente asociadas con controles electrónicos computarizados. Poseen dos distintos niveles, como por ejemplo 0 o 10 Volt, o más simplemente, dos estados: Alto o Bajo.

2.5.4. Modulación de Pulso de Ancho.

En los productos Caterpillar, un sensor de posición es un buen ejemplo de una fuente que produce una señal digital. Una señal PWM, es producida por un sensor. Un oscilador interno en el sensor produce una frecuencia constante de salida del sensor.

El ciclo de trabajo (porcentaje de tiempo “on” versus porcentaje de tiempo “off”) de la señal, varía como varía la condición sensada (posición rotatoria). La salida del sensor es enviada al ECM en donde esta señal es procesada.



Figura 33: Modulación de pulso de ancho
Fuente: Google Imágenes

2.6. Componentes de Entrada.

Un componente de entrada es uno que envía una señal eléctrica al ECM. La variación de la señal responde a un cambio en algún sistema específico del motor. El módulo de control electrónico ve la señal del sensor de entrada como información sobre la condición, entorno u operación del motor.

2.6.1. Sensores.

Los sensores se utilizan para medir parámetros físicos tales como; velocidad, temperatura, presión y posición. Un sensor electrónico convierte el parámetro físico medido en una señal electrónica cuya señal es proporcional al parámetro medido físicamente. En los motores electrónicos Caterpillar, los sensores se usan para controlar los sistemas que constantemente cambian. La señal electrónica presentada es la medición física del parámetro. La señal electrónica representa la medición del parámetro. La señal se modula en uno de tres modos. La modulación de frecuencia muestra el parámetro como nivel de frecuencia, la Modulación de Duración de Impulsos (digital) muestra el parámetro

como un ciclo de trabajo de 0% a 100% y la modulación analógica muestra el parámetro como nivel de voltaje. En cuanto a sensores tenemos la siguiente la clasificación.

Por la función:

- Presión
- Temperatura
- Posición
- Velocidad

Por la señal:

- Frecuencia (Magnéticos y efecto Hall)
- Analógicos
- Digitales

Por el suministro de energía:

- Activos
- Pasivos

2.6.1.1. Sensores de Frecuencia.

Los sensores de frecuencia son utilizados mayormente para la medición de velocidad y sincronización del motor entre los cuales se encuentran los magnéticos y de efecto Hall.

En un sistema en el cual la medición de las velocidades bajas es crucial se utiliza un sensor de efecto Hall, los cuales son requeridos por ejemplo para la sincronización de un motor electrónico en las cuales intervienen medidas de velocidad inferiores a 0 rpm.

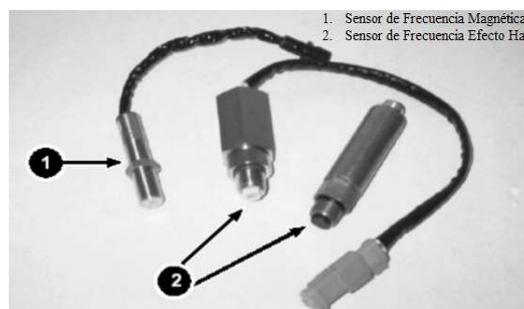


Figura 34: Sensores de frecuencia
Fuente: Google Imágenes

En motores la medición de la velocidad del mismo usa un sistema el cual necesita un sensor de detección magnética.

Los sensores de frecuencia de detección magnética convierten el movimiento mecánico en voltaje CA. Los sensores de velocidad de un motor controlado electrónicamente miden la velocidad y la sincronización del motor. La velocidad del engranaje se detecta midiendo el cambio del campo magnético cuando pasa un diente del engranaje.

Los sensores de sincronización de velocidad se diseñan específicamente para “sincronizar” los motores de inyección electrónica. En vista de que se usan para “sincronizar” es importante que el control electrónico detecte el tiempo exacto en que el engranaje pasa por el frente de la cabeza deslizante.

En el motor C15 el circuito de velocidad/sincronización consta de dos detectores de velocidad/sincronización. Durante el arranque del motor, el ECM usa la señal de sincronización del detector secundario de velocidad/sincronización. El ECM usa la señal de sincronización del detector primario de velocidad/sincronización cuando la velocidad del motor es mayor que la velocidad de giro (arranque) del motor. El ECM trata cada uno de los detectores de velocidad/sincronización como un componente discreto. Si la señal de uno de los detectores se vuelve sospechosa, el ECM utiliza la señal del otro detector para mantener funcionando el motor.

2.6.1.1.1. *Sensor de Frecuencia Magnético o Pick Up (tipo pasivo).*

Los sensores de frecuencia de detección magnética convierten el movimiento mecánico en voltaje CA. El detector magnético típico consta de una bobina, una pieza polar, un imán y una caja.



Figura 35: Sensor de frecuencia magnetico
Fuente: Google Imágenes

El sensor produce un campo magnético que, al pasar un diente de engranaje, se altera y genera voltaje CA en la bobina. El voltaje CA es proporcional a la velocidad. La

frecuencia de la señal CA es exactamente proporcional a la velocidad (rpm). (Finning Capacitacion, 2016)

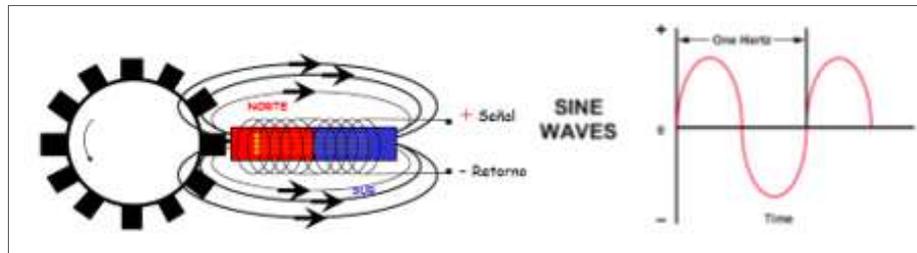


Figura 36: Funcionamiento de sensor magnético

Fuente: Google Imágenes

Un pick-up magnético es un dispositivo que se suele emplear para medir velocidad del motor, instalándolo generalmente en el volante del mismo. Este tipo de sensores incorporan un imán permanente por lo que no precisan de alimentación externa (solo tienen dos líneas: señal y retorno).

En el caso de un PICK-UP el campo magnético lo proporciona el imán y su variación se debe a que el entre-hierro varía al moverse el volante de inercia. Cuanta mayor velocidad tenga el motor más rápidamente varía el campo magnético, ya que sus líneas encuentran distinta reluctancia (resistencia al campo magnético) cuando un diente del volante está próximo que cuando hay un vano.

Al aumentar la velocidad de variación aumentan tanto la tensión como la frecuencia de la señal (ésta última de forma exactamente proporcional a la variación del campo). Por esta razón el ECM del motor interpreta la frecuencia de la señal, cuando el motor trabaja a pocas vueltas, la tensión y la frecuencia de la señal del pick-up disminuyen y el control tiene problemas para captar la señal (poca exactitud a bajas vueltas). (Finning Capacitacion, 2016)

La resistencia entre sus dos líneas debe estar entre 100 y 200 ohm (con el sensor desconectado del cableado). Si esa resistencia es muy alta indica un circuito abierto en las líneas, y si es próxima a cero indica cortocircuito en la bobina. Para operar apropiadamente, los sensores de detección magnética basan su medida en la distancia entre el extremo del detector y el paso del diente del engranaje.

2.6.1.1.2. Sensor de Frecuencia Efecto Hall (tipo activo).



Figura 37: Sensor de Efecto Hall

Fuente: Caterpillar SERV1819

En el control del sistema de inyección unitario electrónico se usa este tipo de sensores, que proveen señales de impulso para determinar la velocidad de salida de la transmisión y la sincronización del motor. Los sensores de Velocidad/Avance son un tipo especial de sensores que trabajan proporcionando información importante al ECM:

- Velocidad del motor
- Sincronización (posición del PMS en carrera de compresión de cada cilindro)
- Sentido correcto de giro (no en motores MEUI).

La célula sensora trabaja basándose en un principio físico conocido como “*Efecto Hall*”, que consiste en la generación de una señal, con componente tanto de alterna como de continua, exactamente proporcional a la variación de un campo magnético (e independiente de la velocidad de esa variación, por lo que son sensores muy precisos incluso a bajas vueltas). El sensor incorpora la circuitería para el acondicionamiento (retirada de la componente de continua y amplificación) y digitalización (conversión a un tren de pulsos de onda cuadrada) de la señal. (Ferrero, 2012)



Figura 38: Rueda dentada y sensor efecto Hall

Fuente: Google Imágenes

El sensor de velocidad avance lee sobre una rueda dentada especial llamada rueda de velocidad avance.

El ECM recibe una señal que es una reproducción del patrón de dientes de la rueda. Para el cálculo de la velocidad del motor, el ECM emplea la frecuencia de la señal. Para comprobar el sentido de giro y la sincronización del motor (PMS de cada cilindro) el control compara la señal del sensor con el patrón de los dientes de la rueda que tiene grabado en la memoria.

Estos sensores disponen de una línea particular de alimentación desde el ECM, por la cual reciben una tensión continua de 12,5 V, el elemento sensor está ubicado en la cabeza deslizante, y la medición es muy exacta, gracias a que su fase y su amplitud de salida no dependen de la velocidad. Éste opera hacia abajo hasta 0 rpm sobre una gama amplia de temperatura de operación.

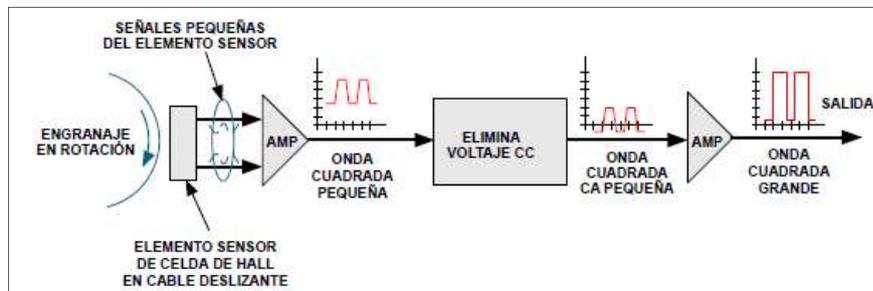


Figura 39: Componentes de sensores por efecto hall
Fuente: <https://sis.cat.com>

La Figura 39 muestra algunos de los componentes principales del sensor de efecto Hall. La señal de un sensor de velocidad de efecto Hall sigue directamente los puntos altos y bajos del engranaje que está midiendo. La señal será alta (generalmente +10V DC) cuando el diente está en frente del detector, o baja (+0 V) cuando un diente no está en frente del detector.

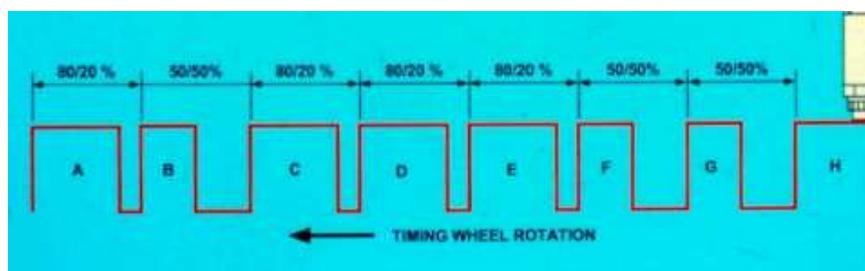


Figura 40: Señal de efecto Hall
Fuente: Google Imágenes

Si existe un patrón en el engranaje, la señal del detector representará el patrón. El ECM puede determinar la velocidad y el sentido de giro de acuerdo a este patrón, comparando

con una referencia grabada en su memoria. Estos sensores pueden ser diagnosticados de manera similar a los pick up magnéticos considerando que los valores de resistencia son diferentes entre el sensor superior y el sensor inferior.

Caterpillar está empezando a montar, en los motores más modernos, un conjunto de dos pick-up magnéticos, de forma que ambas señales se complementan y el ECM recibe completa y precisa información sobre la velocidad y el PMS de cada cilindro en cualquier situación de trabajo del motor. Esto sustituye a los tradicionales sensores de efecto Hall.

2.6.1.2. Sensores Analógicos.



Figura 41: Sensores analógicos
Fuente: Google Imágenes

La definición de señal analógica es “Una señal que varía ligeramente con el tiempo y en proporción con el parámetro medido” (GLOBAL SERVICE LEARNING CATERPILLAR, 2006, p.50).

Se dice que un sensor es analógico cuando la señal que proporciona varía lentamente en el tiempo, de forma proporcional a la magnitud medida, y barriendo un campo continuo de valores, los sensores analógicos difieren de otros tipos de sensores; no solamente en el modo de cómo funcionan, sino también, en la manera de probarlos. La información que diferencia un dispositivo analógico de otros está en la nomenclatura que describe el voltaje de suministro como +5V DC. Indicando el número el voltaje de suministro que envía el control.

La mayoría de los sensores de un motor electrónico son analógicos, y esta tendencia cada vez es mayor. Los sensores analógicos son más sencillos de reparar y más baratos que los digitales. Su tamaño es pequeño ya que solo incorporan la electrónica mínima para

translucir la magnitud a medir (sólo incorporan la célula sensora y un amplificador de señal), siendo el control electrónico que recibe la señal el encargado de acondicionarla.

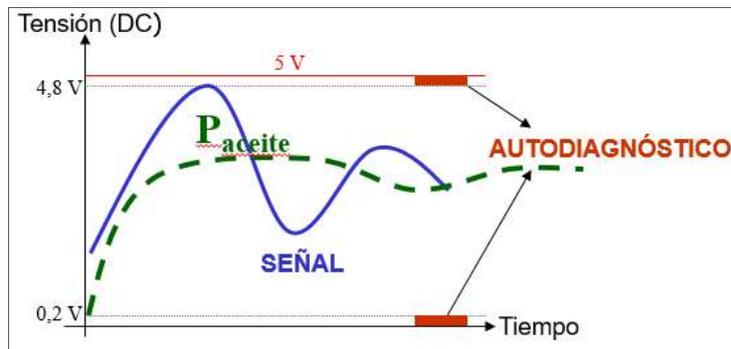


Figura 42: Señales de sensor analogicos
Fuente: Google Imágenes

El control tiene programados los mapas de los sensores (tablas que le indican la equivalencia entre la señal eléctrica que le manda el sensor y la magnitud física que está midiendo). Los sensores analógicos son especialmente utilizados para medir temperaturas y presiones del funcionamiento del motor.

2.6.1.2.1. *Sensores Análogos de Temperatura.*

La Figura 43 muestra los componentes internos de un sensor analógico de temperatura típico.

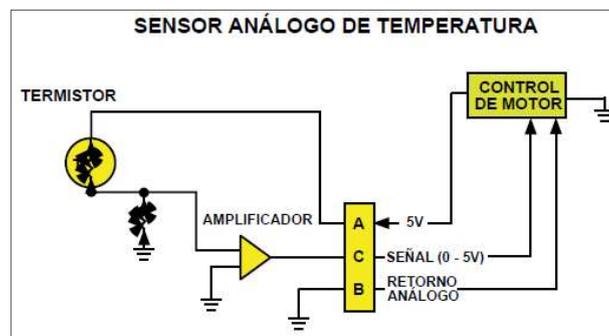


Figura 43: Componentes internos sensor analogico
Fuente: Google Imágenes

Los componentes internos principales son un termistor para medir la temperatura y un dispositivo de OP (amplificador operacional) para proveer una señal de salida que puede variar entre 0,2 a 4,8 voltios DC, proporcional a la temperatura. Cabe recalcar que entre 0 a 0.2 y 4.8 a 5 se deja para autodiagnóstico del sensor. (GLOBAL SERVICE LEARNING CATERPILLAR, 2006)

2.6.1.2.2. *Sensor de Temperatura del Refrigerante (tipo pasivo).*

Este sensor es del tipo pasivo y suministra una señal de temperatura para realizar las siguientes funciones:

- Mostrar la temperatura del refrigerante en la pantalla del equipo y del E.T.
- Evento gravado de alta temperatura de refrigerante sobre los 107°C (225°F).
- Advertencia de reducción de potencia cuando la temperatura ha excedido 107°C (225°F).
- Control del ventilador automático según la demanda. (si estuviera equipado).
- Operación del calentador de aire de admisión e inyección de éter.

2.6.1.2.3. *Sensor de Temperatura de la Admisión (tipo activo).*

Tiene dos funciones:

- Es usado por el ECM para prevenir temperaturas excesivas de admisión que podrían dañar al motor.
- En conjunto con el sensor de temperatura de refrigerante es usado para la operación del calentador del aire de admisión o la inyección de éter en los arranques del motor.

2.6.1.2.4. *Sensores Análogos de Presión.*

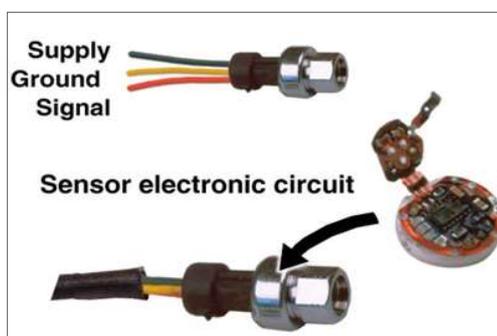


Figura 44: Sensores analógicos de presión

Fuente: Google Imágenes

Estos sensores son de tipo analógico, en el sentido de que detectan una señal continua en su margen de operación y la transforman en una señal de tensión también continua. Un sensor de presión necesita tres hilos; alimentación, retorno (estos dos los utiliza para alimentar su circuitería interna que transforma la señal de presión en señal eléctrica) y señal (la correspondiente señal variable en tensión correspondiente a la presión, que el sensor envía al módulo de control). El ECM será capaz de interpretarla, pues tiene programados los mapas de conversión Presión-Voltaje.

La mayoría de los sensores de presión miden la presión manométrica, es decir, la diferencia entre la real o absoluta y la atmosférica. De esta forma, el conocer la presión atmosférica nos permite calcular la presión absoluta de la magnitud medida.

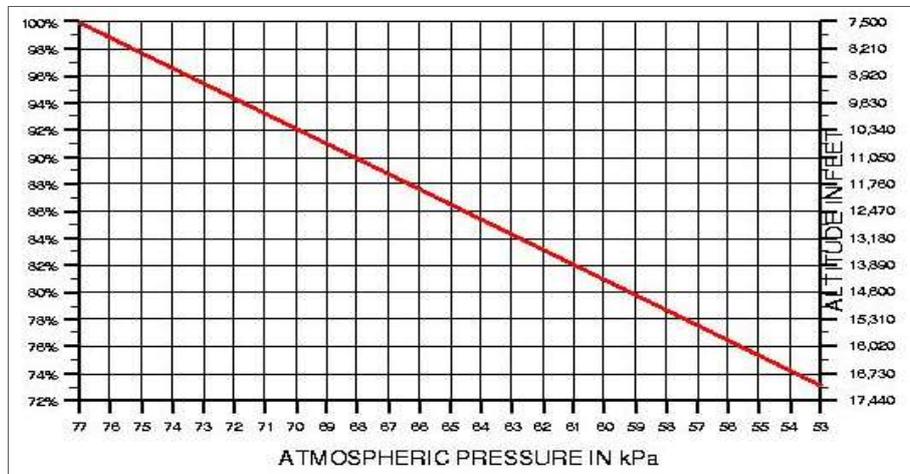


Figura 45: Mapa de derrateo por altitud

Fuente: <https://sis.cat.com>

Cuando un motor funciona a diferentes alturas por encima del nivel del mar hay que tener en cuenta que, a más altitud, menor presión atmosférica, y por tanto menos aire para quemar para el mismo volumen introducido en los cilindros. El control electrónico detecta esta situación estableciendo si es necesario un límite de combustible, para no producir humos mal combustionados.

El ECM tiene almacenados los mapas de derrateo. Con ellos se sabe que limitación de combustible debe imponer al motor según la presión atmosférica detectada, al ser una limitación en la máxima carga que puede soportar el motor, si no estamos en cargas altas puede que ni nos demos cuenta de que el motor está derrateando.

Comparando la señal de presión después de turbo con la atmosférica, se puede ver la caída de presión en filtros, que aumentará conforme se vayan ensuciando, pues la restricción será mayor. Normalmente se aconseja que no sobrepase 30 inH₂O (7,5 KPa).

2.6.1.2.5. Presión Atmosférica (tipo activo).

El sensor de presión atmosférica tiene cuatro funciones básicas:

- Calibración de sensores de Presión.
- Cálculo de presiones absolutas y manométricas.
- Detaración por altitud.

- Alarma por restricción de filtros de aire.

2.6.1.2.6. *Presión de Aceite de Motor (tipo activo).*

Es usado para medir la presión de lubricación del motor. El ECM cortará la corriente hacia los inyectores si la presión de lubricación cae por debajo de la configuración establecida.

2.6.1.2.7. *Presión del Múltiple de la Admisión (tipo activo).*

Mide la presión en el múltiple de admisión. Ante una falla del sensor el ECM asume un valor de 0 PSI de presión, lo que reduce la potencia del motor. Controla la relación aire combustible, junto con el de presión atmosférica y revoluciones de motor.

2.6.1.2.8. *Presión de Combustible (tipo activo).*

Es usado para dar una advertencia de problemas en el sistema de baja presión de combustible.

2.6.1.3. *Sensores Digitales.*



Figura 46: Sensor digital de alta presión
Fuente: www.cat.com

En los sensores digitales de los sistemas Caterpillar se utiliza un método llamado Modulación de Impulsos (PWM) para proveer la entrada electrónica variable necesaria en algunos controles. Se usan al igual que los analógicos para medir diversos tipos de parámetros tales como temperaturas, velocidades, frecuencias y presiones.

En la mayoría de los casos los sensores digitales son más grandes en tamaño que los sensores analógicos, ya que este contiene los componentes electrónicos dentro de la caja del sensor a pesar de que el módulo de control ECM controla estos dos diversos tipos de sensores.

La diferencia se presenta en la alimentación que como ya se lo mencionó el sensor analógico tiene +5V DC de entrada mientras que el digital es de +8V DC. La señal puede variar de 0,7 a 6,9V DC, la frecuencia, dependiendo del sensor de 4,5 a 5,5KHz en la escala de KHz y el porcentaje de trabajo de 5% a 95%. Para Autodiagnóstico se reservan los intervalos (0% - 5%) y (95% - 100%) de ciclo de trabajo. (GLOBAL SERVICE LEARNING CATERPILLAR, 2006)

La señal modulada en anchura de pulso que proporciona un sensor digital es un tren de onda cuadrada, de frecuencia fija, en la que en cada periodo se representa la señal medida en función de la amplitud del ciclo de trabajo (Duty Cycle), es decir, el porcentaje de señal que está en nivel alto frente al que está en bajo en cada pulso o periodo del tren de ondas.

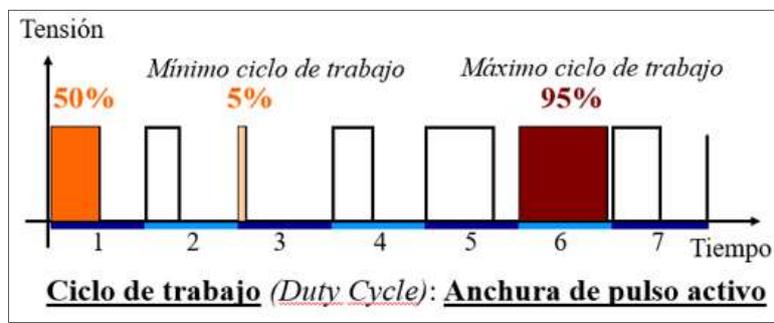


Figura 47: Modulación en anchura de pulso
Fuente: Google Imágenes

2.7. Voltaje Pull-Up

El voltaje de Pull-Up es una tensión suministrada desde el interior del ECM a través de una resistencia interna en corto, de un circuito de señal. Los circuitos de Pull-Up se utilizan en la mayoría de sensores e interruptores entradas de controles electrónicos. Para poder diagnosticar y resolver los interruptores y sensores de manera efectiva.

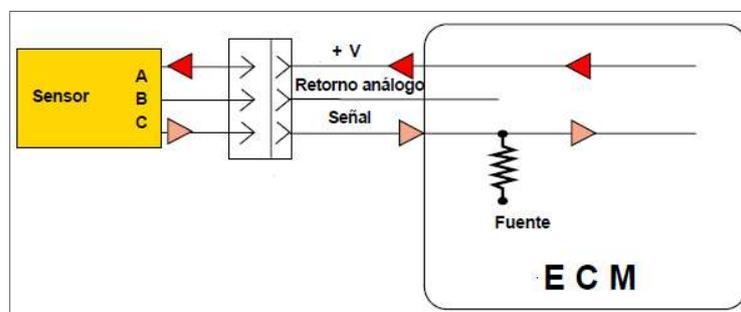


Figura 48: Entrada típica de sensor
Fuente: Fuente: <https://sis.cat.com>

La señal de detección de circuitos en el control está conectada eléctricamente en paralelo con el dispositivo de entrada, para tener una retroalimentación del estado del sensor, pudiendo así determinar cuando este se encuentra en circuito abierto o a tierra. Este voltaje de referencia nos sirve para determinar si tenemos falla en el sensor, en el cableado o en el ECM. El Pull-Up Voltage o tensión de desconexión es un voltaje que proporciona el ECM entre las líneas de señal y tierra del conector de cada sensor, cuando éste está desconectado.

Esta tensión sirve para localizar averías en las líneas que van desde el conector hasta el mazo de pines del ECM. El valor de la tensión de desconexión (Pull-Up Voltage) debe ser aproximadamente la tensión de alimentación del sensor + 1V.

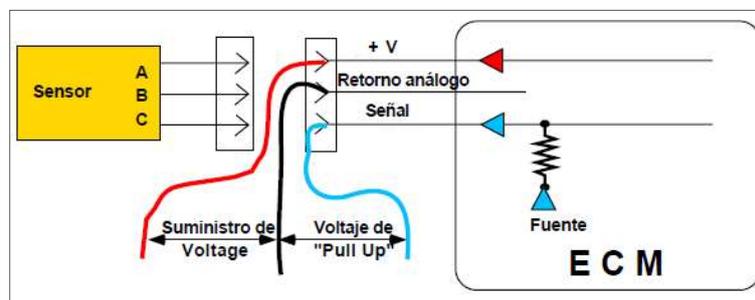


Figura 49: Voltaje Pull Up

Fuente: <https://sis.cat.com>

En el caso de que, tras desconectar el sensor, entre esas dos líneas no haya la tensión adecuada, una o ambas líneas están en mal estado. En tal caso se puede comprobar la tensión entre la línea de señal y una masa remota y si da igual al Pull- Up Voltage, el fallo está en la línea de retorno. Si no da el Pull- Up Voltage entonces el fallo está en esta línea.

2.8. Medición de Sensores.

Para determinar el funcionamiento correcto de los diferentes sensores, se debe medir con un multímetro, los diferentes parámetros de los sensores según su funcionamiento, detallamos en la Tabla 4, las tolerancias a medir según el tipo de sensor.

En la Tabla 5 y Figura 50 se indica las clavijas desde donde se toman las mediciones de los parámetros, también se indica en la Tabla 6 el estado en que debe estar el equipo para realizar determinada medición.

Tabla 5: Parámetros y tolerancias de sensores

PARAMETROS A MEDIR	SENSORES DE FRECUENCIA		SENSORES ANALOGICOS		SENSORES DIGITALES	
	Detección magnética	Efecto Hall	Temperatura	Presión	PWM	Temperatura y Presión
Voltaje de Alimentación		12 v DC	5v DC	5v DC	5 o 12v DC	8v DC
Voltaje de Señal		Menor que la alimentación	0,2 a 4,8v DC	0,2 a 4,8v DC	Depende de la posición	0,7 a 6,99v DC
Frecuencia	Depende RPM de motor	Constante	0 Hz	0 Hz	Constante	4,5 a 5,5 KHz
Ciclo de Trabajo	50%	5% al 95%	OL	OL	5% al 95%	5% al 95%
Resistencia	100 a 1200 ohmios					
Voltaje que Envía	Depende RPM de motor	Mayor a 10v DC				

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

Tabla 6: Puntos de medición de sensores y estado de motor

PARAMETRO	CLAVIJAS DONDE MEDIR	ESTADO DE EQUIPO
Voltaje de Referencia	(C y B) Desde el lado del ECM	Encendido
Voltaje de Alimentación	(A y B) Desde el Sensor	Encendido
Voltaje de Señal	(C y B) Desde el Sensor	Encendido
Frecuencia	(C y B) Desde el Sensor	Encendido
Ciclo de Trabajo	(C y B) Desde el Sensor	Encendido
Resistencia	(A y B) Desde el Sensor, solo en sensores con bobinas	Sensor desmontado de la maquina

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

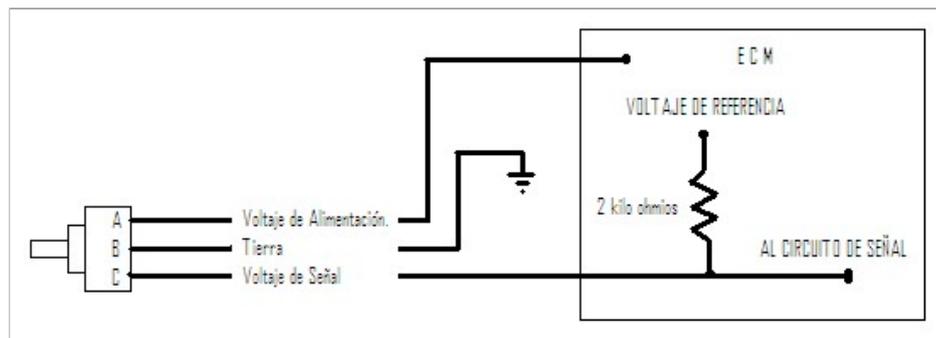


Figura 50: Clavijas y mediciones de sensores

Fuente: <https://sis.cat.com>

2.9. Componentes de Salida o Actuadores.

Los dispositivos de salida se usan para notificarle al operador del equipo, el estado de los sistemas del motor. En los productos Caterpillar se usan numerosos dispositivos de salida, como son:

- Solenoides
- Relés
- Indicadores de alerta

2.9.1. Solenoides.



Figura 51: Solenoide del inyector de combustible
Fuente: Google Imágenes

Los solenoides son dispositivos electrónicos que funcionan según el principio de electromagnetismo el cual consiste en que, cuando una corriente eléctrica pasa a través de una bobina conductora, se produce un campo magnético, de esta forma se la puede utilizar para realizar un trabajo ya sea el cambio de velocidades, levantar o mover un implemento, inyección de combustible, etc.

2.9.2. Relés.

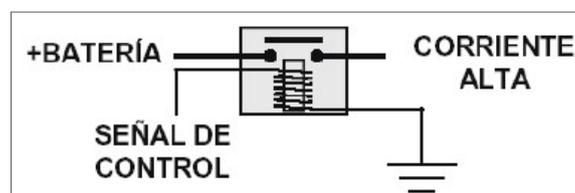


Figura 52: Diagrama basico de rele
Fuente: Google Imágenes

Un relé también funciona con base en el principio del electroimán. En un relé, el electroimán se usa para cerrar o abrir los contactos de un interruptor.

Los relés se usan, comúnmente, para aumentar la capacidad de transporte de corriente de un interruptor mecánico o digital. Cuando la señal de control desde un ECM activa la bobina de un relé, el campo magnético actúa en el contacto del interruptor. Los contactos del interruptor se conectan a los polos del relé. Los polos del relé pueden conducir cargas altas de corriente, como en los arranques o en otros solenoides grandes. La bobina del relé requiere una corriente baja y separa el circuito de corriente baja respecto del circuito de corriente alta.

2.9.3. Indicadores de Alerta.

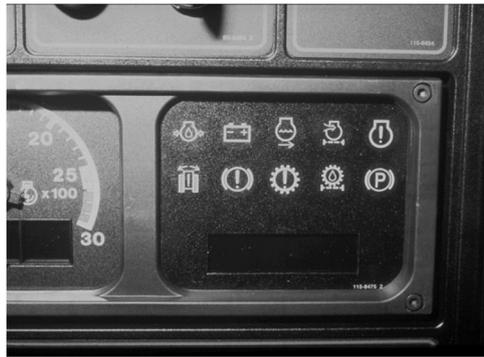


Figura 53: Indicadores de alerta

Fuente: Google Imágenes

Los dispositivos de salida, pueden también indicar al operador el estado de los sistemas de la máquina a través de indicadores, alarmas y visualizadores digitales.

Los tipos de indicadores de alerta varían en los diferentes sistemas monitores usados en los productos Caterpillar. No son importantes la ubicación ni el tipo de dispositivo. La función principal de los indicadores de alerta es llamar la atención de los operadores si se presenta una condición anormal del sistema. (GLOBAL SERVICE LEARNING CATERPILLAR, 2006)

2.10. Componentes de Control.

Algunos de los principales sistemas de las máquinas y motores encontrados en los productos Caterpillar se controlan mediante sistemas electrónicos. Los sistemas de control electrónico de las máquinas Caterpillar operan en forma similar a muchos otros sistemas del mercado. Aunque en los equipos Caterpillar se usa una variedad de controles electrónicos, las tecnologías de operación básica son las mismas.

Cada sistema de control electrónico requiere ciertos tipos de dispositivos de entrada para alimentar la información electrónica al Módulo de Control Electrónico (ECM) para el procesamiento. El ECM procesa la información de entrada y, entonces, envía las señales electrónicas apropiadas a varios tipos de dispositivos de salida, como solenoides, luces indicadoras, alarmas, etc.

Los dispositivos Electrónicos Caterpillar utilizan dos tipos de módulos electrónicos:

- Módulos electrónicos del tipo Monitor
- Módulos electrónicos del tipo Control

2.10.1. Modulo Electrónico de Tipo Monitor.

Estos módulos se caracterizan principalmente por contar con un monitor que permite visualizar e interactuar con la información de los componentes que conforman la maquina o motor, existe de gran variedad diseñados según cada necesidad, para el desarrollo del proyecto, hablaremos de los paneles de control ECMP usados en equipos electrógenos.

Son componentes que administran el funcionamiento, la configuración y permiten monitorear de forma visual el rendimiento de un grupo electrógeno ya que cuentan estos elementos de control, de una programación y visualización del equipo en general. Existen los siguientes paneles de control para equipos Caterpillar:

- EMCP II
- EMCP II+
- EMCP 3
- EMCP 4

Trataremos los módulos de control EMCP 4 que son los más utilizando en la actualidad por Caterpillar y otros fabricantes de grupos electrógenos.

2.10.2. Panel EMCP 4.

Caterpillar ha desarrollado una línea de productos de Controles de generador para su uso en el Modular Electrónico de Control Panel 4 (EMCP 4). Están disponibles en cuatro versiones 4.1, 4.2, 4.3, y 4.4. Este panel EMCP 4 combina los parámetros de monitoreo del generador y del motor en un solo dispositivo, posee teclas de navegación para acceder de manera rápida a los parámetros de monitoreo, diagnóstico e información de operación.



Figura 54: EMCP 4
Fuente: Google Imágenes

2.10.2.1. Características:

Puede manejar todas las funciones de control del grupo electrógeno estándar para diésel y grupos electrógenos de gas, puede enviar el arranque del motor y la información de parada del motor a través del enlace de datos CAN.

El EMCP 4 recibe información específica que se utiliza con el fin de vigilar el sistema de eventos, se puede utilizar para el seguimiento y control de la unidad mecánica del inyector (MEUI) de los motores. Con la ausencia de un ECM motor, el EMCP 4 utiliza las salidas de relé para controlar la función de arranque / parada y las entradas analógicas para la monitorización de parámetros críticos del motor.

La siguiente información se muestra en la pantalla de visualización de la EMCP 4 si la información es apoyada por el ECM del motor:

- Presión de aceite del motor
- Temperatura de refrigerante
- Temperatura del múltiple de admisión
- Temperatura del aceite
- Presión de combustible
- Filtro de aceite de presión diferencial
- Combustible de presión diferencial del filtro
- Filtro de aire de presión diferencial
- Temperatura de combustible del motor
- Voltaje de la batería

- Velocidad del motor (rpm)
- Horas del motor
- Estado del motor
- De servicio (horas / días)
- Total Start (Comienzo)
- Temperatura de escape
- Temperaturas de cilindros
- Presión del cárter

2.10.2.2. Partes principales:

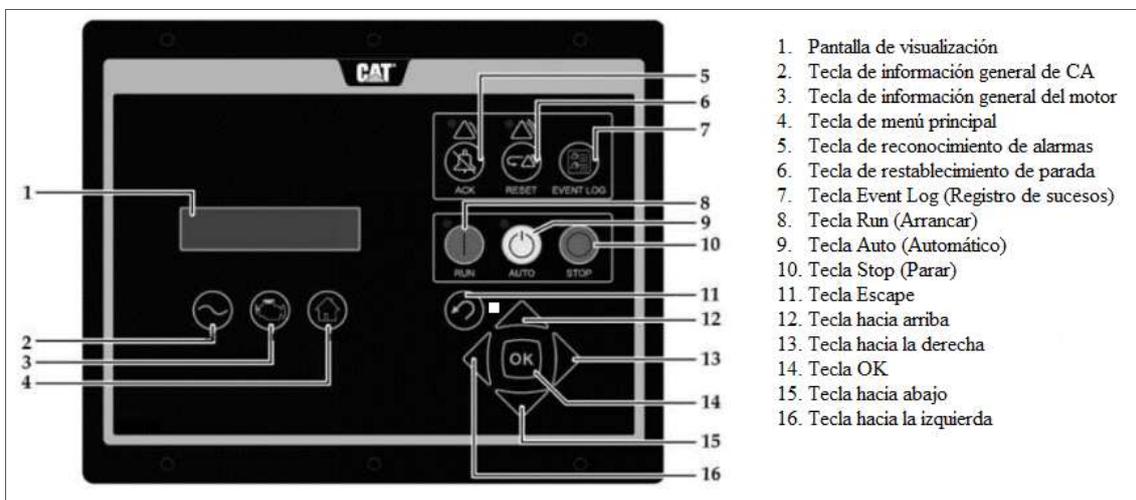


Figura 55: Tablero del sistema de control EMCP 4

Fuente: <https://sis.cat.com>

2.10.2.3. Teclas de navegación.

- Información general de CA (2). La tecla proporciona acceso a la primera pantalla de información sobre la corriente alterna. Contiene varios parámetros de la corriente alterna que resumen la operación eléctrica de grupo electrógeno.
- Información general sobre el motor (3). La tecla proporciona acceso a la primera pantalla de información sobre el motor.
- Tecla del menú principal (4). La tecla hará que se navegue por pantalla hasta el menú principal sin tener que salir de los menús.
- Tecla de reconocimiento (5). Al oprimir la tecla se desconectará el relé de la bocina y se silenciará. Al oprimir la tecla también se apagarán o se quedarán encendidas de forma continua las luces rojas o amarillas intermitentes. La tecla

de también se permite configurar para enviar una señal de silencio de alarma global en el enlace de datos J1939. Al enviar una señal de silencio de alarma global por el enlace de datos J1939, se silenciarán las bocinas en los anunciadores.

- Tecla Reset o Restablecimiento (6). Al oprimir se reiniciarán diversos sucesos.
- Tecla Event o Registro de Sucesos (7). Al presionar la tecla se navegará hasta el registro de sucesos.
- Tecla RUN o Arrancar (8). Si se oprime la tecla el motor arrancará.
- Tecla AUTO (9). Esta tecla deja el arranque del motor, a la modalidad "AUTOMÁTICA". El motor arrancará si el módulo recibe un comando de arranque de una fuente remota.
- Tecla STOP o parar (10). El motor parará si se aprieta esta tecla.
- Tecla Escape (11). Cuando se oprime esta tecla, el usuario se desplaza hacia atrás o hacia arriba a través de los menús. los cambios hechos en la pantalla no se guardarán en la memoria.
- Tecla hacia arriba (12). Se utiliza para desplazarse a través de los diversos menús y pantallas de monitoreo.
- Tecla derecha (13). Se utiliza durante el ajuste de los puntos de calibración para seleccionar el dígito que se va a cambiar cuando se están introduciendo datos numéricos. La tecla "DERECHA" también se utiliza en algunos casos durante el ajuste de los puntos de calibración para seleccionar o dejar de seleccionar una casilla de verificación. Si una casilla de verificación está seleccionada, la función ha sido activada. Si se oprime la tecla "DERECHA", la función se desactivará.
- Tecla entrar (14). La tecla se utiliza para desplazarse a través de los menús. Cuando se oprime esta tecla, el usuario se desplaza hacia adelante o hacia abajo a través de los menús. La tecla "ENTRAR" (ENTER) también se utiliza para guardar cualquier cambio hecho durante la programación de los puntos de calibración. Al oprimir la tecla durante la programación de los puntos de calibración, los cambios realizados se guardarán en la memoria.
- Tecla hacia abajo (15). Se utiliza para desplazarse hacia abajo a través de los diversos menús o pantallas. La tecla "HACIA ABAJO" también se utiliza para

programar los puntos de calibración. La tecla se utiliza para disminuir los dígitos cuando se están introduciendo datos numéricos.

- Tecla de flecha izquierda (16). La tecla se utiliza durante el ajuste de los puntos de calibración. La tecla "IZQUIERDA" se utiliza para seleccionar el dígito que se edita durante la entrada de datos numéricos. La tecla se utiliza también para activar la selección de una casilla de verificación al realizar algunos de los ajustes del punto de calibración. La tecla se utiliza también para cancelar la selección de una casilla de verificación.

2.10.2.4. Indicadores de alarma.

Luz de advertencia amarilla. Hay una luz de advertencia amarilla ubicada sobre la tecla "RECONOCIMIENTO". Una luz amarilla intermitente indica que hay advertencias activas que no han sido reconocidas. Una luz amarilla continua indica que hay advertencias reconocidas que están activas. Si hay alguna advertencia activa, la luz amarilla dejará de destellar y se iluminará continuamente cuando se oprima la tecla "RECONOCIMIENTO". Si no hay ninguna advertencia activa, la luz amarilla se apagará cuando se oprima la tecla "RECONOCIMIENTO".

Luz de parada roja. Hay una luz de parada roja ubicada sobre la tecla "REINICIO". Una luz roja intermitente indica que hay paradas activas que no han sido reconocidas. Una luz roja continua indica que hay paradas activas que han sido reconocidas. Si hay alguna parada activa, la luz roja dejará de destellar y se iluminará continuamente cuando se oprima la tecla "RECONOCIMIENTO". Cualquier condición que haya causado una parada debe restablecerse manualmente. Si ya no hay paradas activas, la luz roja se apagará.

2.10.3. Módulo Electrónico del Tipo Control.

Caterpillar, cada día ha ido incorporando más los sistemas de control electrónico en los distintos componentes que pueda tener un equipo. Al decir componentes nos referimos al motor, transmisión, convertidor, sistema de implementos etc. Esto significa que la electrónica a nivel computacional está presente desde el punto de vista del control.

Un módulo Electrónico normalmente llamado ECM, por ejemplo, tiene la misión de controlar la inyección de combustible en un motor de una maquina o equipo Caterpillar.

Existen una gran variedad de tipos de módulos de control electrónico. El siguiente gráfico, muestra algunos módulos de control y su aplicación, que están en uso actualmente.

Tabla 7: Tipos de módulos de control electrónico

Caterpillar ECM	
ECM Tipo	Aplicación
ADEM	Motor
MAC	Sistemas de Maquinas
ABL	Sistemas de Maquinas
A4	Múltiples Aplicaciones

Elaborado: El Autor

Fuente: www.cat.com

Algunas definiciones son:

- ADEM (Advance Diesel Engine Managment) o Administrador de motor diésel avanzado.
- MAC (Multiple Application Controller) o Controlador de aplicación múltiple.

En las distintas familias de motores se encuentran cuatro tipos de ECM: ADEM I, ADEM II, ADEM III también conocido como 2000 o ABL y ADEM IV o también A4. Hablaremos en la siguiente sección rápidamente de los módulos ADEM I, II y III, pero haremos hincapié en los módulos de control ADEM A4 que son los más utilizando en la actualidad por Caterpillar para motores de alto rendimiento y bajas emisiones, centrándonos netamente en este módulo.

2.10.3.1. ADEM I.

Es utilizado en los motores de la familia 3500 y prácticamente ya no se fabrica, solamente como repuesto para las unidades que circulan en el mundo.



Figura 56: ADEM I

Fuente: www.cat.com

En la Figura 56 se observa la forma física o la estructura de un ECM tipo ADEM I utilizado en los motores de la familia 3500. Las características principales son:

- Es de construcción bastante robusta y fue introducido en el año 88.
- Posee un conector único de 70 terminales o pines, con una división interior de 35 contactos y con una capacidad de 42 Kbyte de memoria.
- Se dispone de un acceso, a través de una tapa instalada en la parte frontal para acceder a un componente removible llamado módulo de personalidad o personalizado.
- Tiene módulo de personalidad físico externo reemplazable.

2.10.3.2. ADEM II.

Es utilizado en varias familias de motores cuyas aplicaciones más comunes son; Minería, Marinos, Generación, Vehicular e Industrial.



Figura 57: ADEM II
Fuente: www.cat.com

Se observa un ECM del tipo ADEM II (Figura 57), el que fue introducido en el Año 93. Este tipo es utilizado en la mayoría de las de los motores familias 3500B, 3400E HEUI y algunas aplicaciones vehiculares e industriales.

Características:

- Dispone de dos conectores de 40 contactos o terminales, denominados J1 y J2, en la mayoría de las aplicaciones J1 se utiliza para las entradas y salidas relacionadas con la máquina o equipo, en cambio J2 está asociado a los componentes de motor es decir switch, sensores, solenoides, relés etc.
- Posee una tapa donde se puede reemplazar el módulo de personalidad.
- Posee una capacidad de 128 Kbyte de memoria.

- En la base de los conectores J1 y J2, es decir en la juntura entre la tapa y los conectores, se dispone de un sello de goma que impide el ingreso, principalmente de agua o líquidos en general en el interior del ECM.

2.10.3.3. ADEM III.

En la Figura 58 se observa un ECM de última generación denominado ADEM III 2000 o ABL, estos son los nombres que recibe este dispositivo el que fue introducido al mercado en el año 98.



Figura 58: ADEM III

Fuente: www.cat.com

Características:

- Dispone de dos conectores de 70 contactos o pines
- Tiene una capacidad de memoria de 1Mbyte
- Es de construcción más liviana
- En este tipo de ECM la refrigeración por combustible puede estar disponible, depende de la aplicación
- Tiene su módulo de personalidad integrado programable.

2.10.3.4. ADEM A4.

Son los más modernos usados actualmente por Caterpillar, ayuda a cumplir con normas internacionales de control de emisiones atmosféricas.

El ADEM A4 es el principal sistema de control electrónico Módulo (ECM) utilizado en motores diésel selectos. El ADEM A4 proporciona un mayor grado de control sobre un gran número de variables de combustión, está diseñado para controlar / conectar motores equipados con inyector de unidad electrónica (EUI). El sistema de motor ADEM A4 está

compuesto por el ADEM A4 ECM, software de control, sensores, actuadores, inyectores de combustible e interfaz con el sistema generador.



Figura 59: ADEM A4
Fuente: Google Imágenes

2.10.3.4.1. Descripción.

El principal beneficio de un sistema de motor ADEM A4 es controlar y mantener mejor las emisiones de partículas, tanto en estado estacionario como transitorio, mejorando al mismo tiempo el rendimiento del motor.

Confiable, duradero todos los controladores ADEM A4 están diseñados para sobrevivir en los ambientes más duros. La carcasa de aluminio inyectada en el medio ambiente sella y protege los componentes electrónicos contra la contaminación por humedad y suciedad, las rigurosas pruebas de vibración garantizan la fiabilidad y durabilidad del módulo.

La precisión mantenida es de -40°C a 85°C , tiene una inmunidad al ruido eléctrico a 100 voltios / metro, los circuitos internos están diseñados para soportar cortocircuitos a + batería y batería. Todas las conexiones de cableado al ECM se realizan utilizando dos conectores sellados: un solo conector de setenta pines y un único conector de ciento veinte pines.

Características:

- Conector de 70 Pines para las entradas
- Conector de 120 Pines para las salidas
- Capacidad de memoria de 20 Mbyte
- Común desde los C6.6 – C32
- Permite mayores protección y pronósticos

- Control ajustable de los parámetros vitales del motor
- Interfaces de enlace de datos

2.10.3.4.2. Velocidad del motor.

La velocidad deseada del motor es calculada por el ECM y mantenida dentro de ± 0.2 Hz para el modo isócrono y de inclinación. El ECM cuenta para caída que se solicita. La cantidad apropiada de combustible se envía a los inyectores debido a estos cálculos. El ECM también emplea estrategias de enfriamiento / apagado, retardos de aceleración en el arranque, tiempos de rampa de aceleración y referencia de velocidad.

2.10.3.4.3. Límite de combustible.

Los límites de control de la relación aire-combustible caliente y frío son controlados por la ECM. El sistema de monitoreo electrónico disminuye, el límite de par y el límite de arranque, la escala de torsión programable y el modo de corte de cilindro frío son características estándar.

2.10.3.4.4. Distribución de inyección de combustible.

La sincronización maestra para inyección es controlada por el control ECM. Las dependencias de temperatura se contabilizan en los cálculos de inyección de combustible.

2.10.3.4.5. Monitoreo electrónico.

Cada sistema ADEM A4 funciona en combinación con el software de herramientas de servicio Caterpillar ET para mantener el motor funcionando al máximo rendimiento, muestra los parámetros medidos, recupera el código de evento activo y registrado que documenta el funcionamiento anormal del sistema, soporta la programación en flash del nuevo software en el ADEM A4 ECM. Se puede programar la monitorización electrónica de los parámetros vitales del motor. Las condiciones de advertencia, reducción y cierre pueden ser personalizadas por el usuario.

2.10.3.4.6. Gestión de la información.

El ECM almacena información para ayudar con la solución electrónica de problemas. Los códigos de diagnóstico activos y registrados, los eventos activos, los eventos registrados, el consumo de combustible, las horas del motor y los totales instantáneos

ayudan a los técnicos de servicio al diagnosticar fallas electrónicas y programar el mantenimiento preventivo.

El módulo ADEM A4 posee la función de autodiagnóstico que señala los problemas operativos que requieren atención., al contar con un completo complemento de diagnósticos, el ECM puede detectar fallas en el sistema eléctrico y reportar estas fallas al técnico de servicio para una reparación rápida.

2.10.3.4.7. Calibraciones.

El rendimiento del motor se optimiza a través del tiempo de inyección. Las calibraciones del sensor automático / manual son características estándar.

2.10.3.4.8. Pruebas del sistema de bordo.

Las pruebas del sistema están disponibles para ayudar en la solución de problemas electrónicos. Estas pruebas incluyen: activación del inyector, recorte del inyector y anulación de las salidas de control.

2.10.3.4.9. Sensado electrónico.

La presión de aceite, la presión del combustible, la temperatura del combustible, la presión atmosférica, la temperatura de entrada del aire, la presión de salida del turbo, la temperatura del refrigerante del motor, la velocidad del motor, el acelerador, la posición, la temperatura de escape, el diferencial de presión del filtro de aceite, el combustible Diferencial de presión del filtro, diferencial de presión del filtro de aire y presión del cárter.

2.10.3.4.10. Especificaciones.

- Impermeable a: spray de sal, combustible, aceite y aditivos de aceite, refrigerante, limpiadores de pulverización, disolventes clorados, hidrógeno, sulfuro, gas metano, y polvo
- Las entradas y salidas están protegidas contra cortocircuitos a + batería y batería
- Rango de voltaje de entrada (24 VCC nominal) 18 a 32 VDC
- Protección de polaridad inversa
- Choque, soporta 20 g
- Rango de temperatura de funcionamiento: -40 ° C a 85 ° C (-40 ° F a 185 ° F)
- Almacenamiento: -50 ° C a 120 ° C (-58 ° F a 248 ° F)
- Vibración; soporta 8,0 g @ 24 a 2 kHz

- Rendimiento mejorado de la sincronización y limitación de la inyección de combustible

La forma física puede ser similar o igual entre los distintos tipos de ECM, sin embargo, en el caso de los motores, estos dispositivos se pueden intercambiar solo con los de la misma familia de motores.

2.11. Estructura Básica de un ECM de Motor.

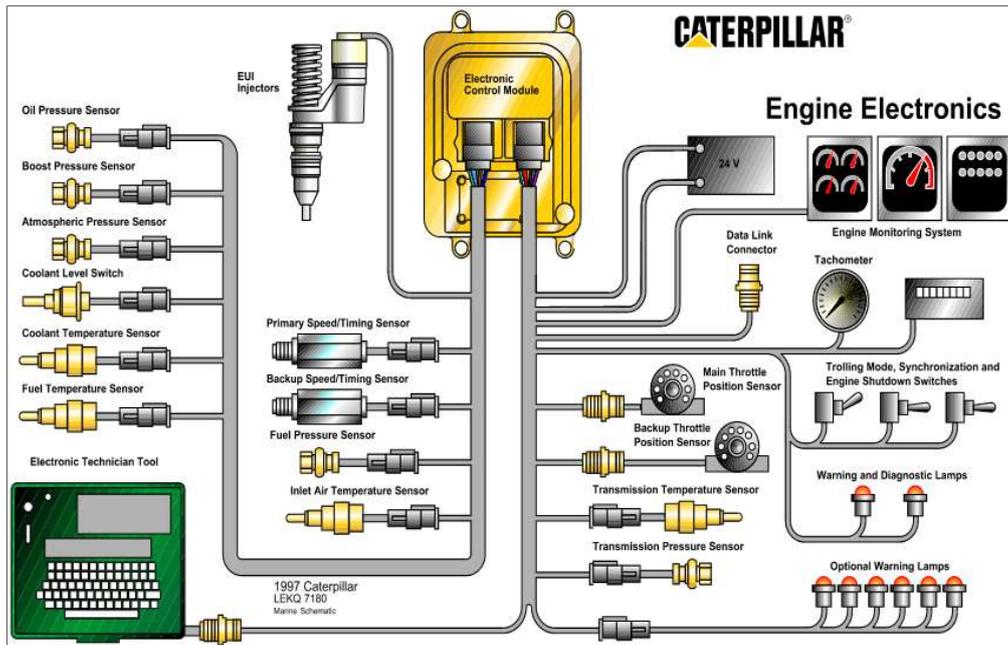


Figura 60: Estructura de ECM de motor
Fuente: Manual del estudiante D8T- DSSE0064

Los Módulos de control electrónico reciben alimentación desde el exterior, a través de baterías, por lo general, dos conectadas en serie de 12 VDC. Este es el voltaje nominal de trabajo, sin embargo, un regulador interno protege de sobrecargas o sobre voltajes; el rango de suministro aceptado fluctúa entre 9 VDC y 40 VDC. (Ltda., 2016)

Los ECM disponen de una fuente de poder interna que proporciona distintos tipos de voltajes para energizar componentes como sensores y actuadores. Estos voltajes pueden tener una variación, como se indica a continuación. La citada fuente consta con protección contra corto circuitos, a tierra en forma indefinida.

- 5 VDC. +/- 0.5 VDC Voltaje de Suministro para sensores análogos
- 8 VDC. +/- 0.5 VDC Voltaje de Suministro para sensores Digitales o PWM

- 12,5 VDC. +/- 1 VDC Voltaje de Suministro para sensores de frecuencia electrónicos

Algunos sensores de este tipo se alimentan con voltaje directo de las baterías del equipo
 105 VDC. +/- 0.5 VDC Voltaje de Suministro para solenoides de inyección de combustible.

En la mayoría de los ECM usados en los sistemas de control electrónico Caterpillar usa los tres tipos de entradas revisadas en este estudio. Éstas son: de interruptor, que miden el estado de un interruptor (abierto o a tierra); analógicos, que miden la amplitud de una señal (generalmente, entre 0 y 5 voltios) y digitales, que miden una frecuencia (velocidad) o duración de impulso de una señal periódica.

Ingeniería determina qué tipo de control usar y se basa en los tipos de entradas y salidas. La mayoría de los controles se identifican mediante un término llamado “interruptor”, que determina las características de salida, como interruptor de corriente o de voltaje.

2.11.1. Características Eléctricas.

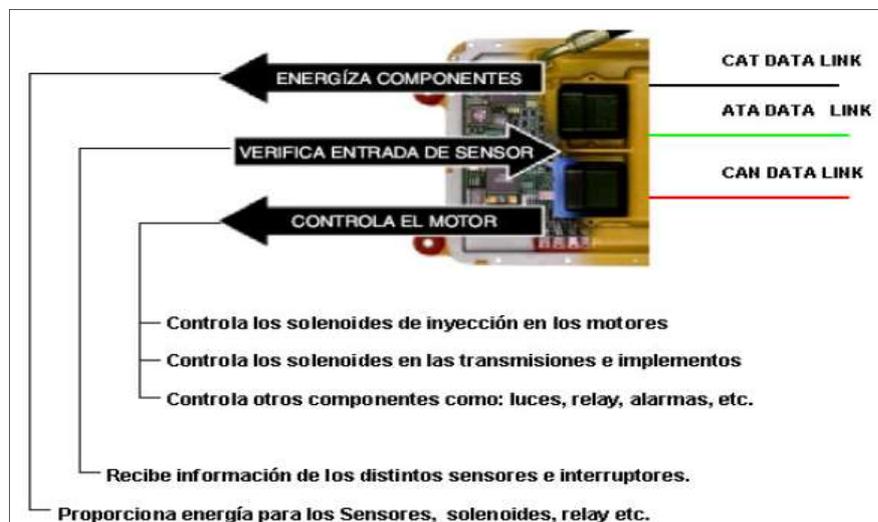


Figura 61: Funcionamiento ECM

Fuente: www.ferreyros.com.pe

Independiente del tipo o aplicación, un ECM tiene algunas características básicas que permite su funcionamiento:

- Señales de entrada
- Señales de salida

- Suministro de energía para los sensores que se le conectan
- Suministro de energía desde baterías externas para su funcionamiento

2.11.2. Hardware y Software.

El Módulo de Control Electrónico (ECM) es un computador que controla el motor u otro componente del equipo. El módulo de personalidad, contiene el software que determina la función del ECM. Estos trabajan en conjunto. El ECM consta de las siguientes partes:

- Un microprocesador que ejecuta las siguientes funciones en un del ECM de motor: regulación, control de sincronización de la inyección, funciones de diagnóstico del sistema y comunicación a través del enlace de datos.
- Una memoria permanente que almacena los parámetros programables y los códigos de diagnóstico
- Circuitos de entrada que protegen los circuitos internos en el ECM contra niveles potencialmente perjudiciales de voltaje.
- Circuitos de salida que proporcionan voltajes para alimentar los solenoides de los inyectores, los sensores, relés, etc.

2.11.3. El Modulo de Personalidad.

El Módulo de Personalidad es una memoria que contiene el software necesario para el

ECM, en esta memoria se almacenas todas las características que definen el tipo de componente y en que aplicación va a trabajar, por ejemplo, en un motor se almacenará:

- Los mapas de control que definen condiciones de operación tales como la sincronización y los regímenes de combustible, la relación aire combustible las curvas de potencia y torque. Estos mapas ayudan a lograr el rendimiento óptimo del motor y el consumo óptimo de combustible.
- Los mapas se programan en el módulo de personalidad en la fábrica.
- Los módulos de personalidad en motores más antiguos pueden actualizarse solamente sacando el módulo y reemplazarlo por otro.

- Actualmente se usa un tipo nuevo de pastilla de memoria que se puede programar por medio de la herramienta Técnico Electrónico Caterpillar (ET). Se denomina memoria
- "FLASH". La memoria "FLASH" tiene la ventaja de retener indefinidamente la información programada y se puede reprogramar sin abrir la caja del ECM. Este proceso de programación Flash se realiza por medio del uso de un programa que lleva el mismo nombre y que es parte del CAT ET (Programación Flash).

2.11.4. Códigos de Diagnóstico de Falla.

El ECM del motor puede vigilar los circuitos entre el ECM y los componentes del motor. El ECM también puede vigilar las condiciones de operación del motor. Si el ECM detecta un problema, se genera un código, existen dos categorías de códigos:

- Código de diagnóstico de falla.
- Código de suceso o Evento registrado.

2.11.5. Código de Diagnóstico.

Un código de diagnóstico indica un problema eléctrico, como un cortocircuito o un circuito abierto, en los cables del motor o en un componente eléctrico. El técnico de servicio utiliza los códigos de diagnóstico también para identificar la naturaleza del problema. Técnico Electrónico (ET) Caterpillar es un programa de software diseñado para operar en una computadora personal.

Un técnico de servicio puede utilizar este programa de software para visualizar la información de los códigos de diagnóstico para un ECM. Los códigos de diagnóstico pueden consistir en un identificador del componente (CID), un identificador del módulo electrónico del equipo que genere el código (MID) y el indicador de modalidad de falla (FMI).

Actualmente también existe la posibilidad de contar con el Número de Parámetro Sospechoso (SPN), el Número de parámetro sospechoso es un código de tres cifras que se asigna a cada componente para identificar los datos que se envían por el enlace de datos al ECM. Esto se utiliza en los diagnósticos del enlace de datos CAN.

- El MID (Identificador del módulo) indica el módulo electrónico que generó el código de diagnóstico.
- El CID (Identificador del componente) indica el componente en el sistema.
- El FMI (Identificador de la modalidad de falla) indica el tipo de falla que está presente.
- El SPN (Numero de parámetro sospechoso) permite identificar los datos que se envían por el enlace de datos al ECM.

Los códigos de diagnóstico se pueden observar con la herramienta de diagnóstico Técnico Electrónico Caterpillar (ET) o en uno de los varios módulos electrónicos de visualización.

Cuando se activa un código de diagnóstico, el Módulo de Control Electrónico (ECM) transmite la información relacionada con el código sobre el enlace de datos J1939. Algunos dispositivos J1939 pueden mostrar el código. Sin embargo, el código se mostrará con un código SPN-FMI.

Los códigos pueden presentar dos estados distintos:

- Activo
- Registrado

2.11.5.1. Códigos de Diagnóstico Activos.

Un código de diagnóstico activo representa un problema en el sistema de control electrónico. Cuando el ECM genera un código de diagnóstico activo, se enciende la luz indicadora de "alarma activa" (estado de alarma del control en el motor) para alertar al operador. Si la condición que genera el código es momentánea, el mensaje desaparecerá de la lista de códigos de diagnóstico activos. Se registra el código de diagnóstico.

2.11.5.2. Códigos de Diagnóstico Registrados.

Cuando el ECM genera un código de diagnóstico, el ECM registra el código en memoria permanente. El ECM tiene un reloj de diagnóstico interno. Cada ECM registrará la información siguiente cuando se genera un código:

- La hora en que se produjo el código por primera vez.
- La hora en que se produjo el código por última vez.
- El número de veces que se produjo el código.

Esta información es un indicador valioso para localizar y solucionar problemas intermitentes. Un código se borra de memoria cuando se produce una de las condiciones siguientes:

- El técnico de servicio borra manualmente el código.
- El código no vuelve a producirse durante 100 horas.
- Se registra un código nuevo y ya hay diez códigos en memoria. En este caso, se borra el código más antiguo.

Algunos códigos de diagnóstico se pueden activar fácilmente. Algunos códigos de diagnóstico pueden registrar veces que no resultaron en quejas. La causa más probable de un problema intermitente es una conexión defectuosa o cables dañados. La siguiente causa más probable es la falla de un componente. La causa menos probable es la falla de un módulo electrónico. Los códigos de diagnóstico que se registran repetidamente pueden indicar un problema que necesita investigación especial.

2.11.6. Lista de Códigos de Diagnóstico.

Con la herramienta de servicio Técnico Electrónico (CAT ET), EMCP o Advisor se puede visualizar los códigos de diagnóstico. Después de determinar los códigos de diagnóstico, se debe consultar el procedimiento de prueba correspondiente para obtener información sobre la localización y solución de problemas.

Se debe efectuar el procedimiento que corresponde al Identificador de Componente (CID) y al Identificador de la Modalidad de Falla (FMI) del código de diagnóstico. La siguiente Tabla 8 indica los códigos de diagnóstico posibles para el ECM.

2.11.6.1. Identificador de Componente (CID)

Cada componente eléctrico que vigila o controla un ECM, para obtener diagnósticos tiene asignado un número de código de CID. El ECM activa el CID para un determinado componente o subsistema cuando se detecta una condición anormal en el circuito eléctrico de ese componente. Por ejemplo, el CID No. 1 identifica el inyector de combustible del cilindro número uno.

Cuando se activa un código de diagnóstico, el Módulo de Control Electrónico transmite la información relacionada con el código sobre el enlace de datos J1939. Algunos

dispositivos J1939 pueden mostrar el código. Sin embargo, el código se mostrará con un código SPN-FMI. En este caso se deberá usar una referencia cruzada de los códigos de diagnóstico, para obtener una referencia cruzada entre los códigos SPN-FMI y los códigos de diagnóstico.

En la siguiente Tabla 8 se muestra varios ejemplos de cómo identificar y usar la referencia cruzada para los códigos SPN-FMI.

Tabla 8: Referencia cruzada para SPN-FMI y CID FMI

Referencia cruzada para SPN-FMI Código de CID-FMI		
SPN/FMI	CID-FMI	Descripción del Código
91-08	91-08	Posición del acelerador señal anómala
100-03	100-03	Presión de aceite del motor abierto / cortocircuito
102-03	102-03	Presión de empuje abierto / cortocircuito
108-04	274-04	Presión atmosférica corto a tierra
168-01	168-01	Sistema de Baja Tensión
172-04	172-04	Temperatura de admisión de aire del múltiple corto a tierra
190-08	190-08	Velocidad del motor anormal
228-13	261-13	Distribución del motor requiere calibración
234-02	253-02	Módulo desajuste de la personalidad
651-06	1-06	Inyector cilindro 1 corto
653-05	3-05	Inyector cilindro 3 en circuito abierto
723-08	342-08	Señal secundaria de velocidad del motor anormal

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

2.11.6.2. Identificador de la Modalidad de Falla (FMI).

La Society of Automotive Engineers Inc. (SAE) establece los códigos del identificador de la modalidad de falla (FMI). La Tabla 9 contiene las definiciones de CAT de los códigos de FMI.

Tabla 9: Definiciones de CAT de los códigos FMI

Definiciones de Identificadores de la Modalidad de Falla (FMI)			
FMI	Descripción de la falla	FMI	Descripción de la falla
00	Datos válidos pero superiores a la gama de funcionamiento normal	09	Actualización anormal
01	Datos válidos pero inferiores a la gama de operación normal	10	Régimen de cambio anormal
02	Datos irregulares, intermitentes o incorrectos	11	Modalidad de falla no identificable
03	Voltaje superior al normal o cortocircuito de alto voltaje	12	Dispositivo o componente en malas condiciones
04	Voltaje inferior al normal o cortocircuito de bajo voltaje	13	Fuera de calibración
05	Corriente inferior a la normal o circuito abierto	14	Instrucción especial
06	Corriente superior a la normal o circuito conectado a tierra	19	Error en los datos recibidos de la red
07	El sistema mecánico no responde correctamente	20	Datos con desviación alta
08	Frecuencia, impulso o período anormales	21	Datos con desviación baja

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

2.11.6.3. Explicación detallada del FMI

FMI 00 - Datos válidos pero superiores a la gama de operación normal: cada sistema de control electrónico tiene un ajuste de límite alto para la gama de operación esperada de la señal. El límite alto incluye las señales superiores a la gama. Un sensor que sigue funcionando pero que envía una señal superior al límite esperado hará que se active un FMI 00. Las posibles causas del código FMI 00 son:

- La señal está por encima de lo normal.
- La señal está en cortocircuito con el circuito positivo de la batería.
- El sensor está fuera de calibración.

El siguiente es un ejemplo de un sensor que necesita calibración. Una señal PWM (Modulación de Duración de Impulsos) con un ciclo de trabajo de 80% es una señal válida. Si la señal PWM excede el 80%, el sensor aún funciona, pero la señal del sensor supera la gama.

FMI 01 - Datos válidos pero inferiores a la gama de operación normal: cada sistema de control electrónico tiene un ajuste de límite bajo para la gama de operación esperada de la señal. Es posible que un sensor aún esté funcionando pero que esté enviando una señal inferior a la gama mínima. Las posibles causas del código FMI 01 son:

- La señal está por debajo de la gama normal.
- La sincronización es incorrecta.

El siguiente es un ejemplo de un sensor de PWM. No se espera que este sensor genere una señal PWM por debajo de un ciclo de trabajo del 5% con presión de aire de 0 lb/pulg². Un sensor que genera una señal con un ciclo de trabajo de un 4% a 0 lb/pulg² funciona, pero la señal es inferior a la gama. Se registra un FMI 01 por esta condición.

FMI 02 - Datos irregulares, intermitentes o incorrectos: está presente la señal de un componente. El control que analiza la información de diagnóstico no puede detectar la señal correctamente. La señal parece ser inestable o no válida. Los datos pueden ser intermitentes. Esta condición puede estar relacionada con la comunicación entre los controles. Las posibles causas del código FMI 02 son:

- Falla de conexión
- Señal intermitente o irregular
- Cambio del software
- Señal ruidosa
- Señal fuera de la gama

FMI 03 - Voltaje por encima de lo normal o cortocircuito de alto voltaje: el voltaje del componente o del sistema es mayor que el límite. El FMI 03 se relaciona muy frecuentemente con un circuito de señal. Las posibles causas del código FMI 03 son:

- Sensor o interruptor averiado
- Harness dañado
- Falla del ECM
- El sensor ha fallado y la salida de voltaje es alta.
- El cable de señal del sensor se ha cortocircuitado a un voltaje mayor que el voltaje de suministro del sensor.
- Hay un circuito abierto en el cable de señal del sensor.
- Control fallado

FMI 04 - Voltaje por debajo de lo normal o cortocircuito de bajo voltaje: el voltaje del componente o del sistema es menor que el límite. El FMI 04 se relaciona muy frecuentemente con un circuito de señal. Las posibles causas del código FMI 04 son:

- Sensor o interruptor averiado
- Harness dañado
- Falla del ECM
- El sensor ha fallado y la salida de voltaje es baja.
- El cable de señal del sensor está en cortocircuito con la conexión a tierra.
- Falla del ECM

FMI 05 - Corriente por debajo de lo normal o circuito abierto: la corriente que atraviesa el componente o el sistema es inferior al límite. La mayoría de las veces el FMI 05 está asociado con un circuito excitador. Las posibles causas del código FMI 05 son:

- Circuito abierto
- Conexión deficiente
- Relé abierto
- Interruptor en la posición abierta

FMI 06 - Corriente por encima de lo normal o circuito conectado a tierra: la corriente que atraviesa el componente o el sistema es superior al límite. La mayoría de las veces, el FMI 06 está relacionado con un circuito excitador. Esta falla es como el FMI 04. Las posibles causas del código FMI 06 son:

- Cortocircuito a tierra
- Relé cortocircuitado
- Control fallado

FMI 07 - El sistema mecánico no responde correctamente: el control detecta una señal que se envía a un sistema mecánico y la respuesta no es correcta. Las posibles causas del código FMI 07 son:

- Componente que no responde correctamente;
- Componente que está atascado en una posición;
- Componente averiado
- Motor parado
- Uso inapropiado de la máquina.

FMI 08 - Frecuencia, duración de impulso o periodo anormales FMI 08: ocurre cuando la señal no está en la gama esperada. El FMI 08 también puede estar relacionado con un sensor defectuoso. Las posibles causas del código FMI 08 son:

- Conexiones intermitentes o deficientes;
- Rateo del motor
- Señal ruidosa debido a interferencias en los alrededores;
- Dispositivos mecánicos flojos.

FMI 09 - Actualización anormal FMI 09: se relaciona con las comunicaciones sobre el enlace de datos. El FMI 09 ocurre cuando un control no puede obtener información de otro control. Las posibles causas del código FMI 09 son:

- Módulo de control que no se comunica correctamente en el enlace de datos;
- Régimen de transmisión de datos anormal;
- Falla del enlace de datos
- Software no coincidente

FMI 10 - Régimen de cambio anormal FMI 10: se relaciona con una señal que cambia demasiado rápido. El régimen de cambio está fuera del límite esperado.

FMI 11 - Modalidad de falla no identificable: el control identifica más de un FMI como responsable por una sola falla. Las posibles causas del código FMI 11 son:

- Falla mecánica
- Daños múltiples del circuito.

FMI 12 - Dispositivo o componente en malas condiciones: el control electrónico envía una señal y el control electrónico espera una respuesta. El control no recibe ninguna respuesta o la respuesta es incorrecta. Las posibles causas del código FMI 12 son:

- Control electrónico averiado
- Falla del enlace de datos
- Software no coincidente

FMI 13 - Fuera de calibración: la señal eléctrica no está dentro de los límites para una condición mecánica específica. Las posibles causas del código FMI 13 son:

- Se requiere calibración
- Datos fuera de gama

FMI 14 - Instrucción especial FMI 14 se usa para informar de un problema en la configuración entre 2 ECM. Un FMI 14 puede ocurrir aun cuando los dos ECM están enviando y recibiendo todos los parámetros correctos. Es posible que el software en los 2 ECM no sea correcto. Se debe actualizar el software del ECM.

2.11.6.1. Identificador de módulo (MID)

El identificador de módulo (MID) identifica el ECM que detectó la falla. Cada ECM en la máquina tiene un MID único. La Tabla 9 indica algunos ejemplos de los códigos MID que combinan con un ECM. El Diagrama Eléctrico de la máquina incluye una tabla con los códigos MID de cada máquina. Para obtener información sobre la localización y solución de problemas, consulte el Manual de Servicio del sistema del ECM.

Tabla 10: Identificación de módulos que combinan con ECM

Descripción del identificador de módulo	
MID	Descripción
036	ECM del motor
053	Módulo de pantalla gráfica (Advisor)
081	ECM de la transmisión (tren de fuerza)
082	ECM del implemento
161	ECM del portal de comunicaciones No. 1 (VIMS™)

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

2.11.7. Código de Suceso o Evento.

La detección de una condición anormal de operación del motor genera un código de suceso o evento. Por ejemplo, se generará un evento si la presión del aceite es demasiado baja. En este caso, el código de suceso indica el síntoma de un problema. Generalmente, los eventos indican condiciones anormales de operación o problemas mecánicos en vez de problemas eléctricos.

La "E" identifica al código como un evento. "XXX(X)" representa un identificador numérico para el código de suceso. La cuarta "(X)" asigna uno de los tres niveles al evento según la gravedad de la condición anormal del sistema, ejemplo:

- E360(1) Baja presión de aceite
- E360(2) Baja presión de aceite
- E360(3) Baja presión de aceite

Las definiciones de los niveles de gravedad de un evento se detallan a continuación:

Nivel 1 - El nivel de advertencia 1 advierte al operador que un sistema del motor requiere atención. El operador debe revisar el estado del sistema implicado o debe realizar el mantenimiento del sistema implicado lo antes posible.

Nivel 2 - El nivel de advertencia 2 requiere un cambio en la operación del motor o que se realice un procedimiento de mantenimiento. Si no se corrige el problema que causó esta advertencia, pueden causarse daños en los componentes del motor.

Nivel 3 - El nivel de advertencia 3 requiere que el motor se apague inmediatamente de manera segura, para evitar daños en el motor o lesiones al personal que se encuentra en los alrededores de este. Se debe resolver el problema que causó el suceso antes de reanudar la operación del motor.

2.11.7.1. Códigos de Eventos Activos

Un código de suceso o evento activo representa un problema con la operación del motor y se debe corregir el problema tan pronto como sea posible. Los eventos activos se indican en orden numérico ascendente. El código con el número más bajo aparece primero.

2.11.7.2. Códigos de Eventos Registrados

Cuando el ECM genera un evento, registra el código en la memoria permanente. El ECM tiene un reloj de diagnóstico interno. El ECM registra la siguiente información cuando se genera un evento:

- Hora de la primera aparición del código
- Hora de la última aparición del código
- Cantidad de apariciones del código

Los eventos se indican en orden cronológico. Se indica primero el código de suceso más reciente. Esta información puede ser útil para localizar y solucionar problemas

intermitentes. Los eventos registrados se pueden usar también para analizar el rendimiento del motor.

2.11.7.3. Borrado Automático y Borrado de Eventos.

Un evento no crítico se borra de la memoria cuando ocurre una de las condiciones siguientes:

- El código no se repite durante 100 horas de servicio.
- Se registra un código nuevo y ya hay 30 códigos en la memoria. En este caso, se borra el código más antiguo.
- El técnico de servicio borra el código manualmente.

Se debe borrar siempre los códigos de suceso registrados después de investigar y resolver el problema que generó el código.

2.11.7.4. Códigos de Eventos Críticos

Un código de evento crítico no se borrará automáticamente y solo se borra de la memoria cuando ocurre una de las siguientes condiciones:

- Se registra un código nuevo y ya hay 30 códigos en la memoria. En este caso, se borra el código más antiguo.
- El técnico de servicio borra el código manualmente.

No hay que confundir los códigos de diagnóstico con los eventos de diagnóstico. Los eventos se refieren a condiciones de operación del motor tales como baja presión de aceite o alta temperatura del refrigerante. Los eventos NO indican un problema del sistema electrónico.

Ejemplo de la gama de operación típica de un sensor:

1. Esta área representa la gama normal de operación del parámetro del motor.
2. En estas áreas, el motor funciona en una gama de operación peligrosa del parámetro supervisado. Se generará un código de suceso para el parámetro vigilado. El circuito del sensor no tiene un problema electrónico.
3. En estas áreas, la señal del sensor está fuera de la gama de operación del sensor. El circuito del sensor tiene un problema electrónico. El circuito del sensor generará un código de diagnóstico.

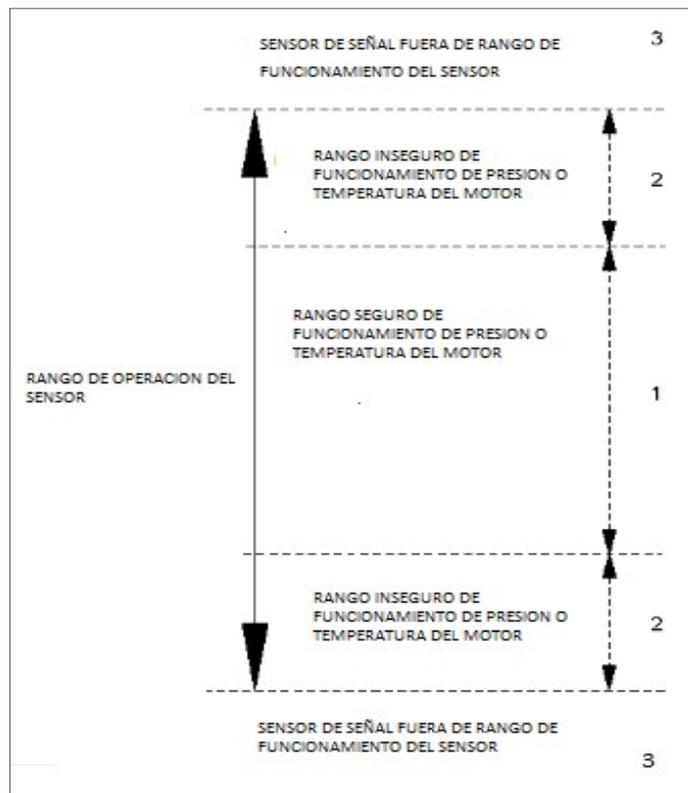


Figura 62: Gama de operación de sensores
Fuente: Walter Cruz

2.12. Redes de Comunicación Caterpillar

Caterpillar para mejorar el desempeño de sus productos y tener un diagnóstico más acertado y rápido cada vez se está apegando más a las redes de comunicación haciendo que sus máquinas tengan cada vez más sensores y dispositivos de control para tener un control más fino y exacto de los equipos. Los módulos de control electrónico (ECM) utilizan cuatro modos para establecer comunicación entre ellos y algunas herramientas de servicio, por ejemplo, el Electronic Technician, o Técnico Electrónico, más conocido como “ET”.

- ATA DATA LINK J1587
- CAN DATA LINK J1939
- CDL DATA LINK J1922

2.12.1. ATA DATA LINK (American Trucking Association).

Es un protocolo de comunicación desarrollado por la SAE que engloba a todo lo referente a transporte pesado es decir buses, camiones, dumpers, camiones fuera de camino, etc. Este tipo de comunicación se desarrolló por la necesidad de que con un mismo lenguaje se pueda hablar e interpretar datos en un área específica como la de transporte pesado.



Figura 63: Conector ATA DATA
Fuente: Google Imágenes

En esencia la ATA está compuesta de 2 protocolos; la J1708 que es el medio físico (Figura 63) y que delimita el estándar del dispositivo mecánico es decir cables, pines y conectores. La SAE J1587 en cambio es quien limita las reglas por las cuales la comunicación se debe transportar como la velocidad de transmisión, basándose en el modelo OSI. La SAE J1587 en conjunto con la SAE J1708 trabajan para tener una comunicación fiable en el área automotriz pesada.

2.12.2. CAN DATA LINK (Control Area Network).

Nace como un mecanismo para compartir información entre los computadores o ECM o ECU de los equipos para de esta manera reducir el cableado, el número de sensores, el tiempo de detección y reparación de averías.

El Cat Data Link se utiliza para la comunicación entre módulos electrónicos. El Cat Data Link se utiliza para comunicar información desde el Módulo de Control Electrónico (ECM) al sistema de monitoreo del motor. El Cat Data Link se utiliza para programar y solucionar problemas del ECM. El ECM se comunica con el sistema de monitoreo del motor para compartir información del motor y diagnósticos que pueden afectar el funcionamiento del motor.

El ECM se comunica con el técnico electrónico de Caterpillar (ET) para compartir información de estado y diagnóstico. Cat ET también se puede utilizar para configurar los parámetros ECM en el motor. Esta información no estará disponible si las comunicaciones fallan entre el ECM y Cat ET.

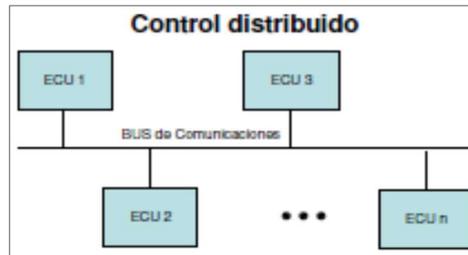


Figura 64: Control Distribuido
Fuente: Google Imágenes

La longitud máxima es de 1000 metros a una velocidad de transmisión de 40 Kbps, la velocidad máxima de transmisión es de 1Mbps con una longitud de 40m y la velocidad de transmisión que normalmente se usa en maquinarias y vehículos es de 125 kbit/s y a 500 kbit/s. En equipos Caterpillar tenemos se comparte información a través de dos enlaces de datos:

- Enlace primario de datos - J1939 (CAN 1)
- Enlace accesorio de datos - J1939 (CAN 2)

2.12.2.1. Enlace Primario de Datos - J1939 (CAN1).

El enlace primario de datos se utiliza para la comunicación local entre los módulos asociados con un solo grupo electrógeno, como el módulo electrónico de control (ECM) para el motor (sólo motores ECM J1939), e información del sensor del motor ECM J1939.

En motores que no sean ECM J1939, los sensores del motor están conectados directamente al Power Wizard como es el caso de los motores OLYMPIAN que son motores mecánicos. El enlace primario de datos utiliza el protocolo J1939 de la Sociedad de Ingenieros de la Automoción (SAE) y requiere hardware de red de área de control (CAN) a 250 kbits por segundo.

El enlace primario de datos admite números de grupo de parámetros de distribución (PGN) y números de parámetros sospechosos (SPN) para los datos del grupo electrógeno y del motor.

2.12.2.2. Enlace Accesorio de Datos - J1939 (CAN2).

El enlace accesorio de datos se utiliza para la comunicación local entre los módulos asociados a un grupo electrógeno simple, como anunciadores, módulos RTD y módulos discretos de entrada y salida. Utiliza el protocolo J1939 de la Sociedad de Ingenieros de la Automoción (SAE) y requiere hardware de red de área de control (CAN) a 250 kbits por segundo.

El enlace accesorio de datos admite los números de parámetro sospechoso (SPN) y los números de grupo de parámetros de emisión (PGN) SAE J1939 adecuados para los datos del grupo electrógeno y del motor.

2.12.3. CDL DATA LINK (Caterpillar Data Link).



Figura 65: Interfaz de Comunicación Caterpillar Adapter III
Fuente: Google Imágenes

Es una red de comunicación desarrollada por Caterpillar exclusivamente para ser usada en sus máquinas, motores y generadores, que permite la comunicación entre los distintos ECM que pueda tener un equipo Caterpillar como, por ejemplo, ECM de Motor, Transmisión, Sistema de implementos, Frenos, Módulos de visualización, etc.

La CDL es usada con una herramienta desarrollada por CAT llamada Interfaz de Comunicación que funciona a una velocidad de 125kbit/s.

2.13. Electronic Technician.

La herramienta de servicio Técnico Electrónico de Caterpillar (CAT ET) es un programa de software que se utiliza para tener acceso a los datos de la máquina. El técnico de servicio puede utilizar CAT ET para realizar tareas de mantenimiento y diagnóstico en la máquina.

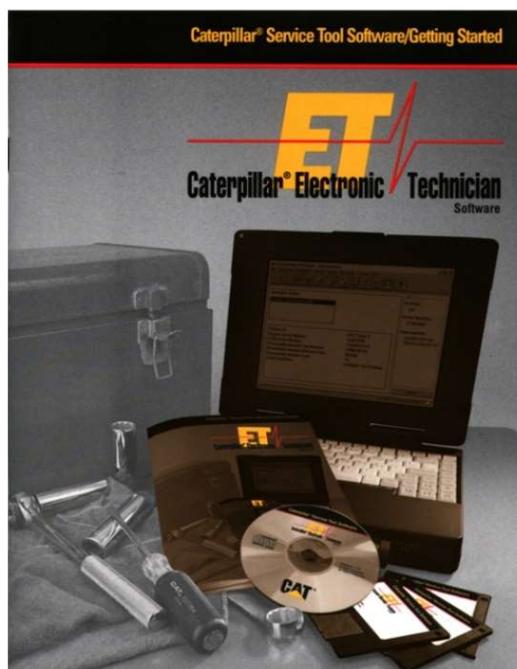


Figura 66: Logo de Electronic Technician (ET)
Fuente: Google Imágenes

A continuación, se indican algunas de las opciones disponibles con CAT ET:

- Vista de los códigos de diagnóstico. Consulte Localización y Solución de Problemas, "Uso del Técnico Electrónico de Caterpillar para determinar los códigos de diagnóstico".
- Visualice los códigos de sucesos activos y registrados.
- Vista del estado de los parámetros.
- Borre los códigos de diagnóstico activos y registrados.
- Realice las calibraciones de los sistemas de la máquina.
- Actualice los módulos de control electrónico (ECM). Este procedimiento se lleva a cabo con el programa WINflash. Consulte Pruebas y ajustes, "Módulo de Control Electrónico (ECM) - Programa actualizador".
- Impresión de informes

2.13.1. Características del ET

El programa Electronic Technician, está diseñado para funcionar en un entorno operativo Windows, de manera simple y sencilla, se puede acceder a las diferentes funciones utilizando la barra de herramientas, o el menú de archivos. El desarrollo

tecnológico ha propiciado el reemplazo de controladores mecánicos por controladores electrónicos, los cuales, por mayor velocidad logran un mayor control de los diferentes parámetros de los equipos.

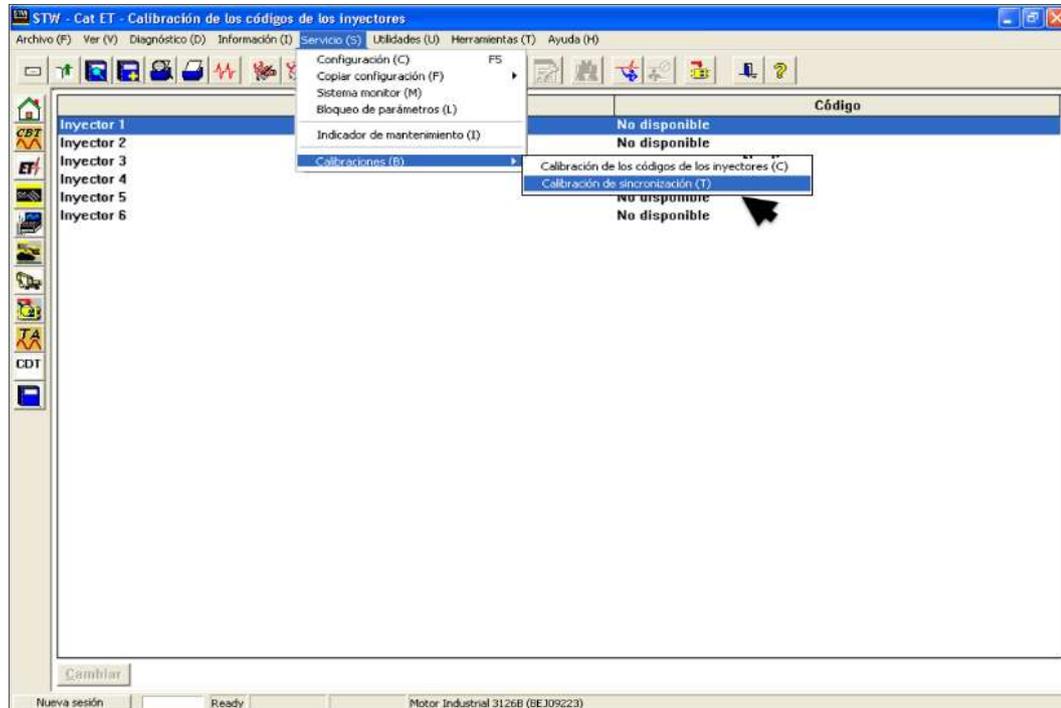


Figura 67: Pantalla de ET (Electronic Technician)

Fuente: Walter Cruz

El siguiente listado contiene algunas de las funciones de diagnóstico y de programación que se realizan con las herramientas de servicio.

- Se muestran las fallas del sistema del ECM.
- Se muestra la mayoría de los estados de entrada y salida.
- Se muestran los ajustes del ECM.
- Se muestra la mayoría de los estados de los parámetros de entrada y salida en tiempo real.
- Se muestra la hora del reloj de diagnóstico interno.
- Se muestran la cantidad de veces, y la primera y última hora en que se produjo cada código de diagnóstico registrado.
- Se muestran las definiciones de los códigos de diagnóstico y sucesos registrados.
- Cargar el nuevo software actualizador

2.14. Adaptador de Comunicación y Adaptador Serial

Para realizar una comunicación entre el Electronic Technician y los ECM se necesita un accesorio de comunicación, para lograr esto utilizamos el conjunto de adaptador de comunicaciones III y un adaptador serial. El conjunto de adaptador de comunicaciones III consta de:



Figura 68: Conjunto de Adaptador de Comunicaciones III

Fuente: Walter Cruz

El Adaptador de comunicaciones III es una herramienta de servicio que consiste en un adaptador de hardware portátil y un programa de software para PC diseñado para ser ejecutado con Microsoft® Windows. Esta herramienta permite que el PC supervise las comunicaciones de las redes de vehículos J1939/11 de enlaces de datos de alta velocidad, de enlaces de datos CAT y J1708 (ATA).

El Adaptador de comunicaciones III se conecta entre el conector de servicio del producto de Caterpillar que está probando y su PC. Si el conector de servicio está encendido en el momento de conectar el Adaptador de comunicaciones III al enlace de datos, se iluminará el indicador POWER en el Adaptador de comunicaciones III. Cuando se enciende por primera vez, el Adaptador de comunicaciones III realiza una prueba de diagnóstico durante un breve periodo, encendiendo secuencialmente todas las luces durante unos segundos desde la parte inferior hasta la parte superior del panel frontal.

A fin de garantizar su correcto funcionamiento, deberá tomar algunos pasos antes de empezar a usar el software y el hardware del Adaptador de comunicaciones III.

2.15. Conectores

El propósito de un conector es pasar la corriente de un cable a otro, para hacer esto, el conector debe tener dos mitades que se acoplen (enchufe y receptáculo). Una mitad contiene una clavija, la otra mitad contiene un receptáculo. Cuando las dos mitades se juntan, permiten el paso de corriente.

Con el uso frecuente de sistemas electrónicos en las máquinas Caterpillar, el servicio dado a los conectores es ahora una tarea fundamental, e implica un aumento en el mantenimiento del cableado, conectores, clavijas y receptáculos.

Los conectores deben operar en condiciones extremas de calor, frío, polvo, suciedad, humedad, químicos, etc. En los sistemas eléctricos y electrónicos de las máquinas Caterpillar se usan varios tipos de conectores. Cada tipo difiere en el servicio o su reparación. Los siguientes tipos de conectores son los que se usaran para el desarrollo del proyecto.

2.15.1. Conectores Deutsch (SERIES HD10, DT, TYCO, CE Y DRC).

El HD10 es un conector cilíndrico, termoplástico, que utiliza contactos tipo reborde, que pueden quitarse fácil y rápidamente.



Figura 69: Conectores Deutsch
Fuente: Google Imágenes

Las cápsulas termoplásticas están disponibles en configuraciones con rosca y sin rosca usando disposiciones de 3, 5, 6 y 9 contactos. El tamaño del contacto es No. 16 y acepta cables de calibre No. 14, 16 y 18 (AWG).

2.15.2. Conectores AmpSeal.

El sistema de conectores AmpSeal están diseñados para aplicaciones industriales para vehículos todoterreno y vehículos pesados, los conectores AmpSeal presenta varias opciones de cable a cable o de cable a dispositivo.



Figura 70: Conectores AmpSeal

Fuente: Google Imágenes

La familia de conectores utiliza contactos formados e impresos resistentes de tamaño 16 que ofrecen un aumento de la fuerza del terminal, una corriente nominal de 13 A y un amplio intervalo de cables de 20-14 AWG. El sistema de conectores AmpSeal está disponible en 2-12 posiciones y presenta clave/polarización para evitar errores de acoplamiento y garantizar tanto el posicionamiento del conector como del terminal para un acoplamiento seguro.

2.15.2.1. Características técnicas

- Con clave/polarizado, evita errores de acoplamiento
- Contactos sin lanceta, sin espigas dañadas o contactos enredados
- El seguro de posición del conector (CPA) integral protege contra desbloques accidentales
- El sellado de la interfaz y los cables ofrece integridad ambiental
- Ensamblaje con funda para proteger el haz de contacto brinda 50 ciclos de durabilidad
- La función de conexión en la carcasa de clavijas permite el montaje del conector mediante abrazadera.

CAPITULO III

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. Métodos de Investigación.

“El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría” (Torres, 2006, p. 48).

La metodología utilizada en el presente proyecto se denomina investigación combinada. Ya que los métodos de recopilación y tratamiento de datos se concentran tanto en la parte teórica (investigación documental), nos basaremos en información escrita acerca del tema y problema planteado (investigación bibliográfica).

En la parte práctica se obtendrá información a través de las encuestas, entrevistas y observación directa (investigación de campo), tomando en cuenta que para comenzar con la investigación del proyecto, era básico y fundamental saber el conocimiento actual de los técnicos de servicio con respecto al sistema de inyección electrónico MEUI del motor C15 Caterpillar, la manera más recomendable era preguntando a los técnicos en general y supervisores de taller de servicio también se consideró a las autoridades e instructores del CDT.

También se usará el método inductivo que consiste en el análisis de los hechos a través del razonamiento, con la finalidad de obtener conclusiones que van desde lo particular hacia lo general. En este caso el método inductivo permitirá la elaboración de conclusiones en base a la falta de un sistema didáctico de inyección electrónica MEUI del motor C15 Caterpillar en el Centro de desarrollo Técnico.

Es destacado enfatizar que dentro de una investigación combinada se aplican métodos y técnicas cuantitativas ya que tomaremos información numérica asegurando que los resultados obtenidos sean confiables.

3.2. Tipo de Estudio

En lo que se refiere al tipo de estudio que será desarrollado, se considera por el nivel de conocimiento descriptiva puesto que describe y delimita los distintos elementos del problema y su interrelación, además de describir las variables.

En este caso, la investigación descriptiva permitirá elaborar un perfil determinado de los conocimientos que tienen los técnicos de servicio de la empresa IIASA. Este tipo de investigación no se la puede realizar de una forma desordenada ya que no se obtendrían datos precisos ni significativos.

También será explicativa puesto que argumentamos acerca del problema, respondiendo a las causas por las que ocurre.

Científica debido a que se pretende conocer aspectos referentes al diseño, construcción e implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.

Por el periodo de tiempo es prospectiva porque establece conclusiones y luego las compara con la situación actual.

3.3. Recopilación de Información y Tipos de Fuentes

3.3.1. Tipos de Fuentes de Información.

Las fuentes de información se clasifican en primarias y secundarias, las cuales se detallan a continuación.

3.3.1.1. Fuentes primarias.

Tenemos como fuentes de investigación primaria a los instructores del CDT, supervisores, técnicos de servicio de taller, campo y mantenimiento preventivo (CSA) de la empresa IIASA sucursal Quito, quienes de forma activa participan en mantenimientos, reparaciones y evaluaciones a motores Caterpillar C15, y serán los actores principales ya que proporcionan la información necesaria para ejecución de este proyecto.

3.3.1.2. Fuentes secundarias.

Tenemos a los libros de consulta, manuales especializados, folletos, diagramas, manuales de servicio, S.I.S, y páginas de internet de la marca Caterpillar (especializadas) y públicas. Las fuentes que proporcionan información se encuentran puntualizadas en la bibliografía del presente estudio.

3.3.2. Recopilación de Información.

Para el diagnóstico se realizó la recopilación de antecedentes generales relacionados a la información, textos, infraestructura, equipos y material didáctico con los que cuenta el CDT y su personal para la capacitación de los técnicos de servicio, cuando se realiza el entrenamiento del Motor Caterpillar C15.

También se tomó muestra representativa del número de técnicos de servicio que reciben capacitación por parte del CDT de la ciudad de Quito, para luego aplicar una encuesta de opción múltiple de conocimiento con el propósito de obtener información y caracterizar variables relacionadas al nivel de conocimiento del sistema de inyección electrónico MEUI del Motor Caterpillar C15. Se reconoció también por el nivel que tienen los técnicos el grado de conocimiento con respecto al tema.

En esta etapa también se entrevistó a supervisores de las diferentes áreas del taller de servicio, donde se cuestionó sobre el conocimiento del tema y el planteamiento de contar con un sistema didáctico en el CDT, para un entrenamiento práctico más adecuado por parte de los técnicos.

Tabla 11: Técnicas de recopilación de información.

POBLACION	TECNICA	TIPO DE CUESTIONARIO
Instalaciones y personal del CDT	Observación Directa	Registro de Información
Supervisores de Talleres	Entrevista	Preguntas Abiertas
Técnicos de Servicio	Encuesta	Preguntas Cerradas

Fuente: Presente estudio

Elaborado: Walter Cruz

3.3.3. Población y Muestreo.

La población a estudiar son los técnicos de servicio en el distribuidor Caterpillar de Ecuador. Se tomará como referencia la población de técnicos de servicio de diferente nivel que laboran en las sucursales de Quito y Coca, pero que su capacitación la realizan en el Centro de Desarrollo Técnico de la sucursal de Quito.

Debido a la cantidad de personal de servicio, para el presente estudio de campo se tomará como población el número de técnicos que existe en la actualidad entre las dos

ciudades, el número de mecánicos asciende a 78 en la sucursal Quito y 58 en la sucursal Coca a enero del 2016, lo que da un total 136 técnicos según cifras indicadas por el CDT.

Al ser una cifra de gran tamaño, se utilizará la fórmula para calcular la muestra correspondiente, la misma que se detalla a continuación:

$$n = \frac{Z^2 * pqN}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

A continuación, se detallará cada uno de los elementos que contiene la fórmula previamente presentada, con la finalidad de luego realizar su respectivo cálculo.

Descripción:

- **n** = es el tamaño de la muestra a calcular =?
- **N** = población = Numero de mecánicos que entrenan en CDT de la ciudad de Quito 136 técnicos.
- **Z** = intervalo de confianza = este valor se calcula utilizando el nivel de confianza (0.95/2=0.475) y con el resultado obtenido se busca el valor respectivo según la tabla de distribución estadística, en este caso para 0.475 el valor z es 1.96
- **e** = Es el máximo error permisible, cuyo porcentaje indica el grado de desviación en los resultados que se desean obtener, para este caso se ha determinado sea el 5%
- **P** = es la probabilidad de que el evento ocurra; para el cálculo se aplicara un valor 0.90 para la proporción.
- **q** = es la probabilidad de que el evento no ocurra (q =1-p); en este caso también es 0.10

Los cálculos para determinar el tamaño de la muestra se exponen a continuación:

$$n = \frac{Z^2 * pqN}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Se reemplaza todos los elementos de la fórmula y obtenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.90)(0.10)(136)}{(0.05)^2(136 - 1) + (1.96)^2(0.90)(0.10)}$$

$$n = \frac{47.021184}{0.683244}$$

$$n = 69 \text{ encuestas}$$

Para la investigación de este proyecto tenemos una muestra de 69 encuestas de una población de 136 técnicos de servicio de diferente nivel que se capacitan en CDT de la ciudad de Quito.

Para la realización de las entrevistas, no solo se ha escogido a varias personas que están involucradas en las reparaciones, evaluaciones y mantenimiento de motores Caterpillar C15, sino también a los que supervisan y observan esta acción. Adicionalmente, se ha considerado entrevistar a entidades del CDT que son los encargados de capacitar al personal técnico y supervisores.

Para las entrevistas se seleccionó como población a los supervisores, comunicadores técnicos de Talleres e instructores del CDT Quito y se ha excluido a ellos que no tienen que ver con la parte técnica de taller y más bien su trabajo se enfoca a la administración. El número de supervisores es de 9 (mecánica general, motores, campo, garantías, mantenimiento CSA), 4 comunicadores técnicos, 3 instructores de CDT Quito, así tenemos una población de 16 personas.

$$n = \frac{Z^2 * pqN}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Se reemplaza todos los elementos de la formula y obtenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.90)(0.10)(16)}{(0.05)^2(16 - 1) + (1.96)^2(0.90)(0.10)}$$

$$n = \frac{5.531904}{0.383244}$$

$$n = 14 \text{ entrevistas}$$

Para la generación del diagnóstico tenemos que son 14 entrevistas que se deben realizar de 16 personas encargadas de la supervisión y entrenamiento de la sucursal Quito.

3.4. Reactivos de Investigación.

Los reactivos representan un procedimiento para obtener información acerca de los individuos, pero la cantidad y tipos de información varían con la naturaleza de las tareas. Existe varios métodos para clasificar los reactivos, para el diagnóstico del presente proyecto se utilizarán reactivos cerrados (encuesta) y reactivos abiertos o de respuesta libre (entrevista y observación directa).

Al final se procede a la integración de las dos etapas y así se obtiene una lista de problemas y potencialidades asociadas con el diseño, construcción e implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 para el Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA.

3.4.1. Encuesta.

Es una de las técnicas que más se emplean en las investigaciones debido a su gran utilidad al momento de recabar información. Consiste en la elaboración de un reactivo (cuestionario) de preguntas cerradas y objetivas con la finalidad de obtener datos precisos que faciliten su posterior tabulación, interpretación y análisis, dirigido a los ejecutores de trabajos en talleres automotrices. El esquema y formato de la encuesta se puede observar en el Anexos 1. El reactivo aplicado se diseñó teniendo en consideración:

- Propósito del test; medir el grado de conocimiento con respecto al sistema de inyección electrónica de motor Caterpillar C15.
- Características del técnico de servicio, se consideró el nivel que actualmente cursa.
- Marco teórico con respecto al sistema de inyección electrónica de motor Caterpillar C15.
- Lenguaje adecuado al conocimiento de los técnicos de servicio.
- Tiempo para la resolución del test.
- Puntaje de la evaluación.

Con el fin de obtener información confiable y válida se utilizó un “reactivo de opción múltiple ya que son ideales para evaluar el nivel de conocimiento que un individuo tiene acerca de un dominio de contenido específico” (Salkind, 1999,p.139) donde se cuestionó diez preguntas relacionadas con:

- Identificar los componentes principales del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.
- Reconocer función de componentes dentro del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.
- Identificar una condición de falla del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 y su posterior respuesta al sistema.
- Definir términos básicos del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15.

Para la elaboración del reactivo que se ejecutó a los técnicos de servicio se consideró varios parámetros y reglas para desarrollar el enunciado y las opciones a escoger.

Para el enunciado del reactivo se consideró referirse sólo a un problema. Se formuló clara y precisamente, y se prefirió aquellos enunciados que requieran menor tiempo de lectura, posean menor dificultad para leerse, no utilicen exageradamente el participio, el gerundio, los artículos y las preposiciones entre otras. Además, es recomendable que las palabras sean conocidas, en vez de sinónimos rebuscados. Se evitó términos técnicos a los cuales los técnicos de servicio no hayan sido expuestos.

Se elaboró distractores que deben diferir de la opción correcta en un solo aspecto. De todas las opciones, la correcta es la única que reúne todos los elementos apropiados o definitorios. Si los distractores difieren demasiado de la opción correcta, éstos dejan de ser plausibles y el reactivo pierde validez. Así que deben producirse distractores que se alejen un poco, aunque no demasiado, de la opción correcta.

“La producción sistemática de errores puede ayudar a clasificar todos los errores posibles en que se puede incurrir en un procedimiento. Esto es muy útil para el análisis de errores en el aprendizaje de ciertas habilidades” (Enright, 1983, p.15). Bajo esta cita se consideró las siguientes reglas para la realización del reactivo:

- Asegurarse de incluir sólo una opción correcta.
- Procurar ubicar en diferente lugar la opción correcta.
- Escribir los datos de números en orden lógico, se prefiere un orden cronológico.
- Los reactivos deben redactarse procurando que todas las opciones que se ofrecen, para cada uno de ellos, resulten creíbles y que propicien a la reflexión de la respuesta.
- Procurar que las redacciones de todas las opciones de un reactivo tengan, más o menos, la misma longitud para no darle lugar a restarle importancia a las demás opciones.
- No incluir dos opciones con el mismo significado o resultado. En los reactivos incorrectos, el error consiste en presentar las opciones correctas posibles. Para estas ocasiones, se recomienda tener cuidado al elaborar las opciones, considerando que sólo una opción debe ser correcta.
- Evitar el uso de las opciones: “ninguna de las anteriores” y “todas las anteriores”.
- Incluir ilustraciones o párrafos de lectura, cuando los tenga, antes de efectuar la pregunta.
- Incluir ilustraciones o párrafos de lectura, cuando sean muy amplios.

3.4.2. Entrevista.

Es una técnica que consta en la interacción verbal planificada, para nuestro estudio se usara una entrevista semiestructurada que son aquellos en los cuales se realiza a cada entrevistado una serie de preguntas preestablecidas elaborando un guion que determine aquella información que se quiere obtener, existe una acotación en la información y el entrevistado debe regirse a ella, las preguntas serán de tipo abiertas donde se permite al entrevistado realizar matices a sus respuestas. Es de gran utilidad al momento de requerir información detallada generada por personajes representativos de la población. (Garzon, s.f, p.2-3)

Por la directividad se realizó entrevistas dirigidas a los diferentes personajes que supervisan, comunican y capacitan actividades relacionadas con el motor Caterpillar C15, esta modalidad consta de una lista de cuestiones o aspectos que han de ser explorados para

conocer la gestión que realizan actualmente con respecto al tema y de qué forma se podría integrar el tema de estudio dentro de sus líneas de acción específicas el esquema de las preguntas se las puede observar en Anexos 2. El entrevistador queda libre para adaptar la forma y el orden de las preguntas. El estilo suele ser coloquial, espontáneo e informal.

La entrevista dirigida garantiza que no se omitan áreas importantes y permite aprovechar al máximo el escaso tiempo de que se dispone en la mayoría de las entrevistas. Permite una cierta sistematización de la información, la hace comparable y favorece la comprensión al delimitar los aspectos que serán tratados. Las consideraciones que se tomó para realizar las entrevistas fueron:

- Tener en consideración información que se necesita.
- Explicar con brevedad los objetivos de la entrevista.
- Formular preguntas adecuadas, para conseguir la información requerida.
- Facilitar un feedback verbal y no verbal. Existen señales o signos que nos informan de cómo se desarrolla la entrevista: asentir con movimientos de cabeza, tomar notas, las pausas y los silencios.
- Resumir el contenido y significado de las respuestas.
- No discutir ni rebatir al entrevistado.
- A la hora de la entrevista se partió de las preguntas más sencillas y menos irritantes.
- Hacer registro inmediato, discreto y veraz.

3.4.3. Observación Directa.

“Es aquella donde se tienen un contacto directo con los elementos o caracteres en los cuales se presenta el fenómeno que se pretende investigar, y los resultados obtenidos se consideran datos estadísticos originales” (Dora C.G.C., 2016, p1).

Para poder efectuar el diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra el Centro de Desarrollo Técnico (CDT) de la empresa IIASA en la ciudad de Quito con respecto al entrenamiento del sistema de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, se realizó de una manera adecuada el análisis del Centro de Desarrollo Técnico de la ciudad de Quito, se realizó un cuadro general de la situación, se dedicó tiempo para realizar una

inspección visual del lugar, ver en qué forma se encuentra comprometidos con las personas y los materiales, para saber por dónde empezar y que información buscar, esta acción nos ahorró mucho tiempo.

Por el número de observadores se puede decir que se realizara una observación individual y por sus objetivos es una observación no sistemática, ya que deseamos conocer la realidad sin la utilización de preconceptos previos que puedan limitar los resultados y las conclusiones. No requiere de un gran conocimiento inicial sobre la situación en concreto que se va a observar. Se trata de mirar lo que ocurre.

Este reactivo se lo realizara “desde adentro” ya que en esta investigación me incluyo al grupo del hecho a estudiar, existe un conocimiento previo del tema y se obtiene datos a través de un contacto directo y activo con el problema.

En la planificación de la observación se consideraron cuestionamientos para su realización:

- ¿Qué se va a observar y en qué medida?
- ¿Cómo se va a realizar?
- ¿Dónde se va a llevar a cabo la observación?
- ¿Cuándo se va a llevar a cabo?

La observación se la realizará usando un registro fotográfico que permitirá conservar las imágenes que consideramos importantes, a estas imágenes se les agregara la técnica de registro narrativo, lo que nos permitirá dar descripciones de lo observado, con un formato flexible que permita recoger características y modalidades de las actividades del CDT y su personal.

3.5. Procesamiento de la Información.

Se realizó la recopilación de la información de la encuesta dirigida a técnicos de servicio que se capacitan en el CDT de la ciudad de Quito, la misma que se desarrolló en Microsoft Excel, con este programa se tabulo la encuesta y todas las distribuciones de frecuencia simple y porcentajes de las preguntas cerradas permitiendo con la ayuda de este programa las representaciones de distribuciones de frecuencia y porcentaje. El 100% de la muestra está representada por sesenta y nueve encuestas realizadas a diversos técnicos de

servicio de las sucursales Quito y Coca, con diferente grado de nivel que se capacitan en la ciudad de Quito.

Para las entrevistas el procesamiento de los datos se realizó el respectivo análisis de la información obtenida, mientras que el procesamiento de los datos cuantitativos se realizó a través de la utilización de la herramienta de Excel, en donde están tabulados y analizados los datos. El 100% de la muestra está representada por catorce entrevistas realizadas a supervisores de servicio (taller y campo), comunicadores técnicos, entrenadores del CDT que trabajan en la sucursal Quito.

Se utilizó cuadros de una sola salida donde se representa con datos obtenidos de los ítems del instrumento en los que se señalan las frecuencias y porcentajes.

Los registros de la observación se los realizaron de una forma mecánica con pruebas fotográficas que nos permiten un análisis detenido y profundo de determinados sucesos, proporciona ilustraciones y facilita la evocación de hechos. También se describe los registros narrativos obtenidos para reflejar eventos tal y como han ocurrido intentando describir la conducta de forma objetiva.

3.6. Análisis y Discusión de Resultados.

3.6.1. Resultados de las Encuestas.

Esta encuesta ha sido realizada a personal técnico tanto de servicio de campo como servicio en el taller, se los dividió por el nivel que cursan actualmente en su carrera de servicio correspondiente (cinco niveles otorgados por CDT, según su experiencia, cursos tomados y grado de habilidades conseguidas).

Los resultados de nivel de conocimiento general que obtuvieron los técnicos de servicio en la encuesta realizada con relación al sistema de inyección electrónica MEUI del Motor Caterpillar C15 son:

Tabla 12: Resultados de encuesta realizada a Técnicos de servicio

PREGUNTA:	TECNICOS				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Pregunta 1	49	65	59	65	70
Pregunta 2	30	51	45	45	71
Pregunta 3	55	49	55	75	86
Pregunta 4	51	41	59	30	58
Pregunta 5	30	35	61	60	51
Pregunta 6	61	59	70	75	70
Pregunta 7	10	20	29	45	51
Pregunta 8	30	41	45	65	65
Pregunta 9	61	61	68	59	80
Pregunta 10	25	30	25	48	41
% Nivel de conocimiento	40	45	52	57	64

Fuente: Encuesta realizada a técnicos de servicio

Elaborado: Walter Cruz

En Anexos 3 se puede ver los resultados, análisis y conclusiones individuales de cada pregunta de las encuestas realizadas a 69 técnicos que reciben capacitación sobre el sistema de inyección electrónico MEUI del Motor Caterpillar C15, en el CDT de la ciudad de Quito.

3.6.2. Discusión de resultados de las Entrevistas.

La encuesta se la realizo tomando en consideración que los técnicos de servicio de diferentes niveles presentan ciertas falencias al momento de diagnosticar el sistema de inyección MEUI del motor Caterpillar C15, por eso la necesidad de cuantificar el porcentaje de conocimiento de los técnicos de servicio.

Se identificó que en los técnicos de niveles 1 y 2 el conocimiento es de menos del 50%, esto muchas veces no es palpable en el taller ya que en el momento practico todos estos son capaces de solucionar o diagnosticar el motor C15, consideramos que al tener textos, información y personas con experiencia junto a ellos, les facilita el desarrollo de su trabajo, más la pérdida de tiempo o efectividad no es la óptima, ya que deberían realizar el trabajo en el menor tiempo posible, objetivo que muchas veces no se cumple. Si mejoramos su nivel de conocimiento y relacionamos de manera adecuada la teoría con la

práctica del tema cuando se capacitan, serán capaces de realizarlo en menor tiempo y mayor certeza cumpliendo con los estándares de trabajo dados.

Los técnicos de nivel 3 y 4 ligeramente superan la mitad de conocimientos puestos a prueba, pese a que ya cuentan con determinada experiencia, comenten errores fruto de inseguridad o dudas del sistema MEUI, al ya conocer y trabajar en el tema por varios años les da una confianza que les hace perder interés u olvidar ciertos términos y conceptos teóricos que deben tener presentes para su trabajo. Considerando que el CDT siempre actualiza y reentrena al personal técnico, aumentaría el porcentaje de conocimiento si llegase a contar con un equipo didáctico que conjugue la práctica con la teoría, ya que no solo desarrollaría el conocimiento teórico que carece este grupo de técnicos, se aprovecharía de su experiencia para desarrollar problemas con los que se han enfrentado en el equipo didáctico, ayudando a las personas que tiene mayor conocimiento teórico pero no cuentan con la suficiente experiencia.

3.6.3. Análisis y Conclusiones de las Entrevistas.

Luego de haber analizado detalladamente cada una de la pregunta que se efectuaron a los técnicos de servicio, se puede proceder a elabora conclusiones generales del estudio, las mismas que se muestran a continuación:

- Todos los entrevistados afirmaron tener contacto laboral con el motor Caterpillar C15, la mitad conoce detalladamente el funcionamiento y componentes del motor, mientras que el resto indica no estar actualizado con el mismo. Esto debido a que los dos porcentajes ejecutan diferentes tareas en sus puestos de trabajo, pero están inmiscuidos con la supervisión, comunicación y entrenamiento de los técnicos de servicio que ejecutan trabajos en este motor.
- La mayoría de los encuestados indicaron que los técnicos que tienen bajo su mando presentaron dificultades al momento de diagnosticar o solucionar problemas relacionados con el sistema de inyección electrónico MEUI del motor Caterpillar C15, esto les ha generado dificultades relacionadas con tiempos de entrega y estándares de tiempo que deben cumplir tanto a los que ejecutan y supervisan los trabajos.

- Los entrevistados indicaron insatisfacción o falta de conocimientos por parte de los técnicos debido a un entrenamiento incompleto, son determinados los que responsabilizaron a otras razones como las herramientas, información o presión en el trabajo como el motivo para presentar dificultades al momento de diagnosticar estos equipos.
- Al cuestionar sobre los problemas en la capacitación de los técnicos, los entrevistados indican que el malestar de los técnicos se centra a la falta de un motor C15 como material didáctico para la capacitación por parte del CDT. Se reconoce que a pesar de que el CDT tiene una infraestructura muy adecuada no cuenta con este medio para una capacitación detallada y práctica del tema, se reconoce los esfuerzos y alternativas que aplican los instructores del centro, pero que lamentablemente no son las propicias para satisfacer el tema.
- Consideran que es difícil poder contar con un motor C15 o un equipo didáctico exclusivamente para este tipo de motor por los altos costos de cualquiera de las opciones, también se considera la inexistencia del equipo didáctico en tiendas especializadas de nuestro país. Consideran que pese a que existe el compromiso de la empresa por la capacitación continua de los técnicos lo anteriormente mencionado no permite por el momento suplir al CDT de esta necesidad.
- El grupo entrevistado cree que la opción de contar con un sistema didáctico de inyección MEUI del motor Caterpillar C15 en el Centro de Desarrollo Técnico, contribuiría a que los técnicos comprendan de mejor manera su funcionamiento y elevara su conocimiento con respecto a este motor, tanto así que apoyarían su implementación inmediata en el CDT, aspirando con esto contar con técnicos altamente preparados que puedan satisfacer con calidad las demandas que se presentan en su trabajo.

Los resultados, análisis y conclusiones de cada una de las preguntas que se realizaron en las entrevistas, se encuentran registradas en el Anexo 4.

3.6.4. Resultados de la Observación Directa.

Para efectuar un diagnóstico de la situación actual del CDT de la ciudad de Quito, se realizó visitas de campo. Se permitió el ingreso a las instalaciones donde se registró fotográficamente la infraestructura y materiales con los que se cuenta, en el Anexos 5 constan todos los datos obtenidos, así como un registro fotográfico del centro. En la Tabla 13 se expone un resumen de la observación directa que se realizó a dicho centro de la ciudad de Quito.

Tabla 13: Resultados de la observación directa a las instalaciones CDT.

ZONAS	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
OFICINAS ADMINISTRATIVAS	1	Oficina de secretaria y recepción.
	1	Oficina de feje de CDT-QUITO
	3	Oficinas de Instructores
	1	Oficina encargada de programa ProServicio
BIBLIOTECA	1	Biblioteca de textos, planos, catálogos, manuales de equipos e información impresa.
AULA MULTIMEDIA	1	Acceso a SIS Web, DLMS, TMI Web, Cat MineStar, CIPL Technical Publications, Documentación técnica de Cat/Bucyrus, Expanded Mining Service Information Search Tool, Hydraulic Information System, etc.
AULAS DE CAPACITACION	2	Aula 2: Ubicada en la parte baja del edificio, con capacidad para 18 participantes, puntos de red e infocus.
		Aula 1: Ubicada en la parte superior del edificio, con capacidad para 18 participantes, puntos de red e infocus.
LABORATORIOS	1	Laboratorio de AFA: Para revisión e inspección de falla de componentes.
	1	Laboratorio de inspección y comprobación de componentes eléctricos.
TALLERES	1	Taller equipado con, equipo de limpieza de componentes, puente grúa con capacidad de 3 toneladas, 8 motores para realización de prácticas(1 motor Mack MP6, 1 motor Mack MP8, 1 Motor Perkins 3054, 1 motor Caterpillar 3126, 1 motor Caterpillar C32, 1 motor Perkins 3056, 1 motor Caterpillar C3.1, 1 motor Caterpillar C9), sistema didáctico para pruebas hidráulicas T.I.I. , extractor de gases de escape, mesas de trabajo equipadas con componentes hidráulicos y de motor y caja de herramientas manuales para prácticas.
BODEGA DE HERAMIENTAS Y EQUIPOS	1	Bodega de herramientas y equipos, entre los que destacamos, cajas para reparación de conectores Deutsch y AmpSeal, cajas de termocuplas, cajas de evaluación de motor, cajas de evaluación de transmisión y sistemas hidráulicos digitales y manométricas, manómetros múltiples (tetragauge), pistolas infrared, interface de comunicación E.T., herramientas de izaje, mangueras , comprobador de flujo hidráulico, micrómetros, torques mando de 1/2 y 3/4 , comprobadores de combustible, Blowby, multímetros, indicadores de RPM.
COMPONENTES PARA PRACTICAS		Existe gran variedad de componentes para realizar prácticas de sistemas de máquina y equipos Caterpillar, entre los que más se destacan son Módulos EMCP, caja de velocidades MaxiTorque, motor a gasolina de Montacargas Caterpillar, grupo de rotor y estator de generador/C32, comba hidráulica de excavadora 330D, grupo de válvulas de cargadora 950G, grupo de válvulas de retroexcavadora 420D y radiadores de varios modelos.

Fuente: Observacion directa al CDT de la ciudad de Quito

Elaborado: Walter Cruz

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE SISTEMA

4.1. Diseño y Requerimiento del Proyecto.

El propósito del diseño del sistema didáctico de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, es dotar de una herramienta a los instructores y técnicos de servicio del CDT con el objetivo de mejorar el nivel de conocimiento en relación a este motor.

Un factor importante fue los requerimientos del sistema, proporcionados por el CDT de la ciudad de Quito, en donde se sugirió que el sistema debe proporcionar funciones muy parecidas al del motor en estudio.

Para la realización del proyecto se propuso construir, un módulo grande con forma rectangular en la cual encontremos plasmada una imagen del motor CATERPILLAR C15 con tecnología MEUI, la misma que para funcionar adecuadamente, debe de tener en sí misma componentes reales y originales Caterpillar.

Con esto se logrará que el técnico de servicio se encuentre ante un motor real, diagnosticando problemas electrónicos y que las fallas que se encuentre en el proceso de prácticas, sean las mismas fallas que se encuentren en el motor real.

Partiendo de las especificaciones técnicas que tienen equipos semejantes existentes en el mercado internacional y tomando en cuenta los recursos económicos disponibles para su construcción, se determinaron los principales parámetros de diseño los mismos que se describen en el desarrollo de este capítulo.

4.2. Diseño de la Estructura del Sistema Didáctico.

El diseño de la estructura se basó en el espacio físico necesario para el montaje del conjunto de componentes que conforman el sistema de MEUI del motor C15 y que soporte debidamente los pesos que van a estar ubicados en la estructura.

Para que este dispuesta para la realización de prácticas se consideró; la estética, funcionabilidad, ergonomía y seguridad por parte de las personas que van a estar involucradas con el simulador.

Las practicas que se realizaran en el sistema didáctico se las hará de pie en las aulas del CDT tomamos como referente la estatura de un técnico de servicio promedio que es de 1.65m por lo que el sistema intentara ser lo más liviano posible para ser trasportado y ubicado en cualquier mesa de estudio o trabajo estándar entre dos personas. Los controles de arranque del sistema se los ubicara en la derecha de los técnicos ya que en su mayoría son diestros.

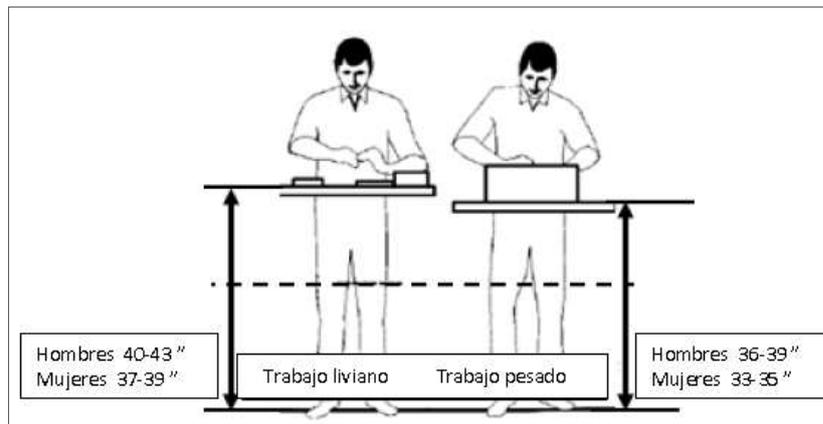


Figura 71: Estación de trabajo con altura para trabajo liviano y pesado
Fuente: Proyecto espalda/ergonomía, España

En el proceso se considera la seguridad, donde se debe seleccionar la sujeción, soporte y el factor de seguridad que es número que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general, proporcionando un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias (Beer, 2004,p.363).

4.2.1. Trazo del Plano del Sistema Simulador.

Las medidas expuestas a continuación están expresadas utilizando el sistema internacional de medidas para el trazo de nuestro plano, en este caso se usará como unidad principal el milímetro.

La estructura resultante por sección (dos secciones), alcanza 900mm de altura, 1350mm de largo y al ser dos estructuras duplicamos el ancho que es de 140mm a 280mm, son medidas estándar para una persona fácilmente puede visualizar correctamente sin ningún esfuerzo a esto sumamos que las medidas se asemejan al del Motor C15 y sus componentes con respecto a sus dimensiones. Con esto se logra un módulo de fácil manipulación y movimiento.

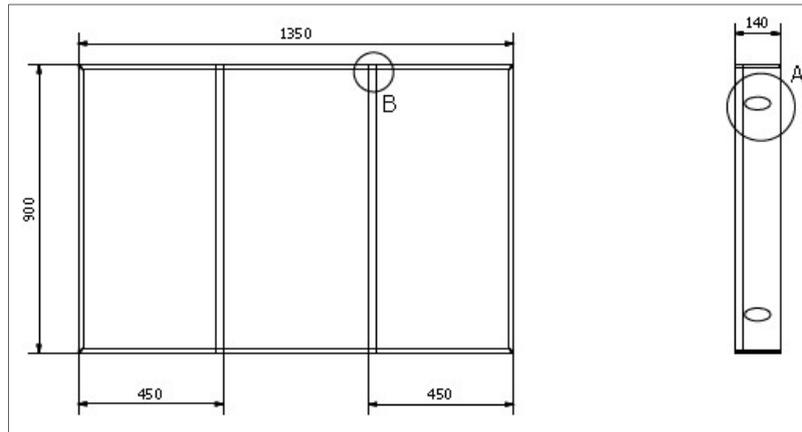


Figura 72: Medidas de estructura
Fuente: Walter Cruz

4.2.2. Plano de Perspectiva del Sistema Didáctico.

El diseño de la estructura fue realizado en el programa de diseño de dibujos y moldeado AUTOCAD, donde se realizó cada uno de los planos de la estructura en 2D Y 3D para la presentación. Se puede observar en Anexos 6 los planos de sistema didáctico.

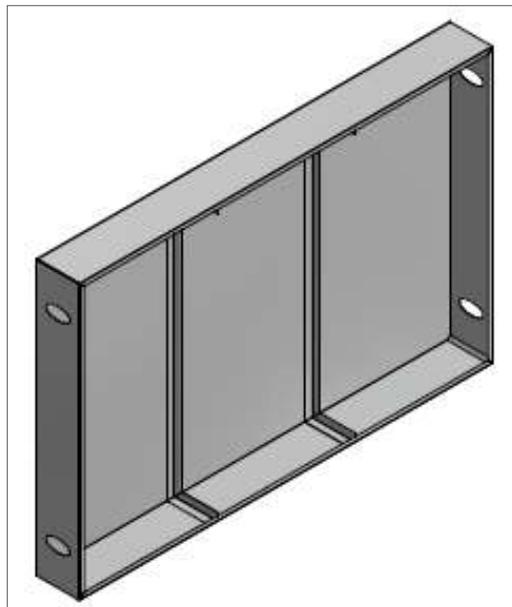


Figura 73: Esquema del sistema didáctico
Fuente: Walter Cruz

4.2.3. Análisis de la Estructura.

Con los criterios de ergonomía expuestos anteriormente y la evolución de las tecnologías de la información, han propiciado que en la actualidad existan herramientas para las diferentes etapas del ciclo de vida del producto, tales como los sistemas para el

Diseño Asistido por Ordenador (CAD), los sistemas para la Fabricación Asistida por Ordenador (CAM), los sistemas de Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE), entre otros, se consideró para realizar el sistema didáctico en el programa AutoDesk Inventor, que nos sirvió para calcular el estudio de las fuerzas aplicadas en el simulador y para la elección correcta del material con el que se va a construir el mismo.

De esta forma se logra reducir, simplificar y automatizar los procedimientos de diseño, de desarrollo y de fabricación. Por tanto, se obtiene un ahorro considerable de tiempo.

4.2.3.1. Procedimiento de Análisis de la Estructura en el Programa.

Para el diseño de la estructura que va a soportar el sistema simulador se va tomar en consideración los siguientes parámetros:

- Carga Admisible: 25 Kg
- Cargas estáticas soporta la estructura
- Factor de seguridad 1,2

1. Se calcula la carga máxima que va a soportar la estructura.

$$P = 25 \text{ Kg} * 1,2$$

$$P = 30 \text{ Kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 294 \text{ N}$$

2. Las dimensiones de la estructura son:

$$L = 1350 \text{ mm}$$

$$A = 280 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

3. Diagrama de cuerpo libre para la estructura.

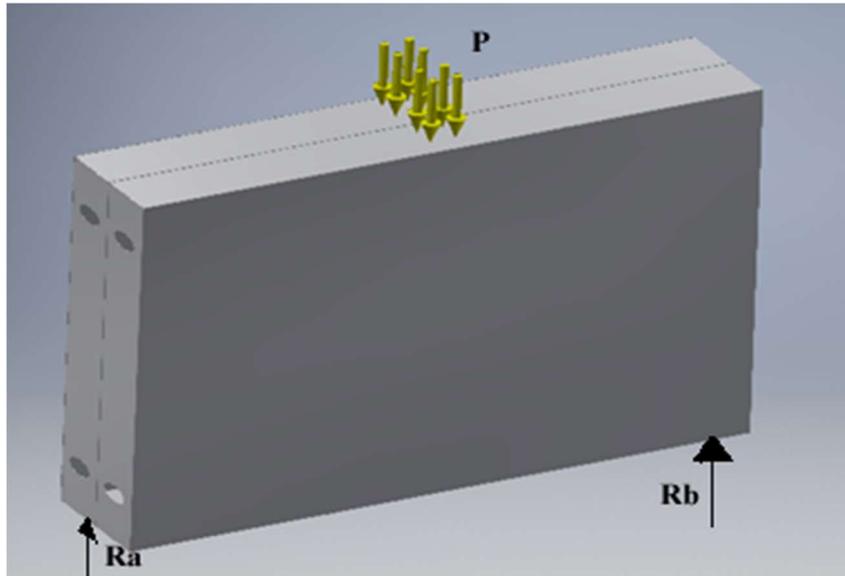


Figura 74: Diagrama de cuerpo libre de la estructura
Fuente: Walter Cruz

Donde Ra y Rb son reacciones.

4. Cálculo de cargas

Realizando el sumatorio de fuerzas se tiene que:

$$\sum F = 0$$

$$P - Ra - Rb = 0$$

Por simetría en la carga se conoce que $Ra = Rb$

$$P - 2 Ra = 0$$

$$Ra = \frac{P}{2}$$

$$Ra = \frac{294}{2}$$

$$Ra = 147 \text{ N}$$

5. Diagramas de Cortante y Momentos (V, M)

Mediante la ayuda del software Autodesk Inventor Mechanical 2016 se obtiene los siguientes diagramas de fuerza cortante (Figura 75).

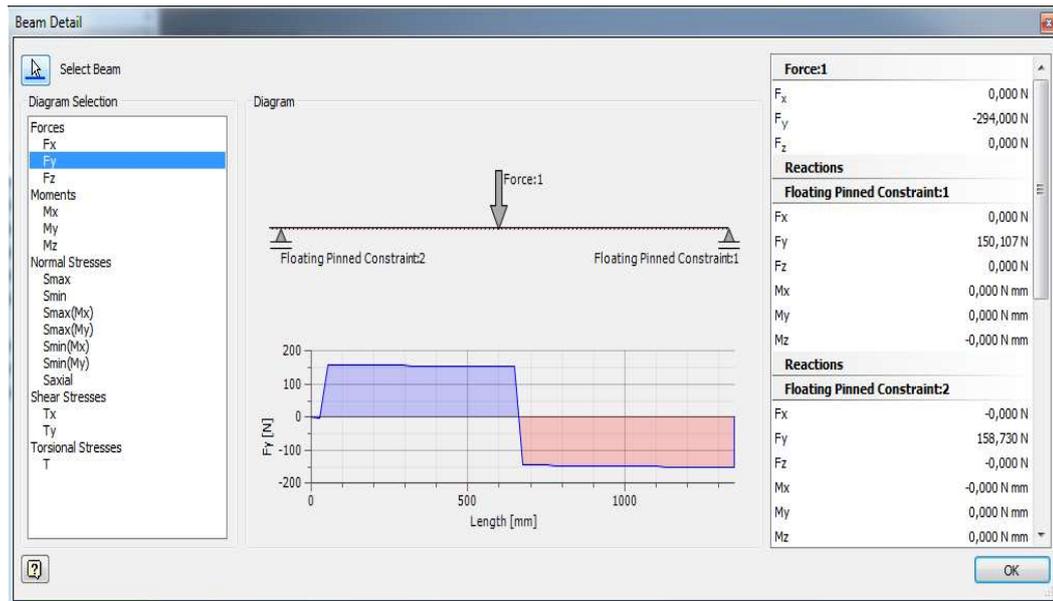


Figura 75: Diagrama de Fuerza Cortante
Fuente: Walter Cruz

De igual manera el momento flector queda de la siguiente manera (Figura 76):

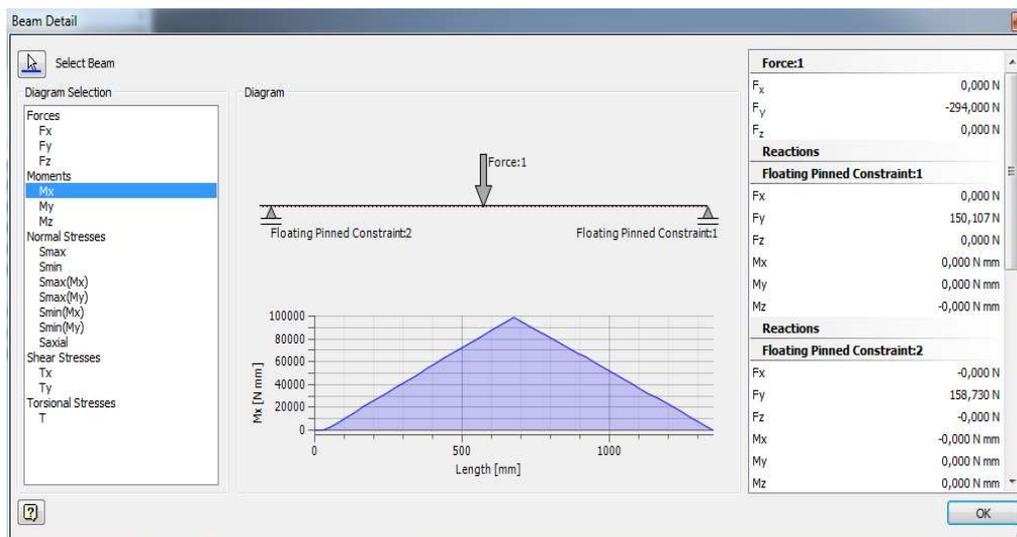


Figura 76: Diagrama de Momento Flector
Fuente: Walter Cruz

Donde se obtiene:

$$F_{\text{máx}} = 147 \text{ N}$$

$$M_{\text{máx}} = 10000 \text{ N mm}$$

Para la estructura se consideró un material liviano y que sea muy resistente contra la corrosión, ya que se transportara a diferentes partes del Ecuador y en mayor forma Guayaquil y Coca donde la humedad puede dañar la estructura.

Se usará una plancha de aluminio estructural ASTM 6061 cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Propiedades de aluminio estructural ASTM 6061

General	Densidad	2,7 g/cm ³
	Límite de fluencia	275 MPa
	Límite último de tracción	310 MPa
Cargas	Módulo de Young	68,9 GPa
	Relación de Poisson	0,33
	Módulo de corte	25,9023 GPa

Elaborado: Walter Cruz

Fuente: <http://www.upcommons.upc.edu>

Se sabe que:

$$\sigma = \frac{M y}{I}$$

Dónde:

M = Momento Máximo

Y = Espesor / 2

I = Momento de inercia

El momento de Inercia para la placa según la posición requerida es:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

$$I = \frac{1400 h^3}{12}$$

$$I = \frac{1400 h^3}{12}$$

$$I = 166,66 h^3 mm^4$$

El esfuerzo permisible se encuentra de la siguiente manera

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma}{1,2}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{275 \text{ MPa}}{1,2}$$

$$\sigma_{perm} = 229,16 \text{ MPa}$$

Reemplazando datos en la ecuación que acopla esfuerzo con momento se obtiene que:

$$\sigma = \frac{M y}{I}$$

$$229,16 \text{ MPa} = \frac{10000 \text{ N mm } y}{166,66 \text{ y}^2 \text{ mm}^4}$$

$$y = 0,026 \text{ mm}$$

Como se requiere un espesor muy pequeño se puede trabajar con tranquilidad con una plancha de aluminio de espesor 2 mm.

4.2.4. Resultados del Análisis en el Software AutoDesk Inventor Mechanical.

Se aplican las cargas correspondientes:

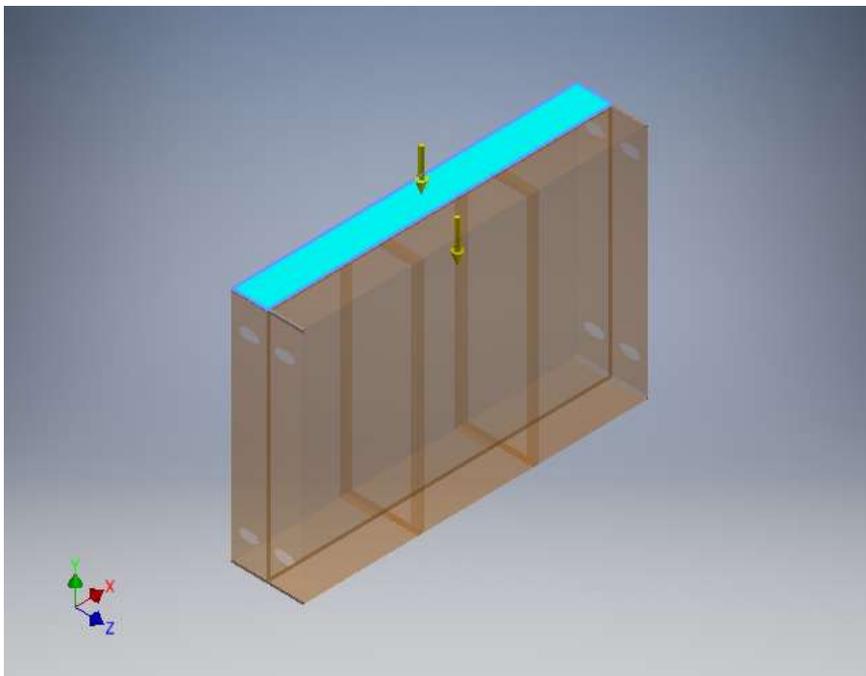


Figura 77: Simulación de las cargas que soporta la estructura

Fuente: Walter Cruz

Se colocan las restricciones:

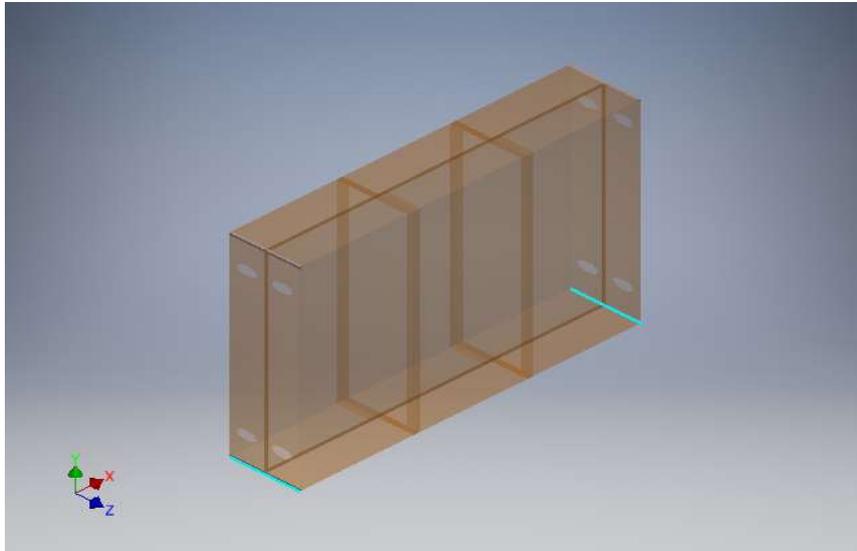


Figura 78: Colocación de restricciones a la estructura
Fuente: Walter Cruz

Se asigna el tipo de material a la estructura:

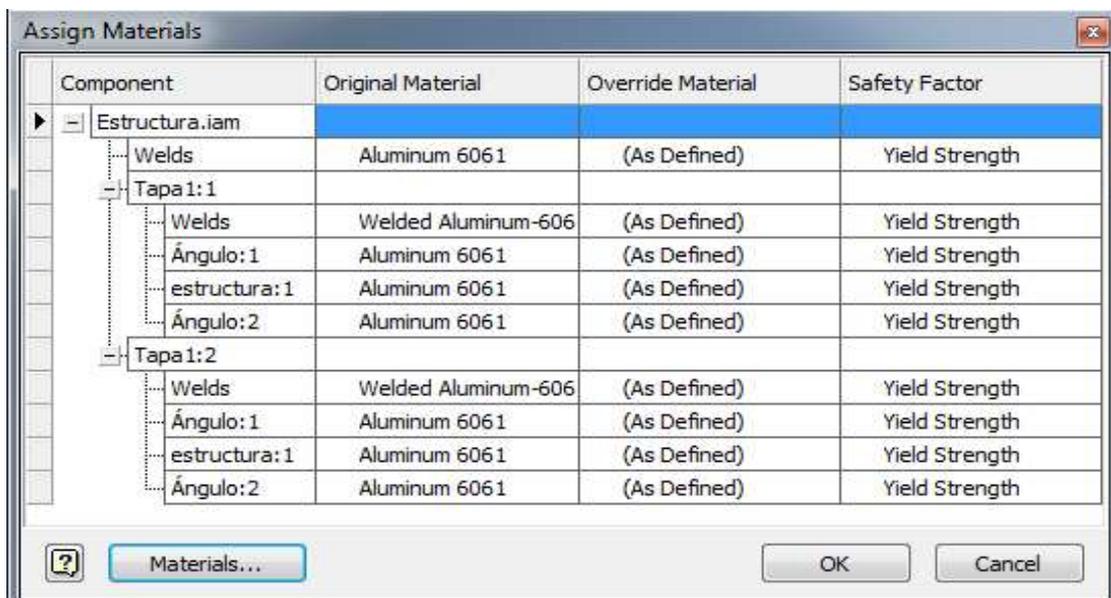


Figura 79: Asignación de material a la estructura
Fuente: Walter Cruz

Luego de seleccionar y configurar el tipo y tamaño de malla más adecuado para la estructura Figura 80, se ejecuta su estudio de diseño, los resultados obtenidos se muestran en los cuadros siguientes.

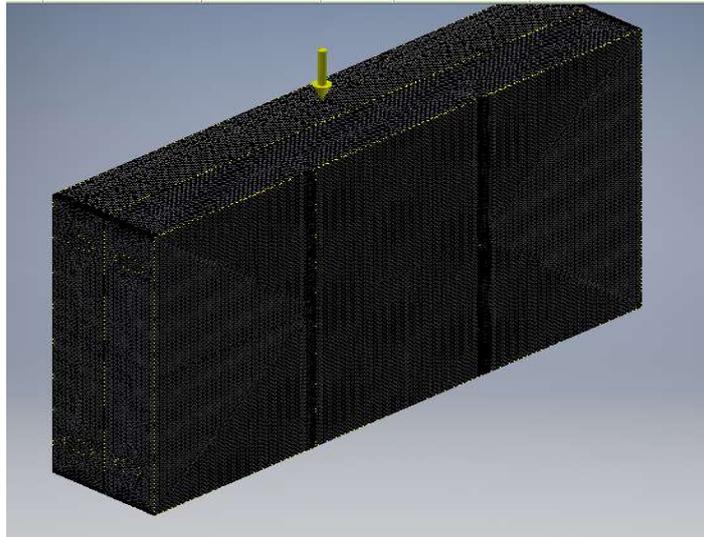


Figura 80: Mallado de la estructura del sistema didáctico
Fuente: Walter Cruz

Se empieza a realizar la simulación y los resultados son los siguientes:

4.2.4.1. Resultado de Diagrama de Desplazamientos.

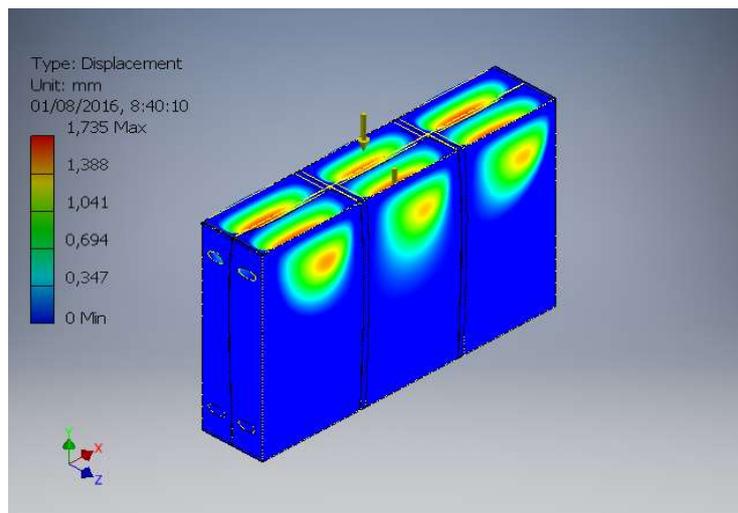


Figura 81: Diagrama de desplazamientos de la estructura
Fuente: Walter Cruz

La distribución de desplazamientos resultantes en la estructura se muestra en la Figura 81, donde se puede observar que el desplazamiento máximo es de 1.735 mm y sucede en la parte superior media de la estructura, por lo que no va afectar al funcionamiento del sistema didáctico.

4.2.4.2. Esfuerzos de Von Mises.

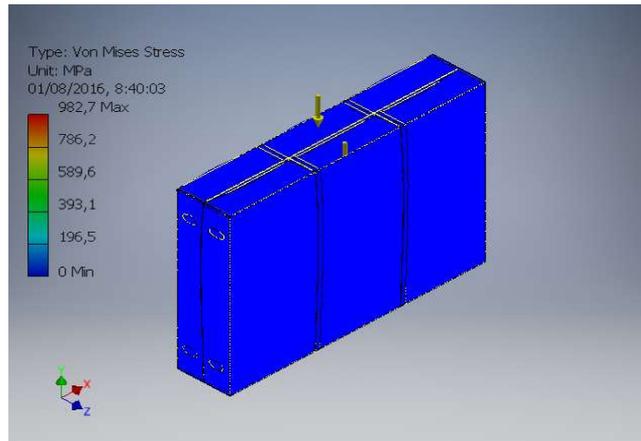


Figura 82: Esfuerzos de Von Mises
Fuente: Walter Cruz

En la Figura 82 se observa que la máxima tensión está ubicada en la parte superior media de la estructura (982.7 Mpa). Considerando que en la parte superior de la estructura no existirán tensiones, ya que los componentes serán colocados en la parte frontal y posterior de la estructura, esta no se verá afectada ni al resto de componentes del sistema simulador.

Tabla 15: Valores de la Tensión

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Tensión (Von Mises)	0Mpa	Parte superior media	982.7Mpa	Parte superior media

Elaborado: Walter Cruz

Fuente: Walter Cruz

4.2.4.3. Primer Esfuerzo Principal.

Como se puede apreciar en la Figura 83 la tensión máxima equivalente 134.9 Mpa, se da en la parte superior izquierda de la estructura entre las dos secciones, de igual manera, pero en el lado derecho encontramos el valor mínimo de tensión -139.8 Mpa.

Tabla 16: Valores de Tensión Elástica Equivalente Máxima

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Deformación elástica	-139.8Mpa	Parte superior media	134.9Mpa	Parte superior media

Elaborado: Walter Cruz

Fuente: Walter Cruz

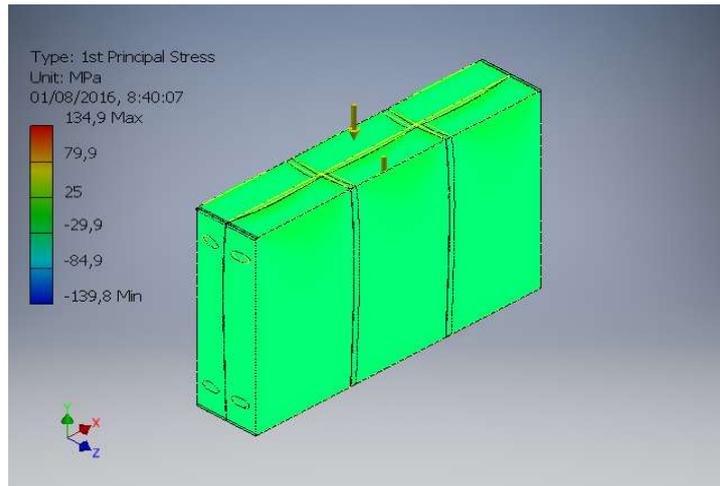


Figura 83: Primer esfuerzo principal
Fuente: Walter Cruz

4.2.4.4. Tensión Elástica Equivalente Mínima.

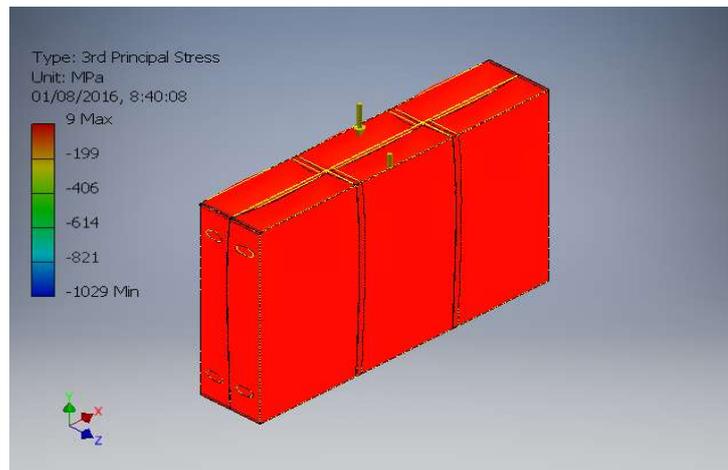


Figura 84: Deformación Elastica Minima
Fuente: Walter Cruz

En la Figura 84 podemos apreciar la tensión mínima tendrá un máximo de 9 Mpa y está ubicado en la parte superior derecha en la junta de las estructuras. Y su valor mínimo es de -1029 Mpa y está ubicado en el mismo punto del máximo.

Tabla 17: Valores de Tensión Elástica Equivalente Mínima

Nombre	Mínimo	Ubicación	Máximo	Ubicación
Deformación elástica	-1029	Parte superior media	9	Parte superior media

Elaborado: Walter Cruz
Fuente: Walter Cruz

4.2.4.5. Factor de Seguridad.

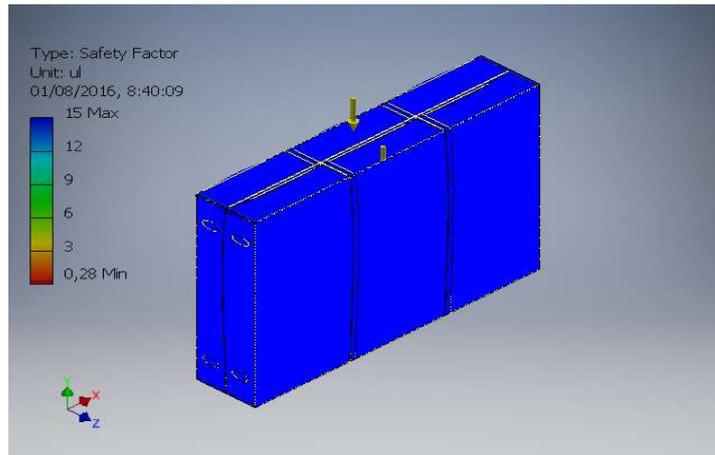


Figura 85: Factor de Seguridad de la estructura
Fuente: Walter Cruz

El factor de seguridad en una ubicación se calcula a partir de:

$$\text{Factor de seguridad (FS)} = \frac{\text{Limite de tension del material}}{\text{Tension de Von Mises}}$$

$$FS = \frac{\sigma_{\text{limite}}}{\sigma_{\text{VonMises}}}$$

En la mayoría de casos AutoDesk Inventor, utiliza el límite elástico como el límite de tensión. Sin embargo, este software nos permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer un propio límite de tensión.

En el diseño desarrollado se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 0.28 el cual se encuentra donde se aplica el mayor esfuerzo producido por la fuerza que realiza el peso medio de la estructura, pero debido a que esta fuerza no estará ejercida en ningún momento se puede determinar que todos los parámetros de diseño están dentro del rango normal y que por lo tanto la estructura es óptima para su construcción.

4.2.5. Criterio de Selección del Material.

Después de haber analizado los resultados que nos arrojó el software se determina el material, tomando en cuenta estos datos y comprando con los que se puede encontrar en el mercado llegamos a la conclusión de que el aluminio ASTM 6061 es el más recomendable para la estructura del sistema simulador. Cabe resaltar que es el mismo con el que se

realizó los cálculos y la simulación, de esta manera se asegura los resultados obtenidos en el mismo, dando seguridad para su construcción.

4.2.6. Selección del Método de Soldadura.

Se consideró que al utilizar aluminio ASTM 6061, se requiere equipos especiales de soldadura, en este caso se usara suelda TIG, el equipo con el que se realizara la soldadura es una Miller Syncrowave 350LX, ya que nos permite soldar hasta en un mínimo en planchas de aluminio de hasta 0.4mm, en nuestro proyecto las planchas a utilizar son de 2 mm por lo que no habrá mayor problema al usar este equipo.



Figura 86: Soldadura Miller para TIG
Fuente: <http://soldadurasselecta.com/>

4.2.7. Selección de Imagen para Sistema Simulador.

Para el presente proyecto se buscó imágenes considerando que presente la mayor cantidad de los componentes eléctricos y electrónicos que llevan en promedio los motores Caterpillar C15. Esto debido a que al ser un motor para diversas aplicaciones podría presentar diferentes cambios mecánicos que ocultarían su sistema electrónico básico.

Es así que se llegó a utilizar las imágenes de un motor C15 de aplicación Industrial, las imágenes fueron digitalizadas para obtener un mayor realismo y donde se pudo interrelacionar fácilmente con los componentes físicos que van montados en el sistema simulador.



Figura 87: Imágenes de Motor Caterpillar C15 Industrial
Fuente: www.cat.com

4.3. Diseño Eléctrico del Sistema Didáctico

En esta sección describiremos toda la circuitería requerida para el funcionamiento de todo el sistema didáctico. El sistema consta de un circuito de alimentación principal, el circuito de sistema de inyección electrónico MEUI de motor C15, el circuito del panel de control y el sistema de simulador de funcionamiento y fallas.

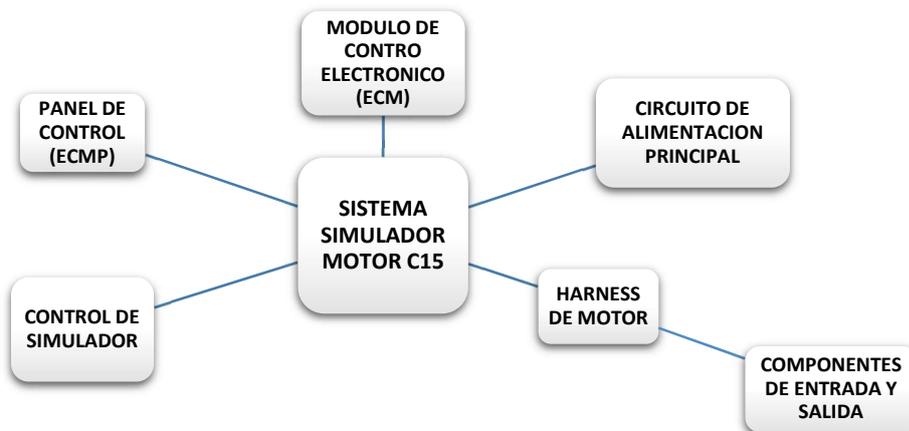


Figura 88: Diagrama general de diseño del sistema didáctico del Motor C15
Fuente: Walter Cruz

4.3.1. Circuito de Alimentación Principal.

El circuito de alimentación principal es el encargado de suministrar la alimentación a toda la circuitería del sistema simulador, este se encenderá al momento de activar el switch a posición de “ON”, ubicado en la posición superior cerca de la fuente de alimentación principal, la alimentación suministrada a todos los componentes del sistema simulador pasa previamente por un fusible de línea que protege a los componentes del sistema. De igual

forma se podrá apagar el sistema de manera total al colocar el switch en posición de “OFF” en la misma posición.



Figura 89: Diagrama en bloques de la alimentación y protección de la fuente
Fuente: Walter Cruz

Al sistema requerir voltaje DC, se utilizó una tarjeta electrónica diseñada para rectificar el voltaje que hay en la red eléctrica que es de voltaje alterno, en esta fase se transforma de voltaje VCA a voltaje continuo VDC, a través de un puente rectificador y tenemos voltaje continuo. El problema que tenemos es que ese voltaje no es constante, por lo que es necesario una fase de filtrado que consiste en aplanar al máximo la señal, para que no exista oscilaciones, esto se consigue con ayuda de condensadores que detienen la corriente y la dejan fluir lentamente para suavizar la señal, nuevamente esta señal pasa por un circuito oscilador, este circuito eleva la frecuencia en el orden de los kilociclo, para finalmente pasar a un rectificado y filtrado final, proporcionando una señal estable.

Se buscó en el mercado que la fuente de alimentación que cumpla dichos requerimientos, y se encontró la fuente de marca Rainproof SD-240-24 que nos permitirá trabajar con entradas de voltaje AC de 110V o 220V y transformar a 24 VDC que necesitamos para energizar el ECM de motor, panel EMCP y el Control de Simulación.



Figura 90: Fuente de alimentación Rainproof 24V DC
Fuente: Walter Cruz

El diagrama mencionado es la base que permitirá la conexión correcta de todos los componentes y servirá como guía en caso de requerir verificar la identificación de los diferentes cables, más aún sabiendo que se alterará la conexión entre el harness y los sensores para simular las señales. En Anexos 7 se agrega el diagrama eléctrico completo del motor C15 en caso de requerir una mayor visión de cada uno de los componentes y sus conexiones.

4.3.3. Circuito del Sistema Simulador.

Una de las motivaciones principales de este proyecto es llegar a que el sistema funcione lo más similar posible al motor Caterpillar C15, esto es que al ECM llegue datos de operación variables de los sensores que puedan generar distintos tipos de códigos de fallas.

Para el diseño del sistema simulador se usará dos etapas, en la primera etapa se usará el diagrama original electrónico del sistema de inyección MEUI del motor Caterpillar C15, en la segunda etapa se adicionará a la conexión entre el sensor y el conector del harness del motor un cableado que permita variar las señales desde una caja de control de simulación, creando de esta manera distintos datos de operación, así como la creación de fallas de los sensores.

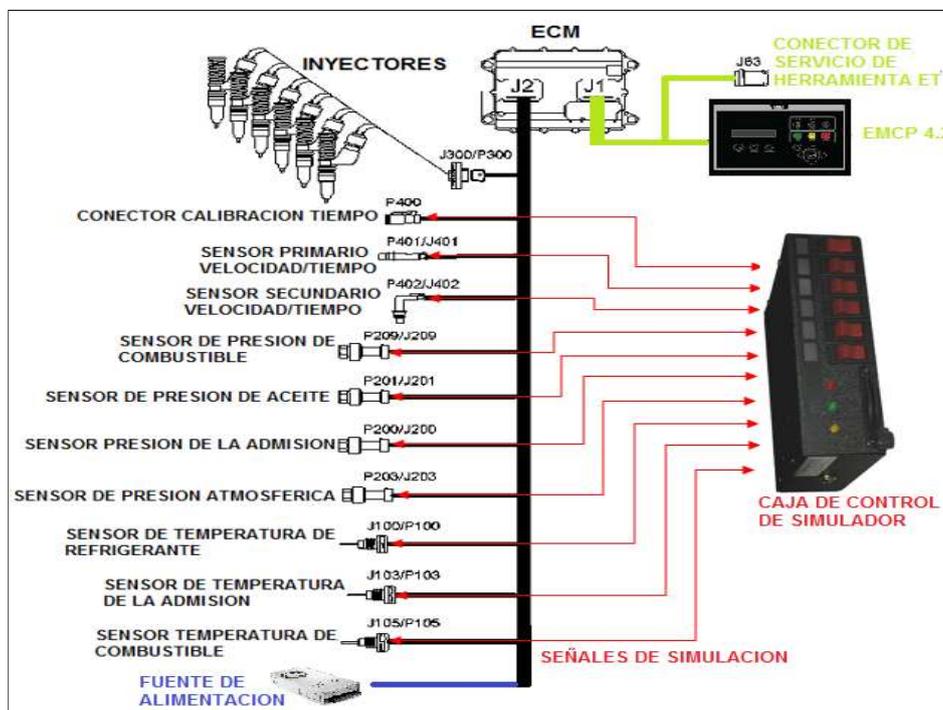


Figura 92: Diagrama en bloques de sistema simulador
Fuente: Walter Cruz

Los datos de operación serán observados en primera instancia desde el display del ECMP 4.2, que indicará parámetros de operación de los componentes y sus respectivos tipos de falla, adicionalmente existe el conector que permitirá con la interfaz de comunicación Adapter III usar la herramienta Caterpillar E.T. usando las diferentes funciones que permite dicho programa.

4.4. Diseño Electrónico del Simulador

Se consideró para el diseño electrónico que la caja de control de simulación permita:

- Para encender el sistema simulador se utilice uno de los relés de salida que tiene el panel de control EMCP 4.2 al momento de poner el sistema en encendido.
- Simular las señales necesarias para que el sistema funcione como lo hace en realidad el motor Caterpillar C15, esto quiere decir señales de velocidad, presiones y temperaturas.
- Controlar individualmente la simulación de cada uno de los sensores y en caso de ser necesario activar y desactivar la simulación independientemente del resto de sensores.
- Visualizar los voltajes y señales que se están simulando con cada uno de los sensores mediante un display, incluido en el control de simulación.
- Permitir la variación de las señales a fin de producir códigos de fallas y eventos del motor sin la necesidad obligada de desconectar los sensores.

4.4.1. Simulación de Señales.

Para el funcionamiento del sistema simulador del motor C15 es necesario que el ECM del motor reciba señales de los nueve sensores que constan en el sistema MEUI, los cuales están dividido en tres sensores de temperatura (refrigerante, combustible y aire a la entrada de la admisión), cuatro de presión (aceite de motor, combustible, atmosférica y turbo) y dos de velocidad (primaria y secundaria).

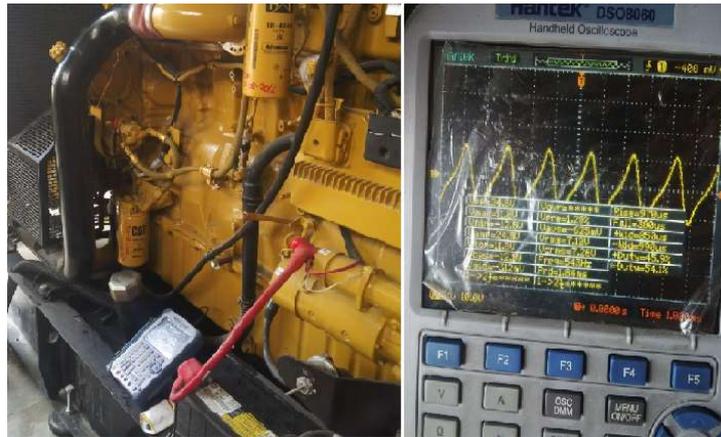


Figura 93: Registro de señales de sensores reales
Fuente: Walter Cruz

Para que las señales de los sensores mencionados tengan la mayor similitud posible, se registra las señales que un motor C15 real emite cuando está en operación, para ellos usamos multímetro y osciloscopio. Las señales obtenidas de los sensores de presión y temperatura son voltajes en VDC que varían dependiendo de la condición de trabajo. De los sensores de velocidad primario y secundario se obtuvo dos ondas sinodales diferentes.

4.4.2. Tarjeta Electrónica para Simulación de Señales.

Para la simulación de señales de los sensores del motor C15 se utilizó el microcontrolador ATXMEGA256A3BU el cual se encarga de recibir las señales de los encoders en primera instancia como ON/OFF, y de ser requerido aumento o disminución de las frecuencias de las señales.

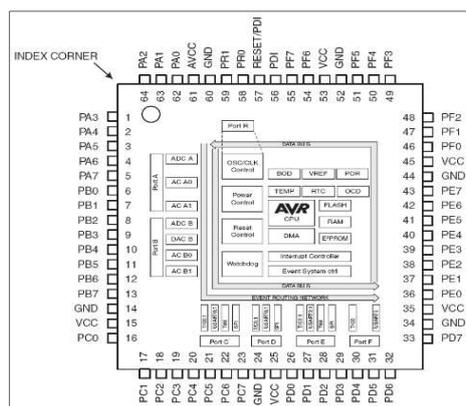


Figura 94: Microcontrolador ATXMEGA256A3BU
Fuente: <http://avrhelp.mcselec.com/>

El microcontrolador ATXMEGA256A3BU para los encoders de temperatura y presión de aceite que se active, genera una onda cuadrada que al ser filtrada para convertir la señal

cuadrada a voltaje continuo y finalmente amplificada, enviara una señal variable que pueda ser reconocida por el ECM del motor. Para los encoders de velocidad de motor, se utiliza un conversor de señal digital a analógica DAC, el cual nos permitirá convertir las señales digitales con datos binarios en señales de corriente o de tensión analógica. Una vez simuladas las ondas cuadradas y logrando el control de su variación, se las puede inyectar directamente al ECM del motor.

4.5. Componentes y Ruteado de Tarjeta

Para construir el circuito comandado por el microcontrolador ATXMEGA256A3BU se utilizó elementos que se pueden apreciar en la Figura 95, el cual consta de encoders con sus respectivas resistencias para la activación y la opción de aumentar y disminuir las señales, relés que servirán para la desconexión de señal un LCD de 16x2.

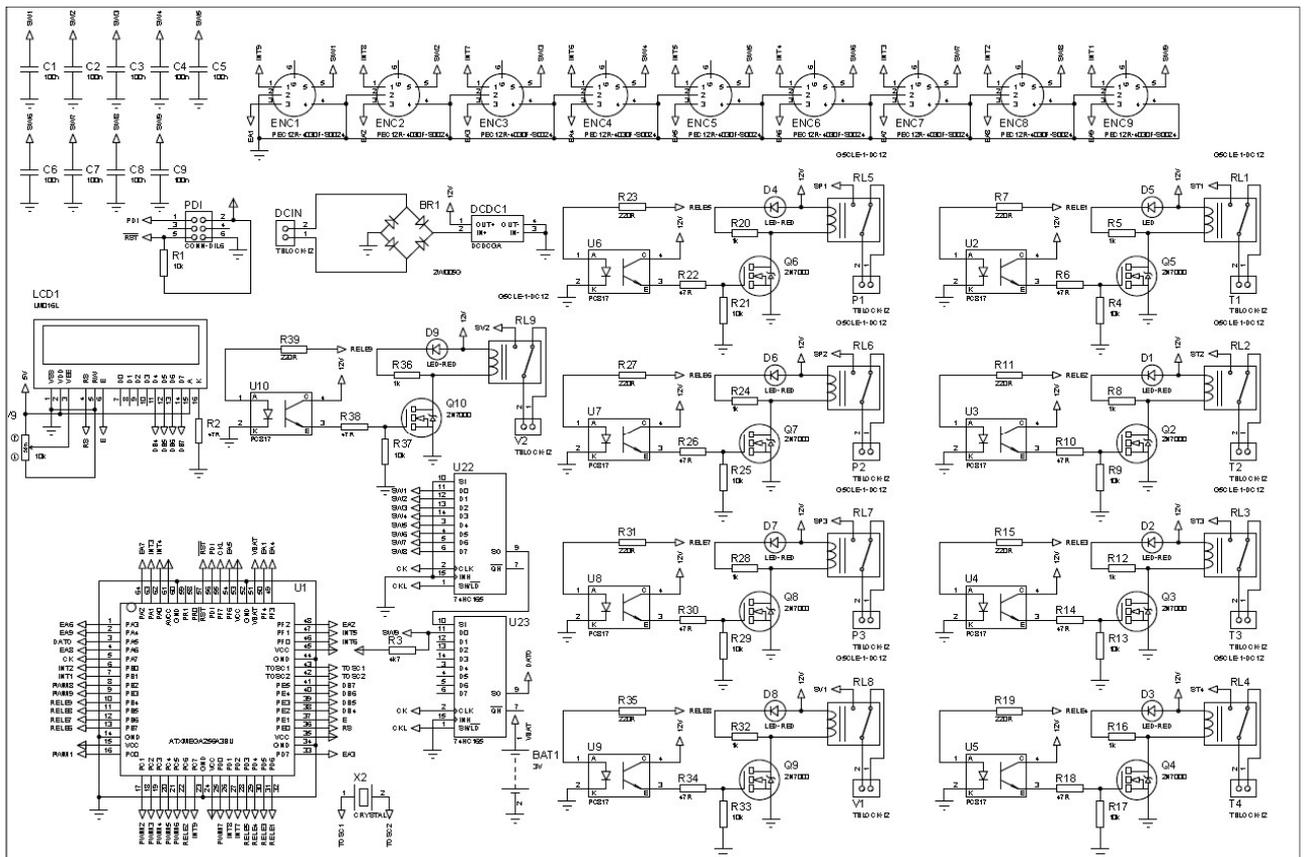


Figura 95: Circuito de control y recolección de señales del simulador
Fuente: Walter Cruz

El ruteado de la tarjeta principal se lo realizo en el programa Proteus y se lo puede observar en la Figura 96.

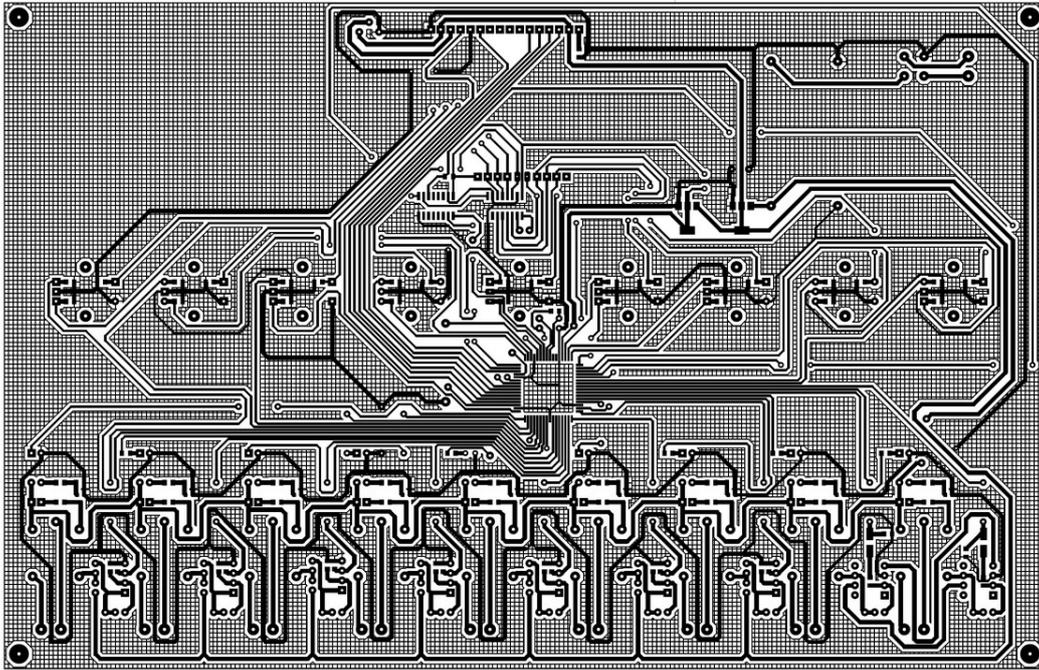


Figura 96: Ruteado de la tarjeta
Fuente: Walter Cruz

El software Proteus nos permite visualizar la apariencia final de la tarjeta como se muestra en la Figura 97.

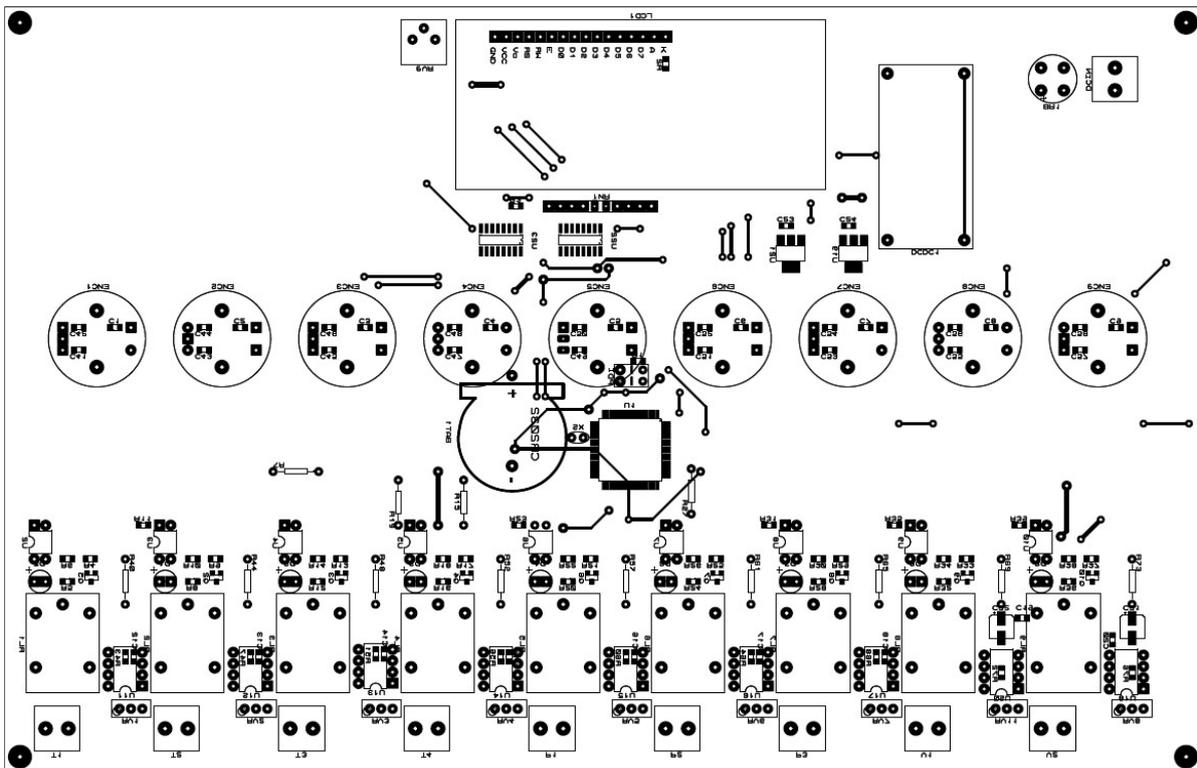


Figura 97: Apariencia final de la tarjeta
Fuente: Walter Cruz

Teniendo en consideración los componentes que conforman la placa y que deben estar bien distribuidos se protegerá a la tarjeta de simulación con una caja construida en acrílico, que al mismo tiempo también permitirá su montaje en la estructura del sistema simulador.

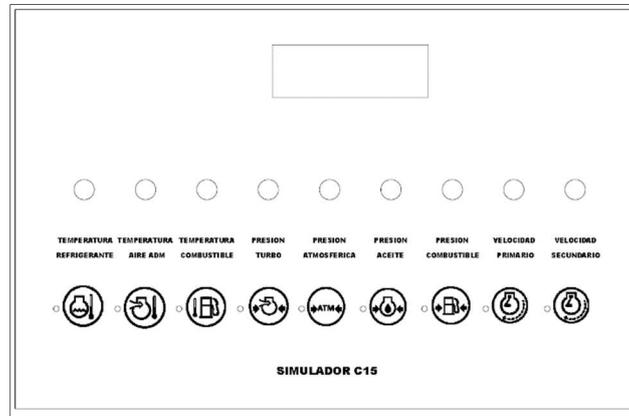


Figura 98: Caja de protección para tarjeta de simulación
Fuente: Walter Cruz

4.5.1. Diagrama de flujo.

En el diagrama de flujo representaremos gráficamente el algoritmo o proceso del simulador.

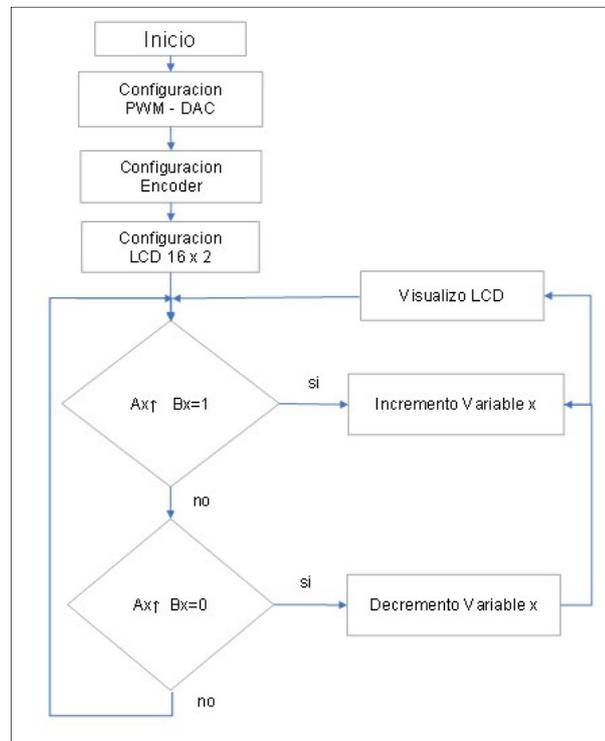


Figura 99: Diagrama de flujo
Fuente: Walter Cruz

4.5.2. Programación en BASCOM-AVR para el microcontrolador.

En esta etapa se programa el microcontrolador ATXMEGA256A3BU según los requerimientos que queremos mostrar en nuestro Control de Simulación, para que interactúe con el Sistema Simulador del motor C15 en general, es decir una programación para que cada uno de los encoders envíe la señal simulando a nuestra conveniencia diferentes rangos de operación de los sensores de motor y a su vez visualizar en el display instalado el voltaje que se está inyectado al ECM del motor C15.

Para la programación del microcontrolador se utilizó el software BASCOM-AVR, la programación del microcontrolador ATXMEGA256A3BU se la detalla en Anexos 8.

4.6. Comunicación

Para las comunicaciones entre el Modulo de Control de Motor del motor y panel de control EMCP se utilizará comunicación CAN propia de los dos módulos, Y con el fin de poder visualizar a través de la herramienta de servicio ET se adiciona comunicación en CDL y CAN hacia el conector de servicio, que permitirá que el grupo de Comunicación Adapter III, reconozca a los dos módulos del sistema y se pueda intercomunicar con ellos.

4.6.1. Configuración de la comunicación.

Debido a que los protocolos de comunicación ya están diseñados por el fabricante, nos limitaremos a cambiar las configuraciones de los respectivos módulos con la ayuda de la herramienta E.T.

CAPITULO V

5. CONSTRUCCION DEL SISTEMA SIMULADOR

Desde el punto de vista mecánico y electrónico, el sistema simulador del motor Caterpillar MEUI C15, está compuesto por una estructura metálica construida por planchas de aluminio en la cual van a ir colocados componentes como: fuente de alimentación, sujetadores plásticos, tarjetas electrónicas de simulación, sensores, actuadores, visores (EMCP 4.2), módulo de control (ADEM A4), harness, fuentes de voltaje, etc.

Teniendo en cuenta el tamaño de los componentes y una vez realizados los diseños de la estructura y eléctrica del simulador, iniciaremos con la construcción de la estructura metálica, para luego dar paso a la colocación de los componentes que conforman el sistema simulador.

5.1. Construcción de la Estructura Metálica

Como se conoce, este modelo está elaborado con planchas de aluminio de 2 mm de espesor, según las dimensiones del modelo, se requiere de dos planchas de 1.22 x 2.44 mts.



Figura 100: Planchas de aluminio para estructura de simulador

Fuente: Walter Cruz

Las planchas son enviadas a cortar y doblar en frío, para no dañar las propiedades del material. Este proceso también ayudara a dar mayor robustez a la estructura, para la unión de los dobleces y juntas de los refuerzos y bisagras se necesitan una longitud de 250 mm de soldadura. El plano completo para el cortado y doblado se lo puede apreciar en Anexos 9.

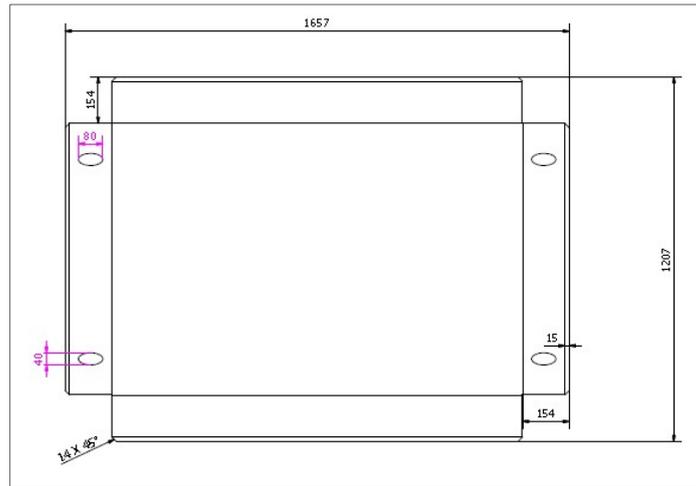


Figura 101: Planos de corte y doblado de la estructura
Fuente: Walter Cruz

Bajo el dibujo del plano se realizan los cortes en las planchas de aluminio y doblan para dar forma a las estructuras del simulador.



Figura 102: Proceso de doblado de la estructura metálica
Fuente: Walter Cruz

Una vez que tenemos los cortes deseados empezamos el proceso de soldado de las uniones y refuerzos de las estructuras.



Figura 103: Proceso de suelda de la estructura
Fuente: Walter Cruz

Al tener las dos secciones de la estructura terminadas, unimos con bisagras del mismo material y soldadas a la estructura, complementamos colocando accesorios tales como gomas alrededor de los agujeros que serán usados como sujetadores, el fin de las gomas será evitar cortes en las manos al momento de manipular la estructura.



Figura 104: Instalación de bisagras y gomas
Fuente: Walter Cruz

Seguros tipo de presión retráctil que permitirán una mayor calidad, seguridad y comodidad de cierre y apertura entre las dos secciones de la estructura, el seguro del medio está dotado de seguridad con llave y restringir el interior del sistema.



Figura 105: Seguros de apertura y cierre de la estructura
Fuente: Walter Cruz

Como último de la construcción de la estructura, se instalan ruedas industriales de goma con capacidad cada rueda de soportar un peso de hasta 80kg esto facilitara la movilización del sistema a donde se lo requiera, también se consideró que posean freno para que la base permanezca de forma estable cuando de requiera trabajar sobre ella.



Figura 106: Complementos de estructura
Fuente: Walter Cruz

Se utilizó las imágenes seleccionadas, se las imprimió en material de alta resistencia transparente con protección superficial de vinil, esto ayudara a la conservación de las imágenes del simulador y evitar daños en su manipulación.



Figura 107: Colocación de impresiones en estructura
Fuente: Walter Cruz

Una vez pegadas las imágenes del motor C15 a los dos lados de la estructura se pudo marcar los sitios exactos en donde van a ir montados los componentes, se realiza varios cortes y agujeros para la instalación de los sensores, módulos, harness, fuente de potencia, caja de control de simulación, etc.

5.2. Construcción del Control de Simulación.

El diseño debidamente ruteado y organizado de la tarjeta del simulador se lo realizo en el software Proteus, se imprime en una hoja térmica a escala real, se prepara la baquelita para con la ayuda de una plancha de calor quede impreso el circuito a crear.

Se colocó la baquelita en ácido para que revele el circuito en el cual vamos a trabajar, se realizan los respectivos agujeros donde van a ir montados los componentes.



Figura 108: Construcción de la tarjeta
Fuente: Walter Cruz

Se instala y suelda los diferentes componentes electrónicos en su posición respectiva tal como nos indicó el software.

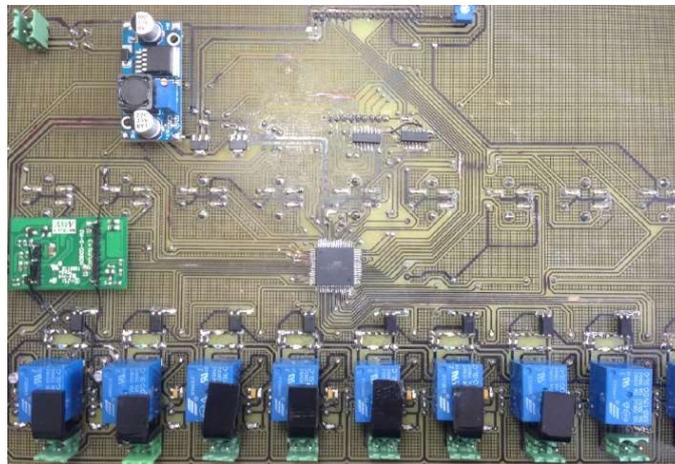


Figura 109: Instalación y suelda de componentes electrónicos
Fuente: Walter Cruz

Concluida la construcción de la tarjeta de simulación, se realizó el diseño y construcción de una caja en material acrílico, esta caja nos permitirá proteger a la tarjeta electrónica, instalarla en la estructura principal del sistema simulador y nos permitirá identificar en el caso de los encoders a que sensor pertenece respectivamente. Esta caja será construida en un proveedor que utiliza el corte y grabado en láser.



Figura 110: Construcción de caja para tarjeta de simulación
Fuente: Walter Cruz

Insertamos la tarjeta electrónica dentro de la caja de acrílico, aseguramos con tornillos para que pueda ser en caso necesario de fácil desmontaje, y tenemos listo el control de simulación listo para ser montado en la estructura principal del sistema simulador.

5.3. Componentes del Sistema Simulador.

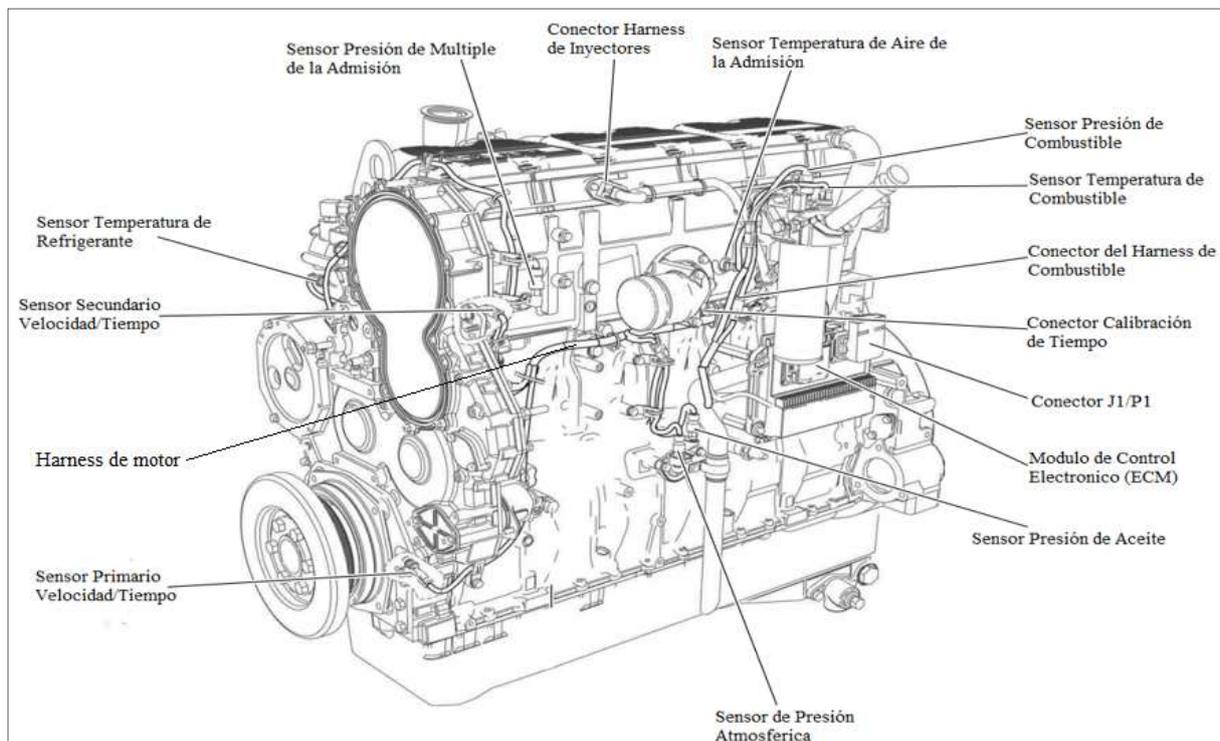


Figura 111: Vista de componetes del motor C15
Fuente: <https://sis.cat.com>

En la Figura 111 podemos observar los componentes que conforman el sistema electrónico del motor C15, bajo el principio de mantener la mayor similitud posible entre sistema didáctico y el motor C15 se mantendrá la ubicación física en la que está instalada en el motor. A esto debemos agregar el resto de componentes eléctricos que conforman el

sistema simulador como; la fuente de alimentación principal, la caja de fusibles y relés, el control de simulación, el panel de control etc.

Describimos a continuación cada uno de los componentes que están instalados en el sistema didáctico, sus características, identificación de los cables a los que están conectados y función que cumplen.

5.3.1. Sensor Temperatura de la Admisión.

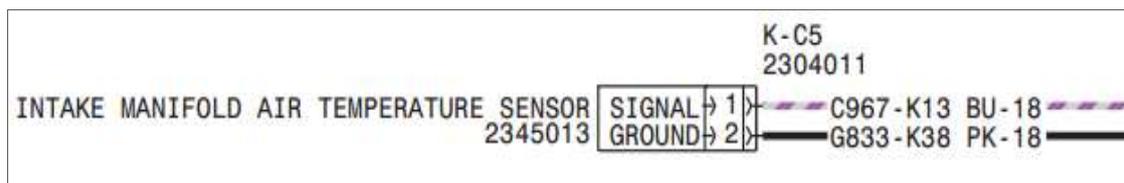


Figura 112: Diagrama del sensor de temperatura de la admisión

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sensor de temperatura del aire de admisión mide la temperatura del aire de admisión y envía la señal al Módulo de Control Electrónico (ECM) para que vigile dicha señal. El ECM puede indicar el aumento de temperatura del aire de admisión por medio de un relé o una luz. Si el voltaje de señal del sensor de temperatura del aire de admisión excede los 4,9 VDC durante ocho segundos, El ECM indicara la temperatura del aire de admisión como dato no válido y utilizara una temperatura predeterminada de 185 °F. El sensor de temperatura de la admisión no hará que el motor se detenga ni que se produzca un cambio de potencia.

Tabla 18: Características del sensor de temperatura de la admisión

Sensor de Temperatura de Aire de la Admisión.	
Nº de Parte	234-5013
Tipo	Pasivo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Cable de harness N°1	C967-K13 BU-18
Cable de harness N°2	G833-K38 PK-18
Cable de harness N°3	n/a
Códigos de falla	CID 172 FMI 04 CID 172 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.2. Sensor de Presión de Múltiple de Admisión.

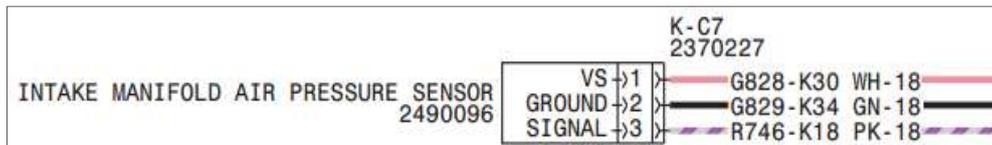


Figura 113: Diagrama del sensor de presión del múltiple de admisión

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sensor de presión de múltiple de admisión es el encargado de medir la presión de aire de admisión, el ECM procesa la información y controla la inyección de acuerdo a los requerimientos. El ECM puede indicar una baja presión a través de código de falla y disminuyendo la potencia del motor. Con una velocidad del motor de cero rpm, el voltaje de señal para el sensor de presión de salida del turbocompresor excede los 4,95 VDC durante al menos dos segundos. El ECM registra el código de diagnóstico e indica la presión de salida del turbocompresor como dato no válido. Se utiliza un valor predeterminado de 100 kPa (14,5 lb/pulg²).

Tabla 19: Características de sensor de presión de múltiple de admisión

Sensor de Presión de Múltiple de Admisión	
Nº de Parte	249-0096
Tipo	Activo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,5 A 4,95 VDC
Cable de harness N°1	G828-K30 WH-18
Cable de harness N°2	G829-K34 GN-18
Cable de harness N°3	R746-K18 PK-18
Códigos de falla	CID 273 FMI 04 CID 273 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.3. Sensor de Temperatura de Refrigerante.

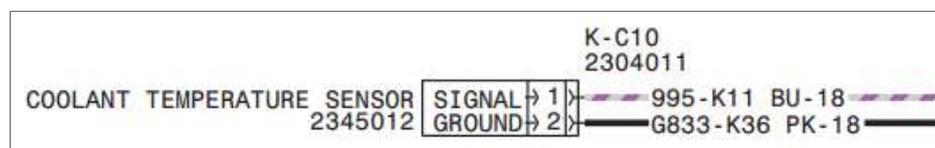


Figura 114: Diagrama del sensor de temperatura del refrigerante

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sensor de temperatura del refrigerante mide y en ocasiones controla la temperatura del refrigerante del motor. Esta función se utiliza para realizar el diagnóstico de los

sistemas del motor que tienen una salida proveniente del ECM. La salida del ECM puede indicar un aumento de temperatura del refrigerante por medio de un relé o de una luz.

El ECM detectará una falla en el sensor de temperatura del refrigerante. La luz de diagnóstico advertirá al operador acerca del estado del sensor de temperatura del refrigerante. Si se produce una falla, se desactivan las estrategias relacionadas con el sensor de temperatura del refrigerante. Aunque se produzca una falla en el sensor de temperatura del refrigerante, el motor no se detendrá, pero si puede ratear y sufrir una reducción de velocidad (rpm) o baja potencia.

Tabla 20: Características del sensor de temperatura de refrigerante.

Sensor de Temperatura de Refrigerante	
N° de Parte	256-6453
Tipo	Activo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Cable de harness N°1	995-K11 BU-18
Cable de harness N°2	G833-K36 PK-18
Cable de harness N°3	n/a
Códigos de falla	CID 110 FMI 04 CID 110 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.4. Sensor Primario Velocidad/Tiempo.

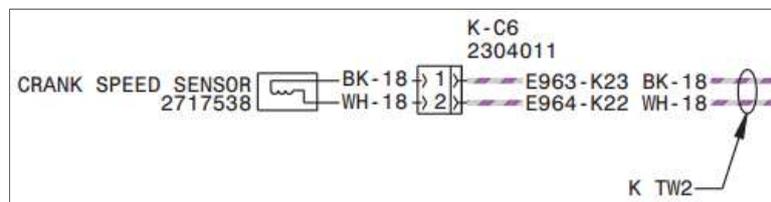


Figura 115: Diagrama de sensor primario velocidad/tiempo

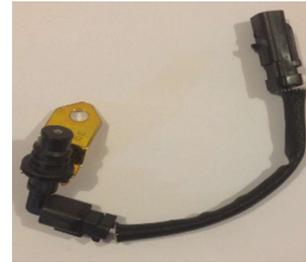
Fuente: <https://sis.cat.com>

La sincronización y velocidad del motor es controlado por el ECM a través del circuito de velocidad/sincronización que consta de dos sensores de velocidad/sincronización. Durante el arranque del motor, el ECM usa la señal de sincronización del sensor secundario de velocidad/sincronización, luego el ECM usa la señal de sincronización del sensor primario de velocidad/sincronización cuando la velocidad del motor es mayor que la velocidad arranque del motor.

Si el ECM no recibe una señal del sensor principal de velocidad/sincronización, el ECM leerá la señal del sensor secundario de velocidad/sincronización. El ECM realiza verificaciones constantemente para determinar si hay una señal proveniente de ambos sensores. La falla intermitente de los sensores puede producir el control irregular del motor.

Tabla 21: Características de sensor primario velocidad/tiempo

Sensor de Primario Velocidad/Tiempo	
Nº de Parte	271-7538
Tipo	Pasivo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Resistencia	110 a 200 Ohms
Cable de harness N°1	E963-K23 BK-18
Cable de harness N°2	E964-K22 WH-18
Códigos de falla	CID 190 FMI 02 CID 190 FMI 11 CID 261 FMI 13



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.5. Sensor Secundario de Velocidad/Tiempo.

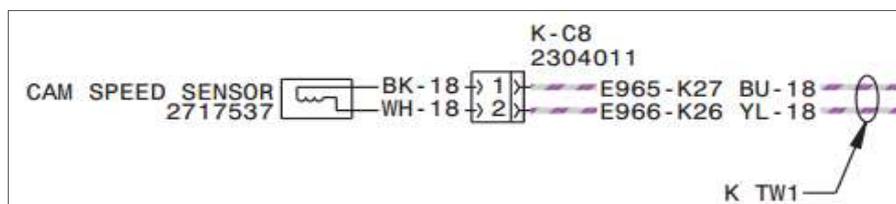


Figura 116: Diagrama de sensor secundario velocidad/tiempo

Fuente: <https://sis.cat.com>

El Módulo de Control Electrónico (ECM) detecta las siguientes condiciones:

- El motor ha estado arrancando durante tres segundos y no realiza la puesta en marcha del mismo.
- El patrón del anillo de sincronización del sensor primario de velocidad/sincronización del motor (posición del cigüeñal) se pierde sin que haya una reducción en la velocidad del motor (rpm).
- El patrón del anillo de sincronización regresa en menos de un segundo de haberse perdido.
- El voltaje de la batería es superior a 9 VDC durante los últimos dos segundos.

El ECM registrará el código de diagnóstico. El código de diagnóstico se puede observar en un módulo de visualización o en la herramienta electrónica de servicio. Cuando se produzca una falla en estos sensores ocasionara rateos del motor.

No debería haber un cambio notable en la respuesta del motor a menos que la señal del sensor primario de velocidad/sincronización del motor se pierda. La pérdida de las señales de ambos sensores de velocidad/sincronización parará el motor.

Tabla 22: Características de sensor secundario velocidad/tiempo

Sensor de Secundario Velocidad/Tiempo	
N° de Parte	271-7537
Tipo	Pasivo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Resistencia	1000 a 1200 Ohms
Cable de harness N°1	E965-K27 BU-18
Cable de harness N°2	E966-K26 YL-18
Códigos de falla	CID 342 FMI 02
	CID 342 FMI 11
	CID 261 FMI 13



Fuente: <https://sis.cat.com>
Elaborado: Walter Cruz

5.3.6. Sensor de Presión de Aceite de Motor.

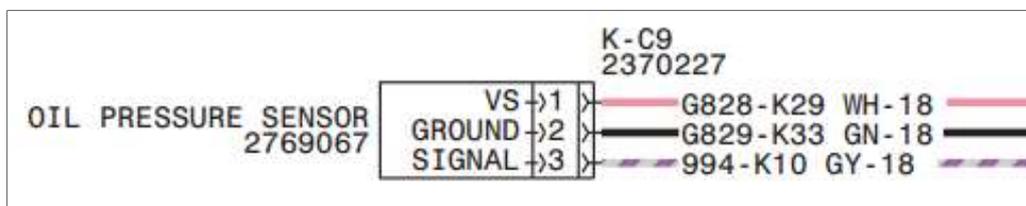


Figura 117: Diagrama de sensor de presión de aceite de motor
Fuente: <https://sis.cat.com>

El sensor de Presión de Aceite se encarga de monitorear la presión de funcionamiento del sistema de lubricación del motor, cuando el voltaje de señal del sensor de presión del aceite de motor está por encima de 4,8 VCC durante al menos ocho segundos, el Módulo de Control Electrónico registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la presión de aceite como dato no válido y se utiliza un valor predeterminado de 600 kPa (87 lb/pulg²). Se activará una alerta visual al operador y luego del tiempo programado el motor se detendrá.

Tabla 23: Características de sensor de presión de aceite de motor

Sensor de Presión de Aceite de Motor	
N° de Parte	274-6719
Tipo	Activo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Cable de harness N°1	G828-K29 WH-18
Cable de harness N°2	G829-K33 GN-18
Cable de harness N°3	994-K10 GY-18
Códigos de falla	CID 100 FMI 04 CID 100 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.7. Sensor de Presión de Combustible.

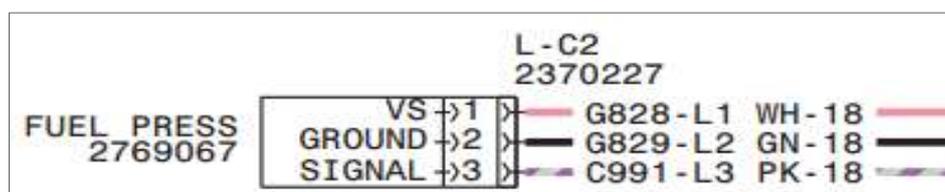


Figura 118: Diagrama de sensor de presión de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

La presión del sistema de combustible está controlada por este sensor, si se presenta una falla en su funcionamiento el ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM señala la presión de combustible como dato inválido y se usa un valor por omisión. No hay ningún efecto sobre el rendimiento solo se registrará el código para información.

Tabla 24: Características de sensor de presión de combustible

Sensor de Presión de Combustible	
N° de Parte	274-6719
Tipo	Activo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Cable de harness N°1	G828-L1 WH-18
Cable de harness N°2	G829-L2 GN-18
Cable de harness N°3	C991-L3 PK-18
Códigos de falla	CID 094 FMI 04 CID 094 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.8. Sensor de Temperatura de Combustible.

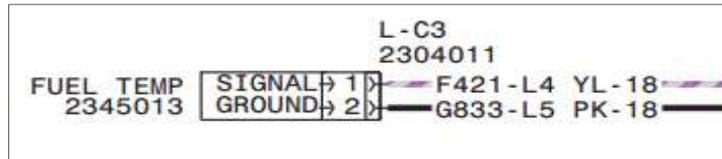


Figura 119: Diagrama de sensor de temperatura de combustible

Fuente: <https://sis.cat.com>

El Sensor de Temperatura de Combustible se encarga de monitorear la temperatura del diésel que circula en el sistema, de encontrarse una condición anormal en el sensor no hay ningún efecto sobre el rendimiento del motor.

Tabla 25: Características del sensor de temperatura de combustible

Sensor de Temperatura de Combustible	
Nº de Parte	256-6453
Tipo	Pasivo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,8 VDC
Cable de harness N°1	F421-L4 YL-18
Cable de harness N°2	G833-L5 PK-18
Cable de harness N°3	n/a
Códigos de falla	CID 174 FMI 04 CID 174 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.9. Sensor de Presión Atmosférica.

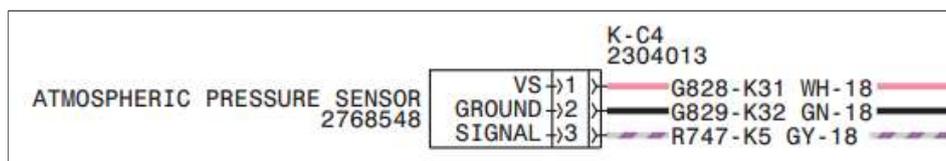


Figura 120: Diagrama de sensor de presión atmosférica

Fuente: <https://sis.cat.com>

El sensor de Presión Atmosférica es el encargado de indicar la presión atmosférica a la que va a trabajar el motor, los sensores pueden tener ligeras desviaciones de fabricación de su comportamiento nominal, de tal forma que la tensión que dan para una determinada presión no sea exactamente la que el ECM interpreta de su mapa de transformación. Esto se puede corregir calibrándolos. Para ello, con el motor parado y frío, sin presiones residuales, todos los sensores de presión deberán detectar la presión atmosférica, y la tensión que envíen debe ser la correspondiente a ésta. Si en ese momento calibramos le

estamos diciendo al control electrónico cuál es la transformación real presión- tensión de cada sensor, es decir, la desviación de su mapa de transformación respecto al estándar.

El ECM detecta las siguientes condiciones:

- La tensión de la señal del sensor de presión atmosférica es mayor que 4,95 VDC durante más de 30 segundos
- El ECM se ha encendido durante al menos dos segundos.

El ECM registrará el código de diagnóstico y el ECM se disparará una instantánea. El ECM será por defecto 100 kPa (15 psi) para la presión atmosférica.

Tabla 26: Características de sensor de presión atmosférica

Sensor de Presión de Atmosférica	
Nº de Parte	274-6717
Tipo	Activo
Voltaje de Alimentación	5 VDC
Voltaje de Señal	0,2 A 4,95 VDC
Cable de harness N°1	G828-K31 WH-18
Cable de harness N°2	G829-K33 GN-18
Cable de harness N°3	R747-K5 GY-18
Códigos de falla	CID 274 FMI 04 CID 274 FMI 03



Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.10. Harness de Motor.



Figura 121: Harness de motor

Fuente: Walter Cruz

El harness es un conjunto de cables y conectores, protegidos por una membrana que evita daños por condiciones externas y temperaturas de operación del propio motor. Se encarga de transportar de manera segura las señales y voltajes del Módulo de Control Electrónico hacia los componentes de entrada y salida.

Para la construcción del sistema simulador, se considera el harness que lleva el motor industrial Caterpillar C15 con número de parte 276-4752, al ser un a harness que no lleva blindaje de trabajo extra pesado (heavy duty) y componentes adicionales será el idóneo para el uso en el simulador. En la Figura 122 se puede apreciar la estructura básica del harness y sus respectivos conectores.

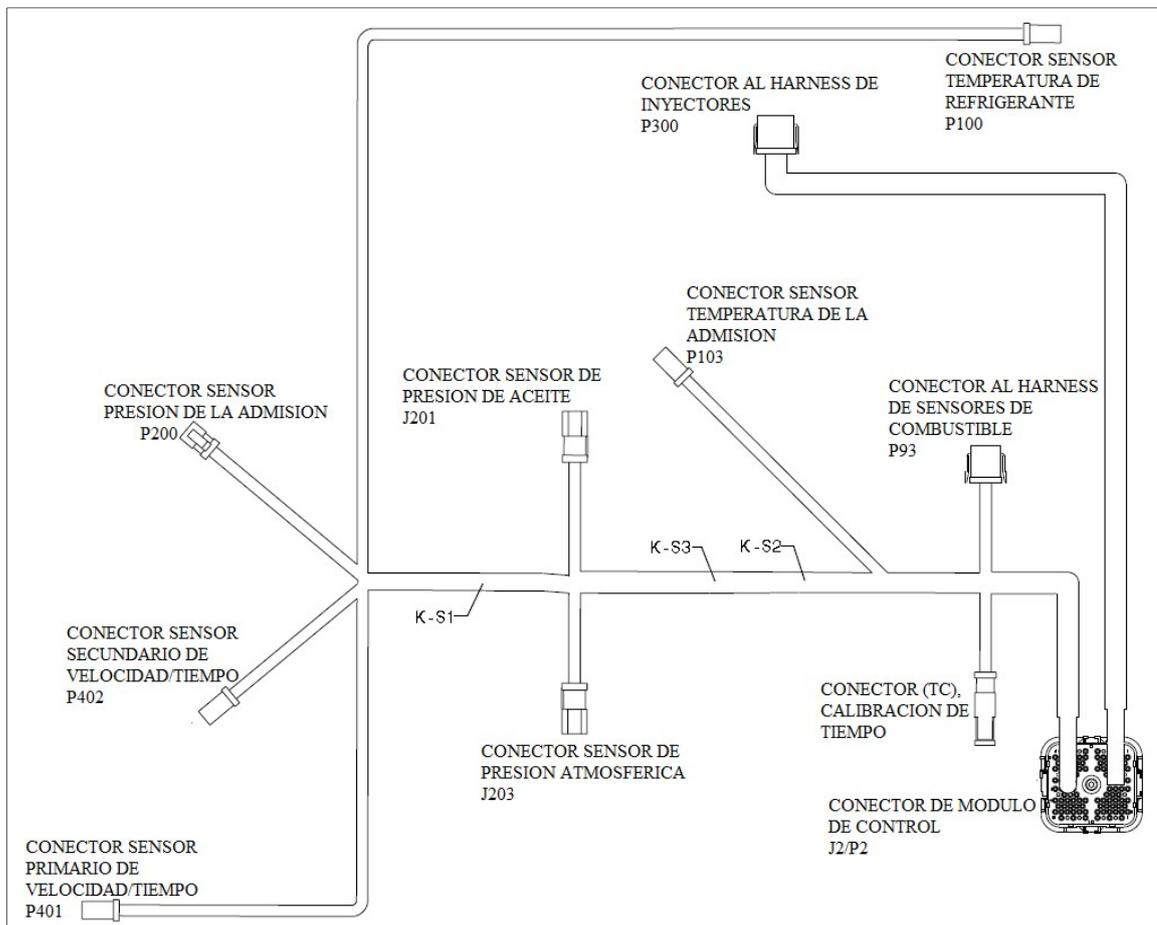


Figura 122: Estructura de harness de motor C15

Fuente: <https://sis.cat.com>

Para la medición de la temperatura y presión de combustible, existe una harness adicional que se conecta al harness principal, de igual manera a través de este se enviara las señales que interpreten los sensores de combustible al harness principal y este enviara al ECM. Este harness posee las mismas características de protección del harness de motor.

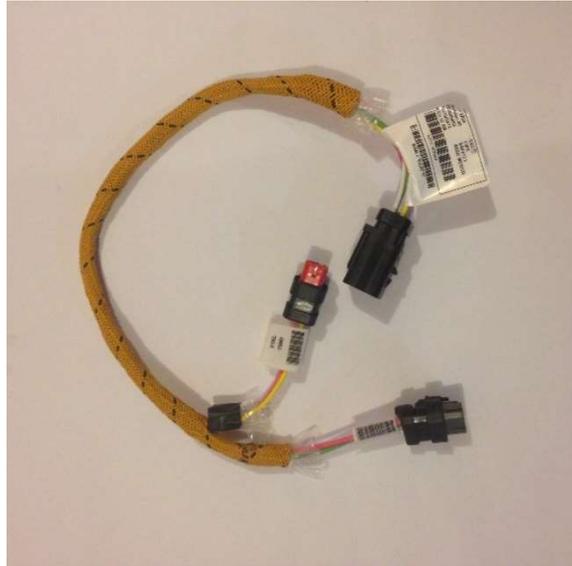


Figura 123: Harness de sensores de combustible
Fuente: Walter Cruz

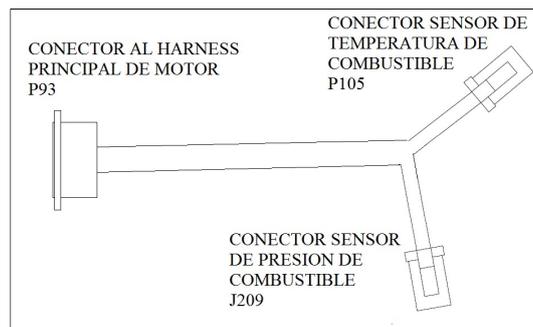


Figura 124: Estructura de harness de sensores de combustible
Fuente: <https://sis.cat.com>

Los dos harness están conformados por varios cables de diferentes colores, para identificar los cables con once colores sólidos. La Tabla 28 indica los colores de los cables y los códigos de colores.

Tabla 27: Códigos de colores de cables

Códigos de colores para el harness de motor			
Código de color	Color	Código de color	Color
BK	Negro	GN	Verde
BR	Marrón	BU	Azul
RD	Rojo	PU	Purpura
OR	Naranja	GY	Gris
YL	Amarillo	WH	Blanco
		PK	Rosa

Fuente: <https://sis.cat.com>
Elaborado: Walter Cruz

El número del circuito se estampa en el cable cada 1 pulgada. El tamaño del cable seguirá al color del cable, el tamaño o calibre del cable se denomina AWG (American Wire Gauge). AWG es una descripción del diámetro del cable. Por ejemplo, un código de 150-OR-14(Naranja) en el diagrama significaría que el cable naranja en el circuito 150 es un cable con un calibre 14 AWG. Si no se indica el calibre del cable, el cable es de 16 AWG. Podemos observar en la Figura 125 como identificaremos en el diagrama a los diferentes cables y componentes del harness de motor.

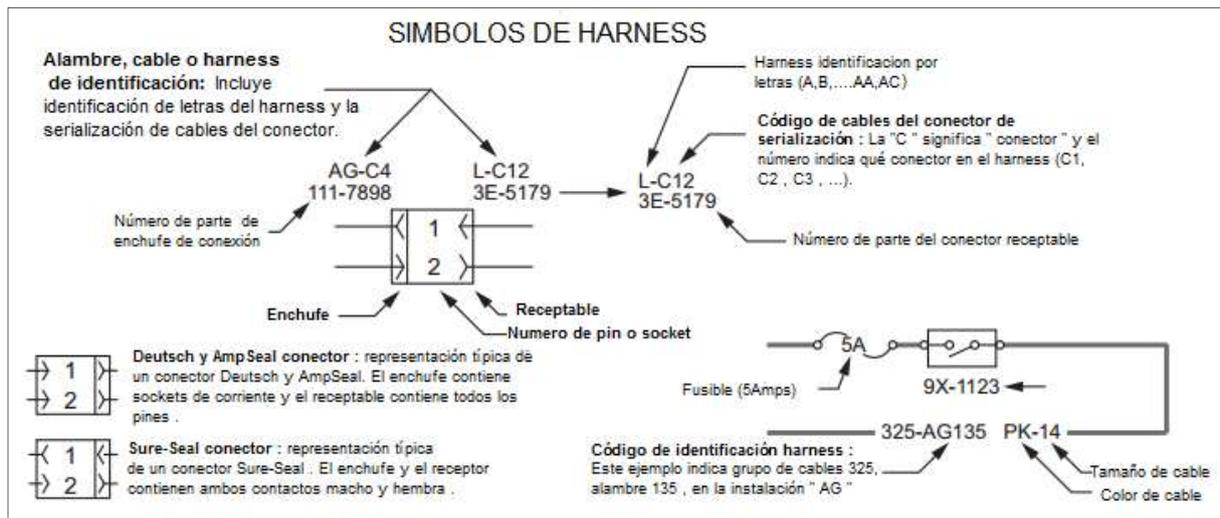


Figura 125: Identificación de componentes de harness
Fuente: <https://sis.cat.com>

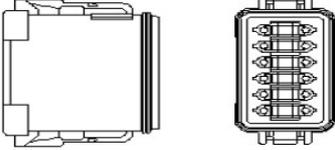
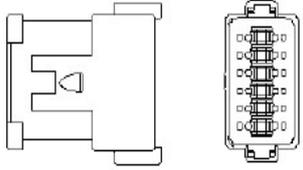
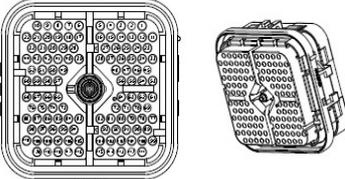
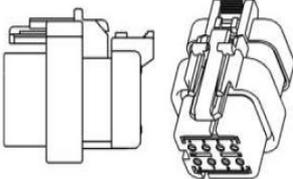
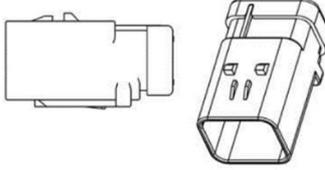
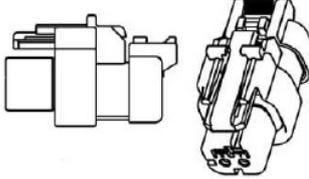
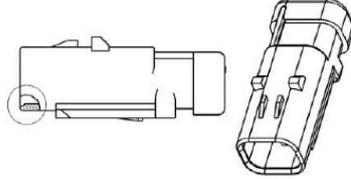
5.3.11. Conectores Eléctricos.

Como su nombre lo indica, los conectores cumplen la función de conectar los diferentes componentes electrónicos del sistema, los conectores deben reunir ciertas condiciones como, la de permitir una conexión impermeable que no permita el ingreso de humedad, aire o polvo a los pines o sockets que son metálicos y podrían ocasionar corrosión de los mismos.

Los conectores deben soportar las vibraciones y no permitir desconexiones entre sus elementos, además de asegurar una conexión respectiva a cada una de las diferentes señales, asegurando que no haya intercambio en las mismas.

A continuación, separados en dos grupos y expuestos en las Tablas 29 y 30, detallaremos las características de los conectores que son usados en el desarrollo del sistema simulador:

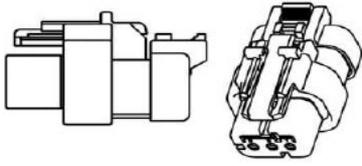
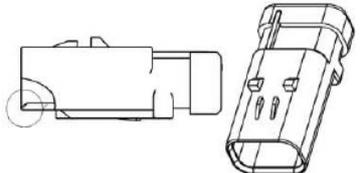
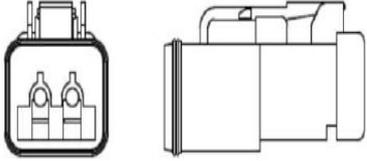
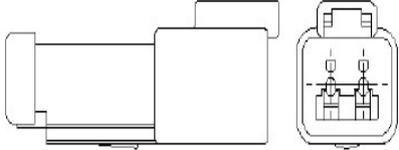
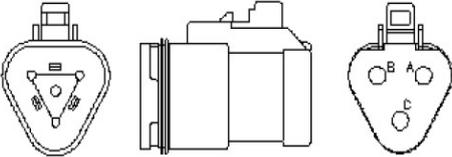
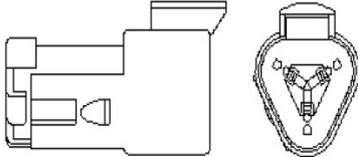
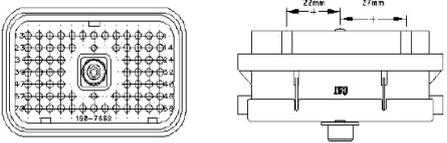
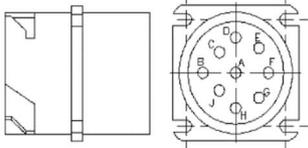
Tabla 28: Características de conectores

Numero de Parte:	155-2255	
Marca:	Deutsch	
Tipo:	DT06-12s	
Descripción:	12 pines, conexión de los inyectores hacia el harness principal	
Numero de Parte:	102-8801	
Marca:	Deutsch	
Tipo:	DT04-12P	
Descripción:	12 sockets, conexión del harness principal a los inyectores	
Numero de Parte:	264-5732	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	120 sockets, conexión del harness al ECM	
Numero de Parte:	281-3388	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	8 sockets, conexión de harness principal a harness de filtro de combustible	
Numero de Parte:	281-3392	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	8 pines, conexión de harness de combustible a harness principal	
Numero de Parte:	240-7874	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	2 sockets, conexión de harness principal a sensores con conexión AmpSeal	
Numero de Parte:	281-3116	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	2 pines, conexión de sensores a harness principal	

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

Tabla 29: Características de conectores

Numero de Parte:	240-7878	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	3 sockets, conexión del harness a sensores activos	
Numero de Parte:	281-3122	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	3 pines, conexión de harness a sensores activos	
Numero de Parte:	331-4226	
Marca:	Deutch	
Tipo:	DT06-2S	
Descripción:	2 sockets, conexión de harness principal a sensores con conexión AmpSeal	
Numero de Parte:	102-8802	
Marca:	Deutch	
Tipo:	DT04-3P	
Descripción:	2 pines, conexión de sensores a harness principal	
Numero de Parte:	174-3016	
Marca:	Deutch	
Tipo:	DT06-3S	
Descripción:	3 plugs, conexiones a diferentes componentes	
Numero de Parte:	102-8803	
Marca:	Deutch	
Tipo:	DT04-3P	
Descripción:	3 pines, conexión de sensores a harness principal	
Numero de Parte:	160-7689	
Marca:	AmpSeal	
Tipo:	Tyco	
Descripción:	70 plugs, conexión a ECM	
Numero de Parte:	9W1951	
Marca:	Deutch	
Tipo:	HD10-9-96P-B009	
Descripción:	Conector Receptable	

Fuente: <https://sis.cat.com>

Elaborado: Walter Cruz

5.3.12. Módulo de Control Electrónico ADEM A4.



Figura 126: Módulo de control electrónico ADEM A4
Fuente: Walter Cruz

El Módulo de Control Electrónico ADEM A4 fue diseñado para controlar sistemas de inyección EUI, esto con la ayuda de un software de control, sensores y actuadores. Realiza el seguimiento de las condiciones de la máquina y del motor, al mismo tiempo que mantiene la operación del motor a un nivel máximo de eficiencia.

El ECM tiene los siguientes conectores: dos conectores del harness de 120 y 70 clavijas, un conector del harness del motor y un conector del harness del equipo respectivamente. El harness del equipo conecta el ECM del motor con el control del equipo.

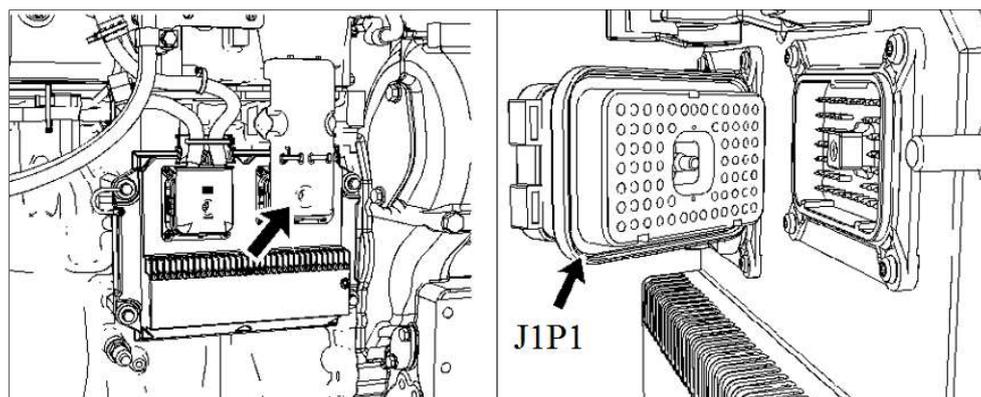


Figura 127: Conector del ECM al harness del control del equipo
Fuente: <https://sis.cat.com/>

El conector de harness de control del motor incluye algunos de los siguientes componentes; luz indicadora de estado del motor, luz de advertencia, velocímetro, tacómetro, solenoide del ventilador de enfriamiento, etc. En la Figura 128 podemos

apreciar el diagrama del conector de 70 pines identificado como J1P1, del ECM ADEM A4, donde se identifica los pines con sus respectivos números y conexiones.

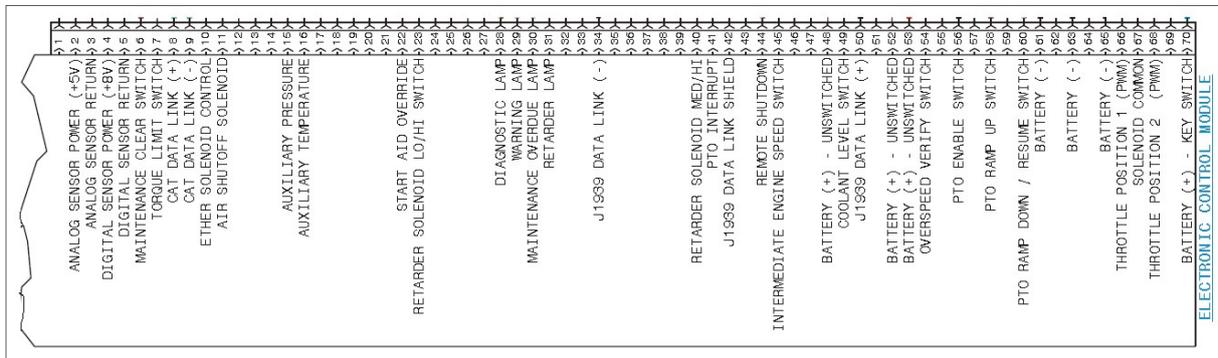


Figura 128: Diagrama de ECM, conector 70 pines
Fuente: <https://sis.cat.com/>

El diagrama nos permitirá identificar los pines donde se debe realizar las conexiones necesarias, para poder proporcionar de alimentación a los componentes, señales de información y tener comunicación para la herramienta Adapter III y E.T.

El harness del motor comunica al ECM del motor con los inyectores de motor, sensores de temperatura, presión y velocidad/tiempo, se encuentra al lado izquierdo del módulo, se lo reconoce por contar con 120 pines y está identificado como el conector J2P2.

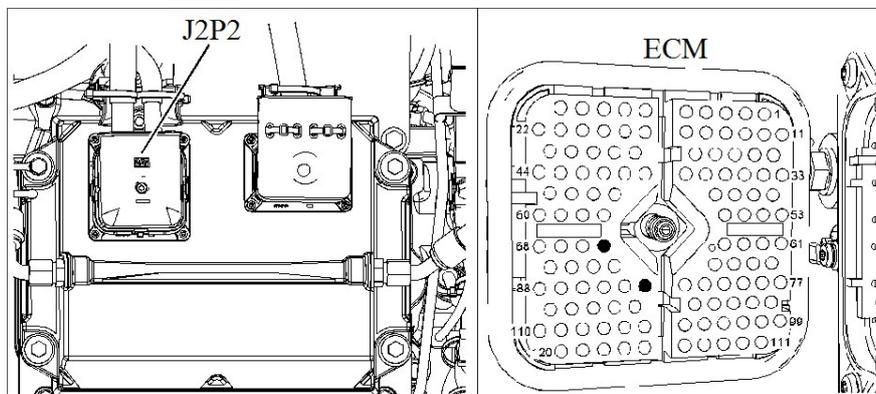


Figura 129: Conector del ECM al harness del motor
Fuente: <https://sis.cat.com/>

Como se hizo con el conector anterior, se indica el diagrama en la Figura 130 que nos permite identificar los pines respectivos del conector para las respectivas conexiones. Tendremos en cuenta que al ser uso el modelo de un motor C15 industrial, hay pines que quedaran deshabilitadas al no contar con accesorios que vienen configurados para algunas máquinas.

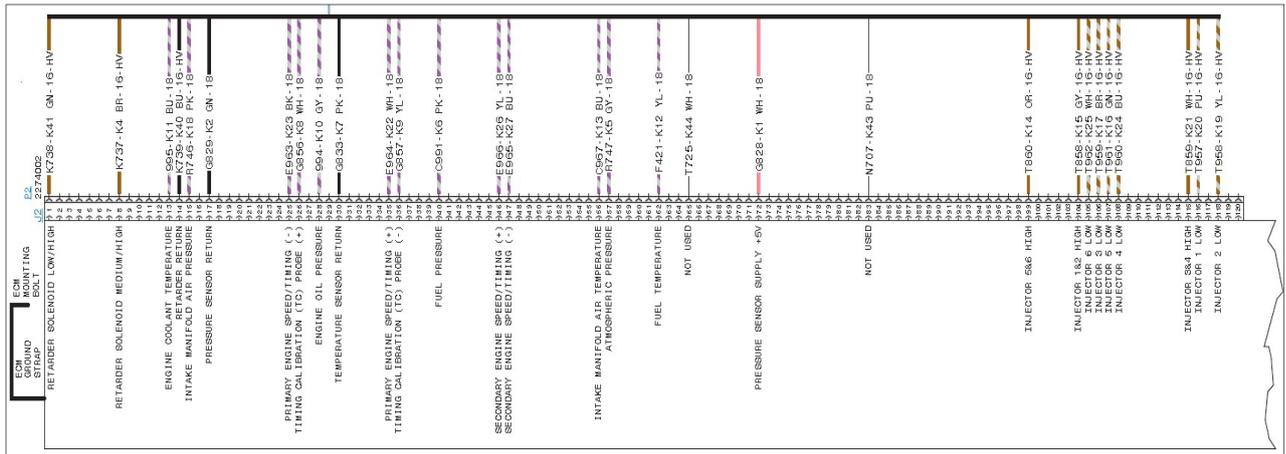


Figura 130: Diagrama de ECM, conector 120 pines
Fuente: <https://sis.cat.com/>

5.3.13. Panel de Control Electrónico EMCP 4.2.

El EMCP 4.2 permite funciones como la de medición de potencia, relés de protección para el motor y generador, funciones de control y seguimiento. Los controles del motor y el generador son accesibles a través de los teclados del panel de control y su monitor, donde podremos observar; diagnósticos y la información de funcionamiento del equipo en general.



Figura 131: Panel de control EMCP 4.2
Fuente: Walter Cruz

El EMCP 4.2 nos permitirá visualizar constantemente datos como; la temperatura de refrigerante, presión de aceite, velocidad del motor, voltaje de la batería, horas de funcionamiento y la supervisión del motor en general.

5.3.13.1.1. Características.

- Una pantalla de 33 x 132 pixeles, 3.8 pulgadas, pantalla denota gráficas alarma de texto / descripciones de eventos, puntos de ajuste, el motor y monitoreo generador, y es visible en toda la iluminación condiciones.
- Pantallas con soporte para 28 idiomas, incluidos los idiomas de caracteres como el árabe, chino y japonés.
- Supervisión del motor avanzada está disponible en los sistemas con un módulo de control electrónico del motor.
- Reloj en tiempo real permite de fecha y hora de diagnóstico y eventos en los registros del control, así como recordatorios de mantenimiento de servicios basados en horas de funcionamiento del motor o días naturales.
- Hasta 40 eventos de diagnóstico se almacenan en la no memoria volátil.
- Capacidad para ver y restablecer diagnósticos en EMCP 4.
- Los puntos de ajuste y software almacenados en no volátil la memoria, la prevención de pérdida durante un corte de luz.
- Modo de energía reducido ofrece un estado de bajo consumo de minimizar los requerimientos de energía de la batería.
- Tres niveles de seguridad permiten configurables privilegios de operador.
- Unidades seleccionables: Temperatura: ° C o ° F, Presión: psi, kPa, bar - Consumo de combustible: Gal / hr o litros / hora.

5.3.14. Fuente de alimentación Rainproof 24 VDC



Figura 132: Fuente de alimentación principal
Fuente: Walter Cruz

Para la alimentación del sistema simulador requerimos 24 VDC utilizaremos como fuente principal al modelo Rainproof. Describimos a continuación las principales características y diagrama de la fuente principal de voltaje:

5.3.14.1. Diagrama Esquemático de la Fuente de Alimentación.

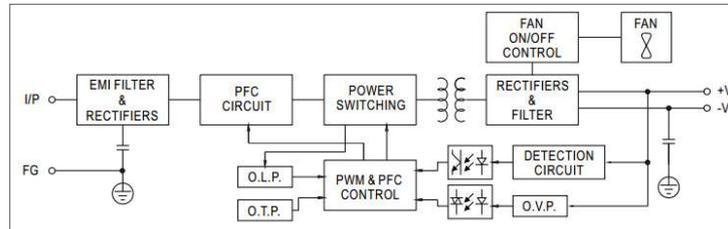


Figura 133: Diagrama de fuente de alimentación

Fuente: <http://www.mouser.com/ds/>

5.3.14.2. Características de la Fuente Principal.

Tabla 30: Características principales de la fuente de alimentación

Características principales de la fuente de alimentación	
Utilización:	Transformación de 110/220VAC a 24 DC
Alimentación y consumo:	88V a 264V AC
Rango de corriente AC:	3,6A/115VAC 1,8A/230VAC
Voltajes de salida DC:	24V DC
Rango de corriente DC:	0-10 A
Protección:	Potencia nominal de salida del 105-135%
Contra calentamiento:	Ventilador extractor interno
Eficiencia:	87%
Medidas de la fuente:	225 x 140 x 60 mm

Elaborado: Walter Cruz

Fuente: <http://www.mouser.com/ds/>

5.3.15. Control de Simulador.



Figura 134: Control de Simulador
Fuente: Walter Cruz

El Control de Simulador es el encargado de simular la operación del motor Caterpillar C15, entre sus características de trabajo encontramos que tiene la capacidad de variar los rangos de operación individualmente de cada uno de los sensores al momento de activar el respectivo encoder. Esto se logra al tener presionado por dos segundos el encoder se activará la luz led que indica el inicio de la simulación para la señal seleccionada, al girar el encoder podremos variar los parámetros de operación pudiendo llegar incluso a crear códigos de falla y eventos al ECM del motor.

No es necesario que todos los encoders estén activados, podemos ir encendiendo las señales según nuestras necesidades, para poder seleccionar un encoder de los activados es necesario presionar una vez sobre el encoder que se requiere manipular y tendremos el control del mismo.

El control de simulación requiere de una alimentación de 24 VDC para su funcionamiento, en la parte posterior de la tarjeta encontraremos los conectores que permiten enviar la señal a los diferentes sensores del motor C15, también se halla el conector para la alimentación del control.

5.4. Ensamblaje General de Sistema Simulador

Una vez que contamos con la estructura, los componentes eléctricos y electrónicos, fuente de alimentación y protección del sistema empezamos con el ensamblaje del sistema simulador. Empezamos a realizar las diferentes perforaciones cuidando de no causar daños a las impresiones. Instalamos el ECM del motor considerando el espacio encima del ECM de la impresión, se utiliza insuladores de silicón para el montaje los mismos que llevan en un motor físico real.

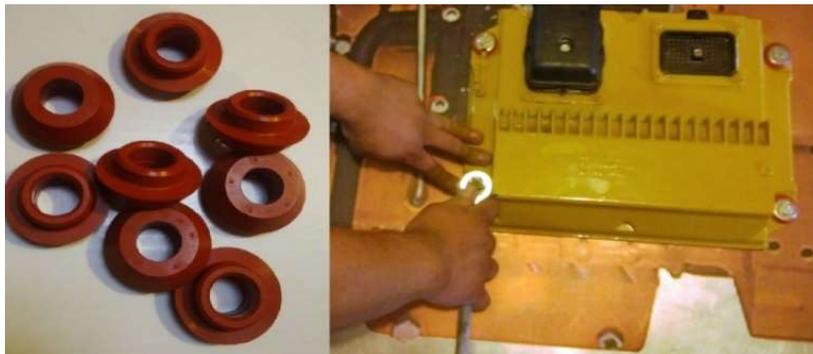


Figura 135: Instalación de ECM
Fuente: Walter Cruz

Instalamos los nueve sensores del motor en las posiciones respectivas que va cada uno, usamos diferentes componentes de sujeción por la parte posterior de la estructura teniendo en consideración los ajustes que recomienda el fabricante.



Figura 136: Instalación de sensores en simulador
Fuente: Walter Cruz

Colocamos el conector para la señal del harness hacia los inyectores, el conector para la herramienta de servicio, switch principal, cable de alimentación para la fuente principal.



Figura 137: Montaje de componentes de sistema
Fuente: Walter Cruz

Montados los sensores instalamos y conectamos el harness principal de motor y el harness del sistema de combustible, al tener conectores AmpSeal nos aseguramos de colocar los pestillos de seguridad respectivos.



Figura 138: Instalación y aseguramiento de harness de motor
Fuente: Walter Cruz

Para evitar daños y que los harness se puedan dañar, enganchar o al estar colgados y causen daño a los sensores y conectores, colocamos estratégicamente sujetadores fijos a la estructura del simulador y hacia ellos con la ayuda de amarras de nylon sujetamos todos los harness y cables del sistema, dejamos el espacio adecuado para hacer fácil la desconexión entre los sensores y las terminaciones de los harness.

Instalamos el panel EMCP 4.2, el Control de Simulador.



Figura 139: Instalación de panel EMCP y Control de Simulador

Fuente: Walter Cruz

En la parte interna de la estructura se prepara el resto de cableado (remache de sockets y pines), se realiza el montaje de la fuente principal de alimentación, los cables de comunicación entre los módulos electrónicos, los cables de señal entre el control del simulador y los sensores del motor.



Figura 140: Instalación de cableado interno

Fuente: Walter Cruz

CAPITULO VI

6. COMPROBACION Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA SIMULADOR

Para la operación del sistema simulador se debe comprobar el funcionamiento del sistema de alimentación, la comprobación del sistema de inyección electrónica MEUI, la comunicación de este último con el panel EMCP y las señales del simulador se lo realizara en conjunto, una vez comprobados realizaremos la puesta a punto del sistema y nos centraremos específicamente en el sistema MEUI, donde deberemos configurar y programar el módulo, también se deberá configurar el control EMCP del motor para la visualización de las fallas y funcionamiento general del equipo.

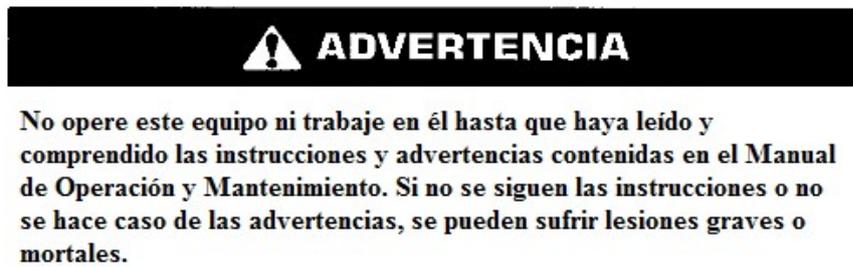


Figura 141: Advertencia antes de la operación del sistema
Fuente: <https://sis.cat.com/>

Para empezar las comprobaciones y puesta a punto del sistema simulador debemos considerar:

- Colocarse ropa adecuada de trabajo y equipo de seguridad personal antes de empezar la práctica.
- Contar siempre con una persona que cuente con el conocimiento suficiente en el sistema MEUI.
- Utilizar diagramas especializados del sistema MEUI.
- Verificar el voltaje de la fuente de alimentación principal.
- Colocar en posición los interruptores del tablero de diagnóstico en la posición de trabajo óptimo, es decir sin generar ningún fallo para el encendido sea el correcto.
- Poner en posición ON el simulador, para tener tensión en el sistema y comprobar todos los sistemas en el simulador.
- Contar con equipo adecuados para la comprobación y diagnóstico.

6.1. Instrumentos de comprobación y diagnóstico

Los instrumentos de comprobación y diagnóstico se utilizan para controlar o detectar fallas en el funcionamiento de los sistemas de inyección MEUI, poniendo de manifiesto las

posibles averías y códigos de falla, ayudando a diagnosticar de una forma rápida y con exactitud las causas de estas.

En la comprobación y puesta a punto del sistema se utilizará un multímetro de marca Fluke 87V que es el recomendado por Caterpillar para medir voltaje, amperaje, resistencia, porcentaje de trabajo, etc. además nos permite comprobar la continuidad en los circuitos eléctricos. Para la utilización del mismo debemos identificar las funciones del multímetro y seleccionar la que se necesite. Verificar el correcto funcionamiento del multímetro, así como sus escalas de medida.



Figura 142: Multímetro Fluke 87V
Fuente: Walter Cruz

Para realizar mediciones de voltaje debemos colocar el instrumento en paralelo a la fuente de voltaje. Si deseamos medir valores de resistencia, y de continuidad debemos desconectar toda fuente de voltaje ya que el circuito eléctrico puede sufrir daños.

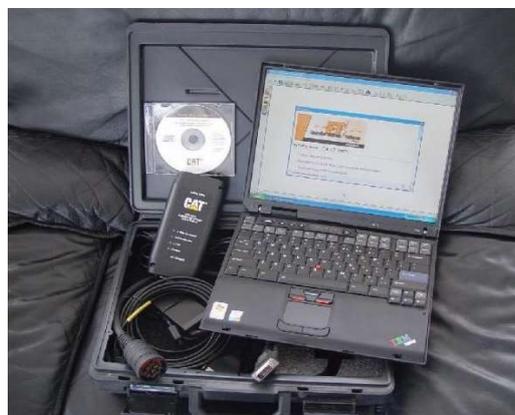


Figura 143: Adapter III y ET Caterpillar
Fuente: Google Imágenes

También contaremos con la herramienta de comunicación Adapter III y el software Caterpillar ET, al contar el ECM con la capacidad de detectar problemas del sistema electrónico y de la operación, cuando comprobemos o midamos los sensores se detectará un problema y se generará un código, comprobando así el funcionamiento del sistema MEUI.

6.2. Comprobación de alimentación al sistema en general.

La alimentación proporcionada por la fuente principal sea de 24VDC, verificamos a la salida de la fuente que el voltaje sea de 24VDC, una vez comprobado cerramos el paso del interruptor general del sistema y comprobamos el mismo voltaje a la entrada del ECM.

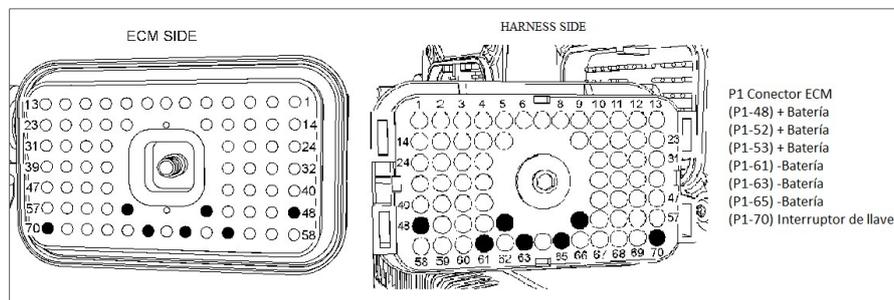


Figura 144: Comprobación de alimentación de 24VDC al ECM.

Fuente: <https://sis.cat.com/>

6.3. Configuración y comprobación del Módulo de Control Electrónico

La herramienta de servicio electrónica se puede usar para observar algunos parámetros que pueden afectar la operación del sistema simulador, se puede usar también para cambiar algunos parámetros. Los parámetros se almacenan en el Módulo de Control Electrónico (ECM). Algunos de los parámetros están protegidos contra cambios no autorizados por medio de contraseñas. Los parámetros que se pueden cambiar tienen un número indicador confidencial. El número de información de la modalidad confidencial nos indica si se ha cambiado un parámetro.

6.3.1. Programación Flash del ECM.

Es un método de programar o actualizar el archivo Flash del Módulo de control electrónico (ECM) de motor, usamos el Técnico Electrónico Caterpillar (ET) para realizar la programación Flash de un archivo en la memoria del ECM del motor.

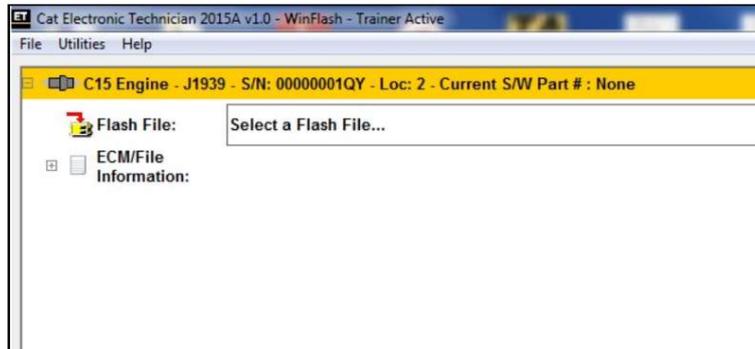


Figura 145: Programación archivo Flash
Fuente: Walter Cruz

Usamos la página <https://sis.cat.com/sisweb> para descargar el archivo Flash más actualizado que pertenece a la configuración del módulo que está instalado en el simulador, luego navegamos por la opción que nos da la herramienta ET y programamos el archivo Flash, verificamos que en la programación no salga el mensaje de realizado sin errores para confirmar la programación del archivo correctamente.

6.3.2. Contraseñas del Cliente.

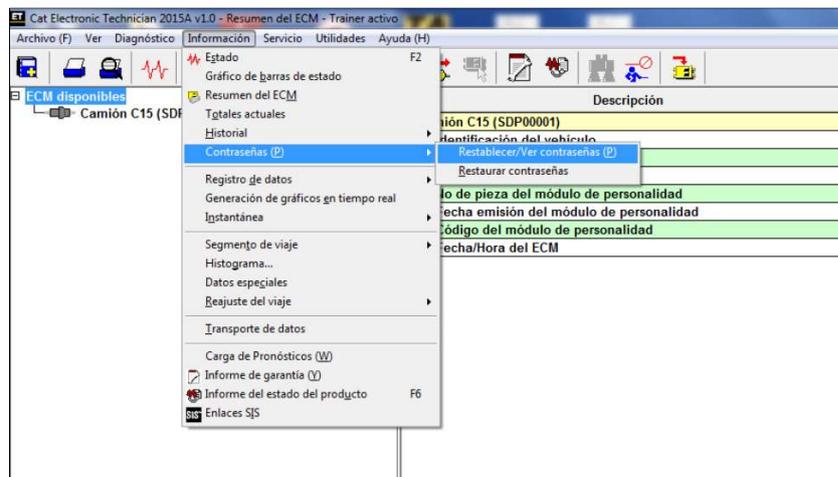


Figura 146: Contraseñas de cliente
Fuente: Walter Cruz

Las contraseñas del cliente se pueden usar para proteger los parámetros del cliente y evitar que se cambien. Con el ET de Caterpillar se puede usar para cambiar algunos parámetros. Hay algunos parámetros que no se puede cambiar y hay algunas aplicaciones que no permiten realizar cambios en el sistema. Las contraseñas se programan en el ECM con el Cat ET, si no se programan las contraseñas del cliente, cualquier persona puede cambiar los parámetros del cliente. Se requieren las contraseñas de fábrica para leer las

contraseñas del cliente. Para el ECM del sistema simulador no reemplazaremos los parámetros para no afectar el funcionamiento del mismo, solo verificaremos y reemplazaremos los que sean necesarios.

6.3.3. Parámetros de Configuración del Sistema.

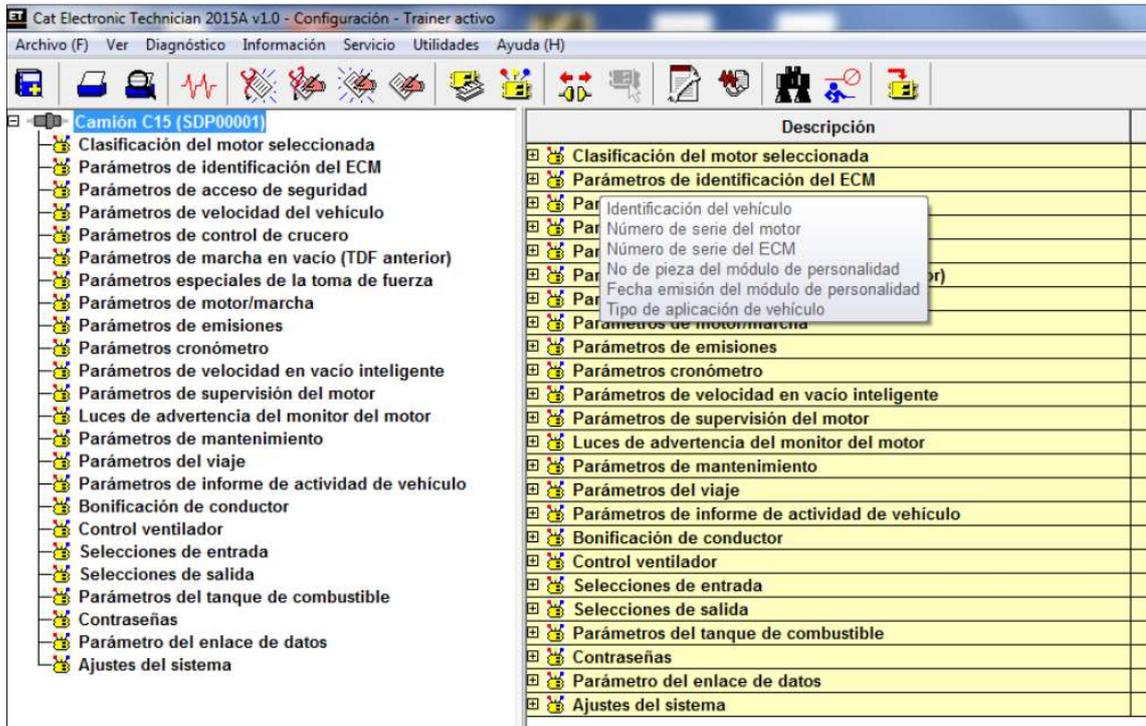


Figura 147: Parametros de configuración

Fuente: Walter Cruz

Los parámetros de configuración del sistema son parámetros que afectan las emisiones y la potencia de las aplicaciones del motor en forma real. Los valores por defecto para los parámetros se programan de fábrica. Algunos parámetros pueden ser modificados por el cliente para satisfacer las necesidades de la aplicación específica. Los parámetros de configuración del sistema constan de "Parámetros de selección del motor", "Parámetros de identificación del módulo de control electrónico (ECM)", "Parámetros de acceso de seguridad", "Parámetros de motor / engranaje", "Parámetros de configuración de E / S" y "Parámetros del sistema". Los "Parámetros de Identificación ECM" deben ser programados si se cambia el ECM y / o si se reprograma la clasificación del motor. Si se muestra un nuevo módulo de personalidad, no es necesario reprogramar los "Parámetros de Identificación ECM". Los valores adecuados para estos parámetros están disponibles en la

herramienta de servicio electrónico. Algunos parámetros de configuración también están estampados en la placa de información del motor.

6.3.3.1. Descripción de Parámetros.

- Configuración de calificación: La "Configuración de clasificación" está definida por los mapas de rendimiento del software.
- Potencia nominal del generador real: La potencia de salida del motor en kilovatios
- Potencia Aparente Nominal: La clasificación KVA del motor
- Número de calificación: El "Número de clasificación" corresponde al conjunto seleccionado de mapas de rendimiento para la aplicación. Este conjunto seleccionado de mapas de rendimiento proviene de varios conjuntos únicos de mapas que pueden residir en el archivo flash. El distribuidor y / o el OEM deberán seleccionar el nivel de clasificación apropiado, si hay más de un nivel de clasificación. El nivel de calificación es de A hasta la E.
- Número de serie del motor: Programe el "Número de serie del motor" para que coincida con el número de serie del motor que está estampado en la placa de información del motor. Si se sustituye el ECM, el número de serie del motor de la placa de información del motor debe programarse en el nuevo ECM.
- ID de equipo: "ID de equipo" permite al cliente introducir una descripción en el ECM para identificar el equipo. Se pueden introducir un máximo de 17 caracteres en el campo. Este parámetro es sólo para referencia del cliente. Este parámetro no es necesario.
- Número de pieza del módulo de personalidad: El "Número de pieza del módulo de personalidad" es el número de pieza en el sistema Caterpillar que indica la versión de software que reside actualmente en el ECM del motor.
- Fecha de publicación del módulo de personalidad: La "Fecha de publicación del módulo de personalidad" es la fecha de publicación del software en el módulo de personalidad.
- Número de serie ECM: El "número de serie ECM" se almacena en la memoria del ECM. El "número de serie ECM" se puede acceder mediante el uso de la herramienta de servicio.

- Total Contador: El parámetro "Total Contador" cuenta el número de cambios en los parámetros del sistema.
- Velocidad de ralentí baja (opcional): "Velocidad de ralentí baja" es la velocidad de funcionamiento mínima permisible para el motor.
- Velocidad de aceleración del motor: "Velocidad de aceleración del motor" es la velocidad de rampa máxima para alcanzar la velocidad deseada del motor.
- Caída de velocidad del motor: La "Velocidad de giro del motor" determina el cambio en la reducción de la velocidad del motor a plena carga de la velocidad del motor sin carga. La caída se puede ajustar para la estabilidad de los motores con diferentes velocidades de velocidad. "Velocidad del motor" permite al operador igualar la carga entre los motores que funcionan en paralelo.
- Factor de Ganancia del Gobernador: El "factor de ganancia del gobernador" es un parámetro que se utiliza para determinar la velocidad de respuesta del motor a una carga del motor.
- Factor de Estabilidad Mínima del Gobernador: El "Factor de Estabilidad Mínima del Gobernador" funciona para eliminar el error de velocidad en estado estacionario. El parámetro es utilizado por el ECM cuando el error de velocidad en estado estacionario es inferior a 20 rpm.
- Factor máximo de estabilidad del gobernador: El "Factor máximo de estabilidad del gobernador" funciona para eliminar el error de velocidad en estado estacionario. El parámetro es utilizado por el ECM cuando el error de velocidad en estado estacionario es mayor que 20 rpm.
- FLS (ajuste de carga completa): "FLS" es un número que representa el ajuste al sistema de combustible que se hizo en la fábrica para afinar el sistema de combustible. El valor correcto para este parámetro está estampado en la placa de información del motor. Se requieren contraseñas de fábrica.
- FTS (ajuste de par completo): "FTS" es similar a "FLS". Se requieren contraseñas de fábrica.
- Códigos Inyectores: es necesario explicar que los códigos de los inyectores no forman parte de la pantalla "Configuración" de la herramienta de servicio electrónico. La "Calibración de Códigos de Inyectores" se encuentra en "Calibraciones" en el menú "Servicio" de la herramienta de servicio electrónico.

El código del inyector es un número que se encuentra en cada uno de los inyectores de la unidad. El ECM utiliza este número para compensar las variaciones de fabricación entre los inyectores individuales. Si reemplaza cualquiera de los inyectores de la unidad, debe reprogramar el código para los inyectores nuevos. Además, si reemplaza el ECM, debe reprogramar todos los códigos del inyector.

- Contraseña del cliente # 1: Este parámetro permite al cliente bloquear ciertos parámetros introduciendo una contraseña. Las contraseñas de cliente deben utilizarse para desbloquear cualquier parámetro que esté protegido por contraseñas de cliente antes de que se pueda cambiar el parámetro. Las contraseñas de fábrica son necesarias si se pierde esta contraseña.
- Contraseña de cliente # 2: Este parámetro permite al cliente bloquear ciertos parámetros introduciendo una contraseña. Las contraseñas de cliente deben utilizarse para desbloquear cualquier parámetro que esté protegido por contraseñas de cliente antes de que se pueda cambiar el parámetro. Las contraseñas de fábrica son necesarias si se pierde esta contraseña.

6.4. Comprobación del sistema de inyección MEUI

Al realizar las comprobaciones del sistema MEUI debemos tomar en consideración que tenemos un sistema simulador conmutado, que nos permite simular el funcionamiento real del motor C15 y generar fallas al funcionamiento.

Descripción	Valor	Unidad	Min	Máx
C15				
Velocidad del motor	773	rpm	773	773
Temperatura del aire de admisión	40	°F	40	40
Temperatura del combustible	99	°F	99	99
Temperatura del refrigerante del motor	153	°F	153	153
Presión de aceite del motor	54	psi	54	54
Presión de combustible	Sin instalar	psi		
Presión de refuerzo	0.9	psi	0.9	0.9
Presión atmosférica	15	psi	15	15

Figura 148: Comprobación de sistema MEUI

Fuente: Walter Cruz

Usamos la herramienta de comunicación Adapter III y el software de diagnóstico y monitoreo Caterpillar ET para conectarnos con el sistema simulador y comprobar el funcionamiento del ECM, de los sensores y actuadores. Para la medición de valores de los sensores, voltajes y señales utilizaremos el multímetro.

6.4.1. Comprobación del Sistema de Voltaje al ECM.

6.4.1.1. *Sistema de Voltaje intermitente o errático – MID 036 CID 0168 FMI 02.*

- Condiciones que generan este código: Mientras el motor está funcionando, el voltaje de la batería cae por debajo de 9 VDC intermitentemente, o el voltaje de la batería cae por debajo de 9 VDC tres veces en un período de siete segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar y / o apagarse

6.4.2. Comprobación de las Comunicaciones del enlace de datos J1939.

6.4.2.1. *Comunicaciones del enlace de datos J1939 MID 036 CID 0247 FMI 09.*

Condiciones que generan este código: El Módulo de Control Electrónico (ECM) ha detectado una pérdida de comunicaciones con el enlace de datos J1939. Se debe asegurar de que todos los archivos Flash en el sistema de control sean actuales.



Figura 149: Comprobación enlace de datos
Fuente: Walter Cruz

Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El motor puede no funcionar correctamente o el equipo puede no tener control de la velocidad del motor.

6.4.3. Comprobación a la fuente de alimentación para sensores de 5VDC.

6.4.3.1. Fuente de alimentación para sensores de 5VDC abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0262 FMI 03.

- Condiciones que generan este código: El nivel de voltaje de la fuente de 5 voltios es superior a la normal.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. El ECM señala todos los sensores de 5 voltios como datos no válidos y se utilizan los valores predeterminados respectivos.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede experimentar baja potencia.

6.4.3.2. Fuente de alimentación para sensores de 5VDC en corto a tierra – MID 036 CID 0262 FMI 04

- Condiciones que generan este código: La tensión de alimentación del sensor de 5 voltios cae por debajo de la normal.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registra el código de diagnóstico. El ECM señala todos los sensores de 5 voltios como datos no válidos y se utilizan los valores predeterminados respectivos.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede experimentar baja potencia.

6.4.4. Comprobación de Parámetros Programables.

6.4.4.1. Comprobar parámetros programables – MID 036 CID 0268 FMI 02

- Condiciones que generan este código: El Módulo de Control Electrónico (ECM) detecta que uno o más de los parámetros programables no han sido programados.
- Respuesta del sistema: El código de diagnóstico no se registra. Los parámetros no programados se ajustan al valor predeterminado. El rendimiento del motor puede verse afectado. Esto depende de los parámetros no programados.
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia

En la siguiente sección vamos a comprobar los sensores de temperatura del sistema, están conformados por sensor de temperatura de la entrada de la admisión, refrigerante y de combustible. Tomamos en cuenta que la señal del sensor para estos sensores pasivos se dirige al terminal 1 de cada conector del sensor. El retorno analógico para los sensores pasivos se encamina desde el ECM al terminal 2 de cada conector del sensor.

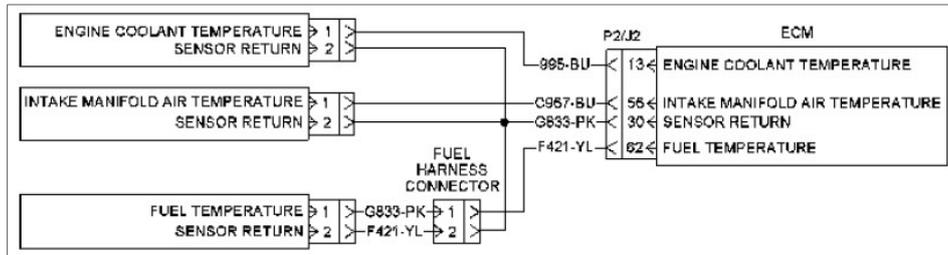


Figura 150: Diagrama para comprobación de sensores de temperatura

Fuente: <https://sis.cat.com/>

En el conector del ECM y del harness del motor los encontramos de la siguiente manera:

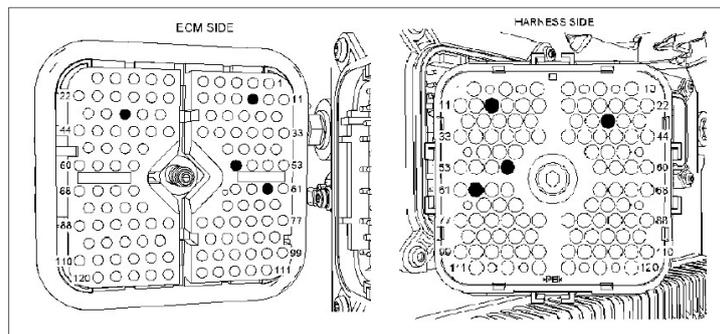


Figura 151: Ubicación de pines y sockets para sensores de temperatura

Fuente: <https://sis.cat.com/>

6.4.5. Comprobación del Sensor Temperatura de la Admisión.

6.4.5.1. Sensor Temperatura de la Admisión abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0172 FMI 03

- Condiciones que generan este código: La tensión de la señal del sensor de temperatura del aire de entrada supera los 4,9 VDC durante ocho segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registra el código de diagnóstico. El ECM señala la temperatura del aire de entrada como datos inválidos y una temperatura predeterminada de 85 ° C (185 ° F).
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia.

6.4.5.3. *Sensor Temperatura de la Admisión corto a tierra – MID 036 CID 0172 FMI 04*

- Condiciones que generan este código: La tensión de la señal del sensor de temperatura del aire de entrada descendió por debajo de 0,2 VDC durante ocho segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. El ECM señala la temperatura del aire de entrada como datos no válidos y un valor predeterminado de 85 ° C (185 ° F).
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia

6.4.6. Comprobación Sensor de Temperatura de Refrigerante.

6.4.6.1. *Sensor de Temperatura de Refrigerante abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0110 FMI 03*

- Condiciones que generan este código: La tensión de la señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor está por encima de la normal.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la temperatura del refrigerante como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado. El motor no entrará en modo frío.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar y experimentar una velocidad reducida (rpm) y / o baja potencia.

6.4.6.2. *Sensor de Temperatura de Refrigerante corto a tierra – MID 036 CID 0110 FMI 04*

- Condiciones que generan este código: La tensión de la señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor es inferior a la normal.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la temperatura del refrigerante como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado. El motor no entrará en modo frío.

- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar y experimentar una velocidad reducida (rpm) y / o baja potencia.

6.4.7. Comprobación del Sensor de Temperatura de Combustible.

6.4.7.1. Sensor de Temperatura de Combustible abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0174 FMI 03

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) detecta la tensión de señal que está por encima de la normal.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la temperatura del combustible como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia.

6.4.7.2. Sensor de Temperatura de Combustible corto a tierra – MID 036 CID 0174 FMI 04.

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) detecta la tensión de señal que está por debajo de la normal.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la temperatura del combustible como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: No hay efectos de rendimiento.

Usaremos el siguiente procedimiento para comprobar los sensores de velocidad/tiempo tanto el primario como el secundario, en funcionamiento normal, el sensor de velocidad/tiempo del motor secundario se utiliza para determinar la temporización para los propósitos de arranque. El sensor de velocidad/tiempo del motor secundario se utiliza para determinar cuándo el pistón en el cilindro N ° 1 está en la parte superior de la carrera de compresión. Cuando se ha establecido el tiempo, se utiliza entonces el sensor de velocidad/tiempo del motor primario para determinar la velocidad del motor y se ignora la señal procedente del sensor secundario del árbol de levas.

Después de localizar el cilindro No. 1, el ECM dispara cada inyector en el orden de encendido correcto y en el momento correcto del inyector unitario. El tiempo real y la

duración de cada inyección se basan en las revoluciones del motor y la carga. Si el motor está funcionando y se pierde la señal del sensor de velocidad/tiempo del motor primario, se notará un ligero cambio en el rendimiento del motor cuando el ECM realice el cambio al sensor de velocidad/tiempo del motor secundario. La pérdida de la señal del sensor de velocidad/tiempo del motor secundario durante el funcionamiento del motor no producirá ningún cambio notable en el rendimiento del motor. Sin embargo, si la señal del sensor de velocidad/tiempo del motor secundario no está presente durante el arranque, pueden existir las siguientes condiciones:

- El motor puede requerir un período de tiempo ligeramente más largo para arrancar.
- El motor puede funcionar en bruto durante unos segundos hasta que el ECM determine el orden de encendido adecuado utilizando únicamente el sensor de velocidad/tiempo del motor primario.

El motor arrancará y el motor funcionará cuando solo una señal de sensor esté presente de cualquiera de los sensores. La pérdida de la señal de ambos sensores durante el funcionamiento del motor dará como resultado la terminación de la inyección y el cierre del motor por parte del ECM. La pérdida de la señal de ambos sensores durante la puesta en marcha impedirá que el motor arranque.

Ambos sensores son sensores magnéticos con un conector integral. Los dos sensores no son intercambiables. No cambie las posiciones del sensor. Si se sustituyen los sensores, no es necesaria una calibración de temporización para el motor. Describimos a continuación el diagrama como están conectados los dos sensores.

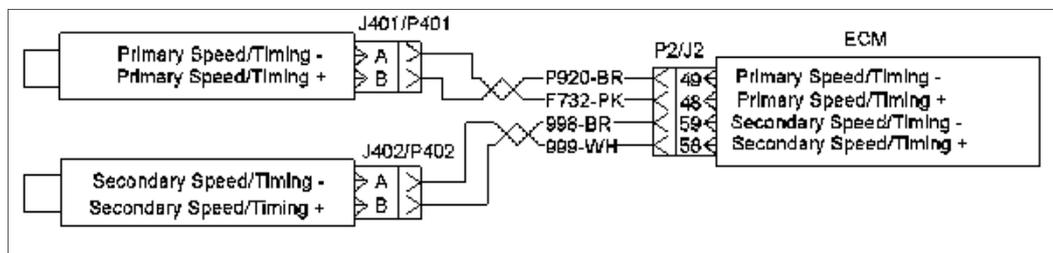


Figura 152: Diagrama para sensores de velocidad/tiempo

Fuente: <https://sis.cat.com/>

En los conectores del harness del motor y ECM del motor, los podremos encontrar al desconectarlos de la siguiente manera.

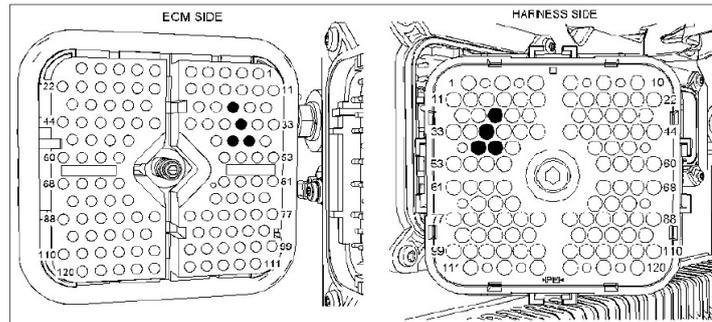


Figura 153: Ubicación pines y sockets para sensores de velocidad/tiempo
Fuente: <https://sis.cat.com/>

6.4.8. Comprobación Sensor Primario Velocidad/Tiempo.

6.4.8.1. *Sensor Primario Velocidad/Tiempo perdida de señal de velocidad de motor – MID 036 CID 0190 FMI 02*

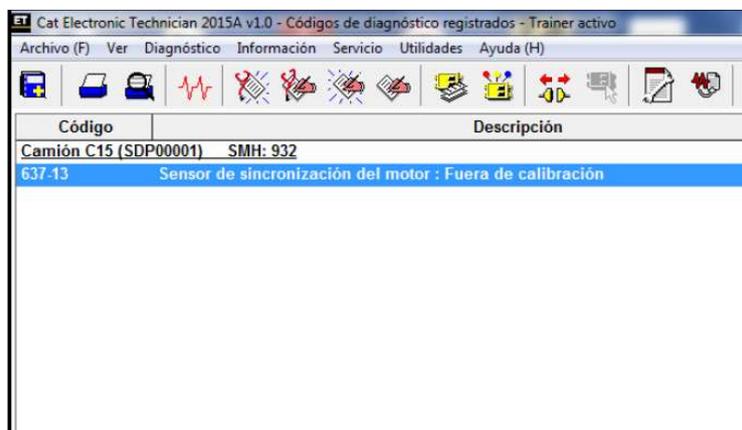


Figura 154: Sensor de velocidad/tiempo fuera de calibración
Fuente: Walter Cruz

- El módulo de control electrónico (ECM) detecta las siguientes condiciones:
 - El motor ha estado funcionando durante tres segundos, y el motor no está arrancando.
 - El patrón del anillo de sincronización del sensor de velocidad/tiempo del motor primario (posición del cigüeñal) se pierde sin una rampa hacia abajo en la velocidad del motor (rpm).
 - El patrón del anillo de sincronización regresa dentro de un segundo de pérdida.
 - El voltaje de la batería es mayor que 9 VDC durante los últimos dos segundos.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El código de diagnóstico se puede ver en un módulo de visualización o en la herramienta de servicio electrónico. Si no se recibe una señal válida del sensor de

velocidad/tiempo del motor primario, el ECM predeterminará el sensor de velocidad/tiempo del motor secundario.

- Posible efecto de rendimiento: Apagado del motor, sólo si falla el sensor de velocidad/tiempo del motor primario y el sensor de velocidad/tiempo del motor secundario.

6.4.8.2. *Sensor Primario Velocidad/Tiempo fallo mecánico– MID 036 CID 0190 FMI 11.*

- El módulo de control electrónico (ECM) detecta las siguientes condiciones:
 - El patrón del anillo de sincronización del sensor de tiempo / velocidad del motor primario se pierde durante más de un segundo.
 - La señal del sensor de velocidad/tiempo del motor secundario es buena.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM utilizará el sensor de velocidad / temporización del motor secundario.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar y / o apagarse.
- Nota: El motor se apagará sólo si falla el sensor de velocidad/tiempo del motor primario y el sensor de velocidad / tiempo del motor secundario.

6.4.8.3. *Calibración del momento del motor requerida– MID 036 CID 0261 FMI 13.*

- Condiciones que generan este código: La temporización no se ha calibrado desde que se instaló el módulo de control electrónico (ECM) o la calibración es incorrecta.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico y utiliza el tiempo predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia, velocidad reducida del motor, humo de escape blanco y aumento de las emisiones de escape.

6.4.9. Comprobación Sensor Secundario Velocidad/Tiempo.

6.4.9.1. Sensor Secundario Velocidad/Tiempo fallo mecánico – MID 036 CID 0342 FMI 02.

- Condiciones que generan este código: La señal del sensor de velocidad/tiempo del motor secundario es intermitente o se pierde por menos de un segundo.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. No debe haber un cambio notable en la respuesta del motor a menos que se pierda la señal para el sensor de velocidad/tiempo del motor primario. La pérdida de señales de ambos sensores de velocidad/tiempo apagará el motor.
- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar o el motor puede correr en bruto durante el arranque.

6.4.9.2. Sensor Secundario Velocidad/Tiempo fallo mecánico – MID 036 CID 0342 FMI 11.

- Condiciones que generan este código: La señal para el sensor de velocidad/tiempo secundario es intermitente o se pierde.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico.
- Posible efecto de rendimiento: No debe haber un cambio notable en la respuesta del motor a menos que la señal para el sensor primario también se pierda. La pérdida de ambos sensores apagará el motor.

6.4.9.3. Calibración del momento del motor requerida– MID 036 CID 0261 FMI 13.

- Condiciones que generan este código: La temporización no se ha calibrado desde que se instaló el módulo de control electrónico (ECM) o la calibración es incorrecta.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico y utiliza el tiempo predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia, velocidad reducida del motor, humo de escape blanco y aumento de las emisiones de escape.

Utilizaremos este procedimiento para solucionar cualquier problema sospechoso de los siguientes sensores de presión:

- Sensor de presión atmosférica
- Sensor de presión de aceite del motor
- Sensor de presión de combustible
- Sensor de presión de entrada del múltiple de admisión

La tensión de alimentación se dirige al terminal A de cada conector del sensor. El retorno del sensor se dirige al terminal B de cada conector del sensor. La señal del sensor se dirige al terminal C de cada conector del sensor. El ECM proporciona protección contra cortocircuitos para la fuente de alimentación interna. Un cortocircuito en la batería no dañará la fuente de alimentación interna.

El ECM realiza una calibración automática de estos sensores siempre que el ECM es alimentado y el motor está apagado durante al menos cinco segundos. Durante una calibración automática, el ECM calibra los sensores de presión del sensor de presión atmosférica y contra un margen aceptable de presión de desplazamiento.

El ECM emite continuamente un voltaje Pull-up en el terminal de entrada de un sensor analógico. El ECM utiliza esta tirada para detectar un circuito abierto o corto en el circuito de señal. Cuando el ECM detecta la presencia de una tensión que está por encima del rango normal del sensor en el circuito de señal, el ECM genera un código de diagnóstico de circuito abierto 3 para ese sensor. Cuando el ECM detecta la ausencia del voltaje Pull-up en el circuito de señal, el ECM generará un código de diagnóstico de cortocircuito 4 para ese sensor. La presencia de voltaje Pull-up en el conector del sensor indica que los cables del conector del sensor al ECM no están abiertos o en cortocircuito a tierra.

Si un código 10 se registra, esto indica que la alimentación de 5 voltios no está disponible en el conector del sensor. Durante el funcionamiento normal del motor, cada una de las señales de los sensores de presión fluctúa ligeramente. Cuando los 5 voltios del suministro no están disponibles en el conector del sensor de presión, la señal procedente de ese sensor flota a un rango de valor medio. La señal no fluctúa. Si la señal del sensor permanece anormalmente estable durante más de 30 segundos, el ECM activará este código.

Los siguientes componentes pueden causar estos códigos:

- Conector eléctrico o cableado
- Sensor
- ECM

La causa más probable de un código es un problema con un conector eléctrico o cableado. La causa menos probable de un código es el ECM. En el siguiente diagrama podemos ver las conexiones de los sensores de presión de motor hacia el ECM.

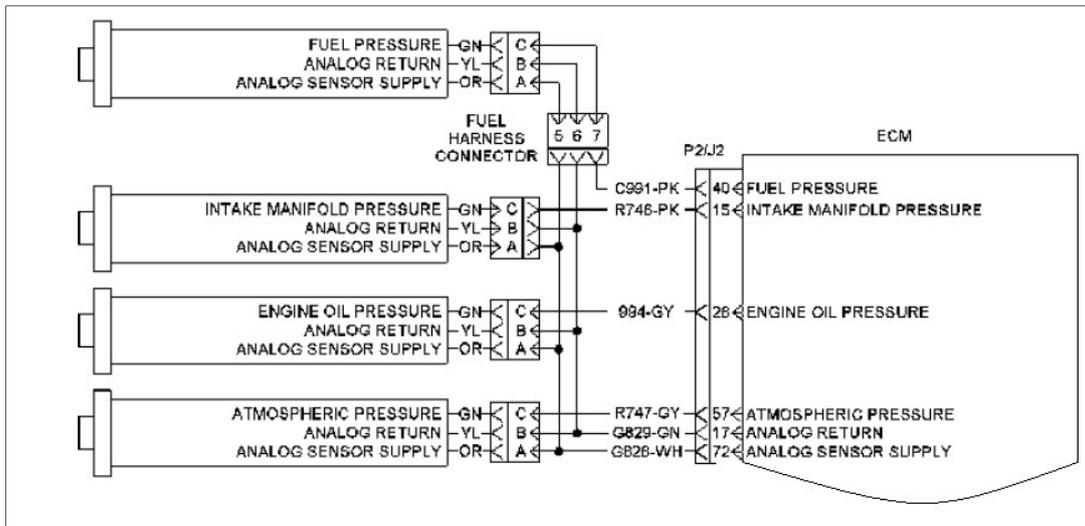


Figura 155: Diagrama para sensores de presión

Fuente: <https://sis.cat.com/>

Y los podremos ubicar tanto en el conector del harness de motor como en el conector del ECM de la siguiente manera:

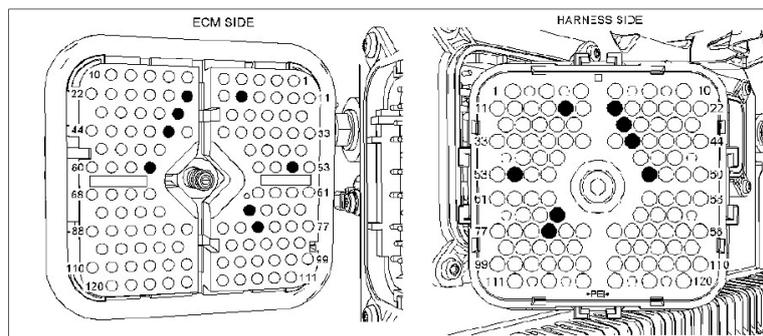


Figura 156: Ubicación de pines y sockets para sensores de presión

Fuente: <https://sis.cat.com/>

6.4.10. Comprobación del Sensor de Presión de Múltiple de la Admisión.

6.4.10.1. Sensor Presión del Múltiple de Admisión abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0273 FMI 03

- Condiciones que generan este código: Con una velocidad del motor de cero rpm, la tensión de la señal para el sensor de presión de salida del turbocompresor supera los 4,95 VCC durante al menos dos segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registra el código de diagnóstico. El ECM indica la presión de salida del turbocompresor como datos no válidos. Se utiliza un valor predeterminado de 100 kPa (14.5 psi).
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia

6.4.10.2. Sensor Presión del Múltiple de Admisión corto a tierra – MID 036 CID 0273 FMI 04

- Condiciones que generan este código: La tensión de señal para el sensor de presión de salida del turbocompresor cae por debajo de 0,5 VCC durante dos segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registra el código de diagnóstico. El ECM indica la presión de salida del turbocompresor como datos no válidos. Se utiliza un valor predeterminado de 100 kPa (14.5 psi).
- Posible efecto de rendimiento: Baja potencia

6.4.11. Comprobación del Sensor de Presión de Aceite de Motor.

6.4.11.1. Sensor de Presión de Aceite de Motor abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0100 FMI 03

- Condiciones que generan este código: La tensión de la señal del sensor de presión de aceite del motor está por encima de 4,8 VDC durante al menos ocho segundos.
- Respuesta del sistema: El módulo de control electrónico (ECM) registrará el código de diagnóstico. El ECM indica la presión de aceite como datos no válidos y se utiliza un valor por defecto de 600 kPa (87 psi).

- Posible efecto de rendimiento: El motor puede fallar y experimentar una velocidad reducida (rpm) y / o baja potencia.

6.4.11.2. *Sensor de Presión de Aceite de Motor corto a tierra – MID 036 CID 0100 FMI 04.*

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) detecta una tensión de señal que está por debajo de la normal.
- Respuesta del sistema: El código se registra. El ECM señala la presión del aceite como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: No hay efectos de rendimiento.

6.4.12. Comprobación del sensor de Presión de Combustible.

6.4.12.1. *Sensor de Presión de Combustible abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0094 FMI 03*

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) lee el voltaje de la señal que está por encima de lo normal.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM señala la presión del combustible como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: No hay efectos de rendimiento.

6.4.12.2. *Sensor de Presión de Combustible corto a tierra – MID 036 CID 0094 FMI 04.*

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) lee el voltaje de la señal que está por debajo de lo normal.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico. El ECM señala la presión del combustible como datos no válidos y se utiliza un valor predeterminado.
- Posible efecto de rendimiento: No hay efectos de rendimiento.

6.4.13. Comprobación del Sensor de Presión Atmosférica.

6.4.13.1. Sensor de Presión de Presión Atmosférica abierto / corto a positivo de la batería – MID 036 CID 0274 FMI 03

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) detecta que la tensión de la señal del sensor de presión atmosférica es superior a 4,95 VDC durante más de 30 segundos o el ECM se ha encendido durante al menos dos segundos.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico y el ECM disparará una instantánea. El ECM predeterminará 100 kPa (15 psi) para la presión atmosférica.
- Posible efecto de rendimiento: La potencia del motor disminuirá en un diez por ciento.

6.4.13.2. Sensor de Presión Atmosférica corto a tierra – MID 036 CID 0274 FMI 04.

- Condiciones que generan este código: El módulo de control electrónico (ECM) detecta que la tensión de la señal del sensor de presión atmosférica es inferior a 0,2 VDC durante más de 30 segundos, el ECM se ha encendido durante al menos dos segundos o el motor no está funcionando o el motor ha estado funcionando por más de diez segundos.
- Respuesta del sistema: El ECM registrará el código de diagnóstico y el ECM disparará una instantánea. El ECM predeterminará 100 kPa (15 psi) para la presión atmosférica.
- Posible efecto de rendimiento: La potencia del motor disminuirá en un diez por ciento.

Como última parte de comprobación del sistema MEUI, comprobaremos los inyectores, realizaremos este procedimiento en condiciones que sean idénticas a las condiciones que existen cuando se produce el problema. Típicamente, los problemas con el solenoide del inyector ocurren cuando el motor se calienta y / o cuando el motor está bajo vibración (cargas pesadas).

CAPITULO VII

7. ELABORACION DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7.1. Introducción

El siguiente manual contiene recomendaciones sobre procedimientos de seguridad, operación y mantenimiento al utilizar el sistema simulador del sistema de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15.

Este impreso debe guardarse cerca del sistema simulador. Lea, entienda, estudie y guarde el manual con la publicación e información del motor. Siempre que surja una duda con respecto al funcionamiento del sistema o al uso de este manual, consulte con un instructor del Centro de Desarrollo Técnico.

7.2. Objetivos

Analizar, mostrar, conocer y entender el funcionamiento del sistema simulador didáctico y brindar un soporte en lo práctico tanto al instructor como a los técnicos de servicio.

Complementar el conocimiento teórico involucrando al estudiante hacia la parte experimental para que se pueda conocer el funcionamiento de cada componente involucrado en el sistema de inyección MEUI del motor C15.

7.3. Seguridad

La sección de seguridad indica las precauciones de seguridad básicas. Además, esta sección identifica las situaciones de peligro y advertencia. Lea y entienda las normas de precaución básicas que aparecen en la sección de seguridad antes de operar, efectuar el mantenimiento y reparar el sistema simulador.

Sustituya inmediatamente el manual de operación y mantenimiento si se pierde o no está apto para la lectura.

7.3.1. Avisos de seguridad.

Asegúrese de que todos los mensajes de seguridad sean legibles.

Limpie o reemplace los mensajes de seguridad si no se pueden leer las palabras o no pueden verse las ilustraciones. Utilice un trapo, agua y jabón para limpiar los mensajes de seguridad. No utilice disolventes, gasolina ni otros productos químicos abrasivos. Los disolventes, la gasolina o los productos químicos abrasivos pueden aflojar el adhesivo que mantiene sujetos los mensajes de seguridad. Los mensajes de seguridad flojos se pueden caer del sistema simulador del motor C15.

Reemplace cualquier mensaje de seguridad que esté dañado o que falte. Si hay un mensaje de seguridad en una pieza del simulador que se va a reemplazar, coloque un mensaje similar en la pieza de repuesto.

7.3.1.1. Avisos de Electrocutión.

Este mensaje de seguridad está ubicado en el lado del simulador junto a la fuente de alimentación principal. Previene de peligros de electrocución al manipular la fuente.

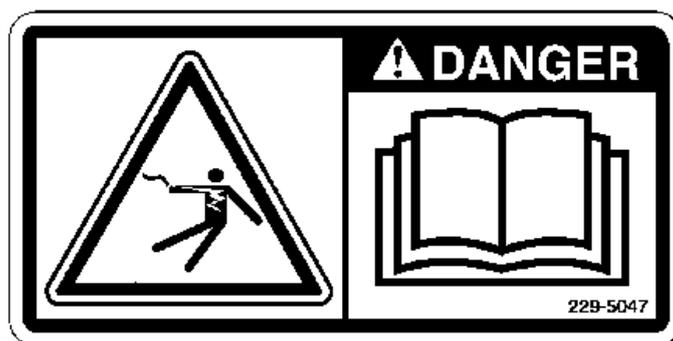


Figura 157: Peligro de electrocución
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

7.3.1.2. Avisos de elección de voltaje.

Está ubicado de igual manera junto al cable de potencia de alimentación, nos advierte del cuidado al conectar en fuentes que no sean 110VAC.

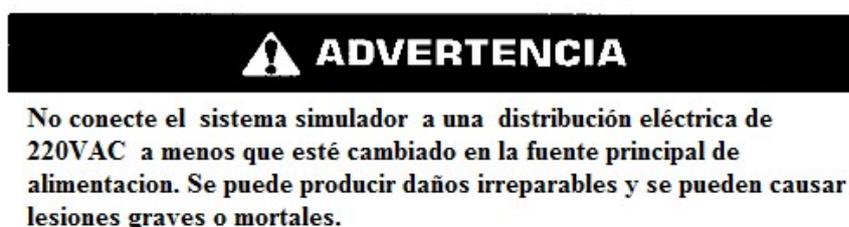


Figura 158: Advertencia de elección de voltaje
Fuente: Walter Cruz

7.3.1.3. Avisos de peligro al manipular el sistema.

Está ubicado en los dos lados cerca de los seguros de apertura del sistema, informa del peligro de manipular sin tener el conocimiento previo del equipo.



Figura 159: Peligro al manipular el sistema sin conocimiento previo
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

7.3.1.4. Advertencia Universal.

Estos mensajes de seguridad están ubicados junto del tablero de control EMCP y al control del simulador.



Figura 160: Advertencia de revisar el manual antes del uso del sistema
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

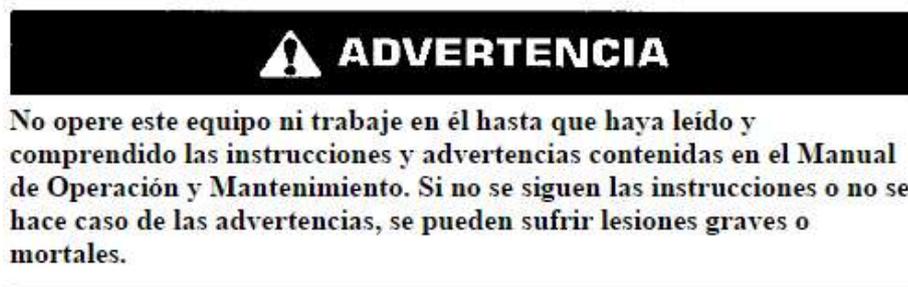


Figura 161: Advertencia de revisar el manual antes del uso del sistema
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

7.3.1.5. *Advertencia de No Operar Sistema.*

Coloque una etiqueta de advertencia que diga "No operar" en los controles o en el interruptor de arranque antes de efectuar el servicio del sistema o repararlo. Cuando sea apropiado, desconecte los controles de arranque.

No permita la presencia de personal no autorizado en el motor ni en sus alrededores cuando se efectúe el servicio del sistema simulador.

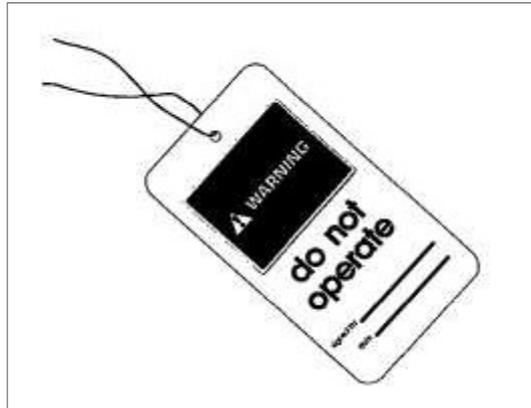


Figura 162: Advertencia de no operar sistema
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

7.3.1.6. *Uso de Equipo de Protección Personal.*

En las esquinas superiores encontraremos dos etiquetas, que nos indican el uso de equipo de protección personal, para realizar trabajos en el equipo.

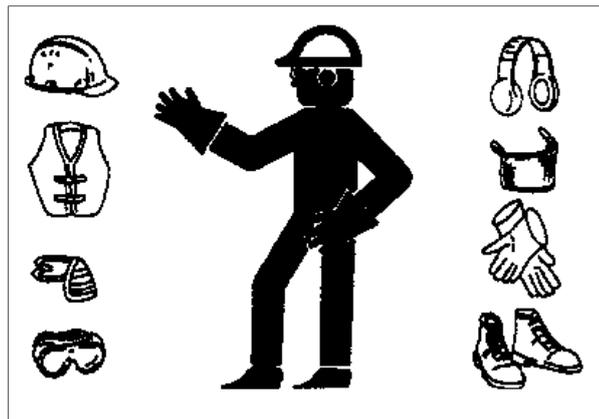


Figura 163: Uso de equipo de protección personal
Fuente: www.maquinariaspesadas.org

7.4. Lugar de Instalación

Se debe considerar las normas vigentes sobre seguridad industrial en el trabajo, debido al diseño del sistema este es muy adaptable para poder ser transportado para realizar prácticas tanto en el taller, como en el aula de estudio, sin embargo, no debemos descuidar que se trata de un equipo que lleva sistema eléctricos y electrónicos que podrían causar lesiones o accidentes.

7.5. Antes de Encender el Sistema

- Inspeccione el sistema para determinar si hay peligros potenciales.
- No arranque el sistema, ni mueva ninguno de los controles si hay una etiqueta de advertencia “No Operar”, o una etiqueta similar, sujeta al interruptor de encendido o a los controles.
- Asegúrese de contar con la iluminación adecuada para las condiciones en donde se van a realizar tareas con el sistema.
- Los seguros de apertura del sistema deben estar asegurados y las ruedas deben estar puestas los frenos.
- Cuento con información, computadora, diagramas, etc. Para operar con el sistema.

7.6. Operación

Las técnicas de operación que se describen en este manual son básicas. Ayudan a desarrollar las destrezas y las técnicas necesarias para operar el sistema simulador de forma más eficaz. Las destrezas y las técnicas mejoran a medida que las personas involucradas van adquiriendo más conocimientos sobre el sistema y sus capacidades.

La sección de operación constituye una referencia para los operadores, y las fotografías e ilustraciones guían al operador por los procedimientos de inspección, arranque, operación y parada del motor. Esta sección también incluye información sobre el diagnóstico electrónico.

7.6.1. Encendido y Apagado.

Siempre verifique que el sistema esté conectado a una fuente de 110 VAC, el sistema cuenta con un switch de encendido provisto de una llave para evitar la manipulación sin autorización del sistema, dicho switch se encuentra en la parte derecha del EMCP, para activar es necesario girar la llave hacia la posición ON, para su apagado de igual manera basta con girar la llave a la posición OFF. Es recomendable retirar la llave y guardar a la persona responsable del uso del equipo.



Figura 164: Ubicación de switch de encendido
Fuente: Walter Cruz

7.6.2. Autodiagnóstico.

El ECM del sistema simulador tiene la capacidad para realizar un diagnóstico de muchas condiciones de falla diferentes asociadas con los componentes electrónicos que se encuentran en el mismo sistema. Cuando se simula un problema dentro del sistema electrónico del motor, el código de diagnóstico se utiliza para proporcionarle información de diagnóstico al técnico de servicio. Todos los códigos del autodiagnóstico se verán reflejados en los indicadores y display del panel EMCP 4.2.

7.6.3. Registro de Fallas.

El sistema permite registrar las fallas. Cuando el ECM genera un código de diagnóstico activo, el código se registra en la memoria del ECM. Los códigos que se han registrado en la memoria del ECM se pueden recuperar y borrar con las herramientas electrónicas de servicio de Caterpillar. Los códigos que se hayan registrado en la memoria del ECM se borran automáticamente de la memoria después de 100 horas. Las siguientes fallas no se

pueden borrar de la memoria del ECM sin usar una contraseña predeterminada en fábrica: exceso de velocidad, baja presión del aceite del motor y alta temperatura del refrigerante del motor.

Al tener el panel el EMCP, nos permitirá de iguala manera interactuar con el sistema ya que nos indicará a través de las luces de advertencia y el display todo lo que sucede al usar el sistema simulador.

7.6.4. Operación del sistema simulador con Códigos Activos.

El ECM vigila cada componente del circuito en el sistema electrónico del motor para operación anormal. El ECM puede reconocer varias condiciones anormales y seleccionar una reacción apropiada.

Cuando el ECM reconoce una condición anormal, se genera un código de diagnóstico Activo. El ECM comunicará primero la condición al instructor o técnico de servicio. Esta comunicación puede incluir la activación de una luz de diagnóstico en el panel EMCP.

Los códigos de diagnóstico activos pueden indicar problemas tan pequeños como una conexión floja. Los códigos de diagnóstico activos pueden indicar también problemas mayores que se pueden asociar con el deterioro de un componente. Se debe investigar inmediatamente cualquier condición que causa un código de diagnóstico activo.

7.6.5. Operación del sistema con Códigos de Diagnóstico Intermitentes.

El ECM puede detectar la operación anormal de los componentes electrónicos del sistema simulador. El ECM genera un código de diagnóstico activo cuando se detecta una condición anormal. La condición se registra también en la memoria del ECM. La información registrada que se guarda en la memoria del ECM es un código de diagnóstico registrado. Esta información puede ser útil al técnico para localizar el problema. Un código de diagnóstico se considera intermitente cuando la condición se registra en la memoria del ECM y la condición no está actualmente activa.

7.7. Mantenimiento

La sección de mantenimiento constituye una guía para el cuidado del sistema simulador. Se pueden usar los intervalos mostrados (diariamente, anualmente, etc.) en vez de los intervalos del horómetro de servicio.

El servicio recomendado debe efectuarse siempre en el intervalo acordado. Las condiciones de operación real del sistema también regulan el programa de mantenimiento. Por lo tanto, en condiciones de operación muy rigurosas, polvorientas, húmedas o de congelación, tal vez sean necesarios un mantenimiento más frecuente de lo especificado en el programa de mantenimiento.

Los componentes del programa de mantenimiento están preparados para un programa de mantenimiento preventivo. Si se sigue el programa de mantenimiento preventivo, no es necesario efectuar una afinación periódica.

7.7.1. Intervalos de Mantenimiento.

Se debe efectuar el mantenimiento de los componentes del sistema simulador en un intervalo de seis meses, así aseguramos el mantenimiento y buen estado de los componentes del sistema.

Puede haber ocasiones de que cada componente individual debe adelantarse o retrasarse su mantenimiento dependiendo de la manipulación determinada que se le dé. Recomendamos llevar un registro del uso y mantenimiento del sistema.

7.7.2. Listado de actividades a realizar en el mantenimiento.

Tabla 31: Cuadro de tareas de mantenimiento sistema simulador

Mantenimiento de Sistema Simulador del Motor C15		
Componente	Actividad	Verificar
Ruedas de simulador	Lubricar con WD-40 eje de ruedas, mariposa de freno y rodamientos de giro	Giro libre tanto de la rueda, como del rodamiento de giro, frenos detengan a rueda
Estructura en general	Limpiar con trapo seco la estructura	Golpes, limallas, agrietamientos
Imágenes en vinil	Limpiar con trapo húmedo la imagen	Que la imagen este pegada, desprendimientos alrededor de la imagen
Seguros retráctiles	Limpiar con trapo seco, alrededor de los seguros	Funcionamiento de cierre, giro libre de llave en seguro central
Grupo de simulación	Limpiar con trapo de microfibra display y alrededor de caja	Funcionamiento del sistema
Conectores	Solo si es necesario, limpiar con limpiador de contactos suave, se podría dañar la protección de vinil de la imagen al usar otro producto	Sellos antihumedad, seguros de pestillos, pines y sockets en buen estado
Harness	Limpiar con trapo seco	Aislamiento del harness, abrazaderas de sujeción bien ajustadas, seguros de nylon en buen estado
Sensores	Solo si es necesario, limpiar con limpiador de contactos suave, se podría dañar la protección de vinil de la imagen al usar otro producto	Estado físico del sensor, conexión hacia el harness
ECM	Limpiar con trapo seco, alrededor del ECM, solo si es necesario limpiar conectores con cuidado	Estado de insuladores de sujeción, conectores J1P1 y J2P2
EMCP	Limpiar con trapo seco, alrededor del EMCP, solo si es necesario limpiar conectores con cuidado	Verificar luces de funcionamiento, mensajes de funcionamiento y estado de display
Fuente principal de alimentación	Limpiar con trapo seco alrededor de la fuente	Encendido y apagado

Elaborado: Walter Cruz

Fuente: Walter Cruz

7.8. Reacondicionamiento

Los detalles principales de reacondicionamiento del sistema simulador no se tratan en el Manual de Operación y Mantenimiento excepto lo que respecta a los componentes de intervalo y mantenimiento en ese intervalo. Es mejor dejar las reparaciones principales al personal capacitado.

Si el sistema simulador sufre una avería importante, se debe reportar a las autoridades pertinentes del CDT, ya que, para una posible reconstrucción, se cuenta con la información necesaria para realizarlo.

7.9. Almacenamiento del Sistema Simulador

Si el sistema no se va a usar por un periodo largo de tiempo, se recomienda:

- Colocar en un lugar seguro, de bajo tránsito, que evite el contacto accidental con el sistema, de ser posible asegurar contra un punto fijo el sistema
- Tapar con una tela suave desde la parte superior del sistema, para protección del polvo y el ambiente en general.
- Evitar sitios húmedos y de alta polución para el almacenamiento.
- Aplicar lubricante en los puntos recomendados de lubricación, (ruedas).
- La estructura está construida en aluminio por lo que no se debería preocupar por oxidación de la misma.

7.10. Características Generales

- Dimensiones del sistema: 1350 mm de largo x 900 mm de alto x 280 mm de ancho.
- Peso: Equipamiento estándar 42 kg.
- Sistema de Inyección: MEUI Caterpillar, con ECM ADEM A4 y tecnología ACERT.
- Voltaje de trabajo: 110VAC (puede trabajar con 220 VAC previo cambio en fuente de alimentación principal).
- Voltaje de alimentación módulos: EMCP 4.2, ECM, Control de Simulación 24 VDC.
- Seguridad: 3 seguros tipo retráctil de presión, uno provisto con llaves de seguridad.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Se construyó un sistema simulador didáctico del sistema de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15, para interacción con los técnicos de servicio de la empresa IIASA en el Centro de Desarrollo Técnico. Basándonos en los conocimientos obtenidos en las aulas de la facultad de Ingeniería Mecánica y la investigación realizada para cumplir con este fin. Al terminar el presente trabajo se pone en consideración las siguientes conclusiones a fin de que sea considerado como ayuda en el manejo del sistema simulador didáctico:

- Se estudió y analizó todos los principios de funcionamiento del motor MEUI Caterpillar C15 reforzando así los conocimientos previamente obtenidos para realizar la construcción del sistema simulador de una forma eficiente.
- Se elaboró diseños eléctricos, cálculos de estructura, generación de fallas para verificar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica en base a los conocimientos adquiridos en las aulas de estudio.
- El diseño de la estructura y el control simulador está de acuerdo a la necesidad del proyecto, brindando facilidad para que se realicen las prácticas con los técnicos de servicio de la empresa IIASA.
- Se construyó un sistema de entrenamiento didáctico bajo requisitos técnicos, ergonómicos y de seguridad, además se tomó en cuenta el volumen y el espacio, todo esto con la finalidad que las prácticas a realizarse sean lo más cómodas y fiables.
- No existen fisuras ni agrietamientos de manera visual, se garantiza el buen estado de la estructura, así como la verificación que se realizó de su correcto armado, comprobando su resistencia colocándole dos veces el peso de los componentes. Asegurándonos de un correcto funcionamiento del sistema.
- La función que va realizar el mecanismo no requiere mayores esfuerzos por esta razón, los coeficientes de seguridad de los elementos que conforman el sistema didáctico no son altos. Por otro lado, la arquitectura de todas las partes del

sistema requiere que las dimensiones de muchas de ellas vayan concordantes con el resto.

- Se ha utilizado elementos electrónicos para el control y simulación del sistema. Estos elementos brindan confiabilidad, seguridad, rapidez y eficiencia lo cual los convierte en componentes idóneos para la realización de este tipo de proyectos.
- Es muy importante contar con el grupo de comunicación Adapter III, así como el software Caterpillar de diagnóstico y monitoreo ET ya que con esta herramienta se puede detectar e interactuar con sistema MEUI Caterpillar.
- Los valores dados por el fabricante no son muy diferentes de los reales, por lo que se determina que el sistema MEUI de inyección electrónica del motor C15 está funcionando correctamente, que su ECM responde adecuadamente ante cada una de las señales simuladas.
- La implementación de dispositivos de control en algunos de los sensores y actuadores de la maqueta permiten a los usuarios de la misma la posibilidad de provocar y simular fallas, para que con la ayuda de los manuales de servicio Caterpillar especializados, técnicos de servicio e instructores comprendan un proceso para la detección de errores en el funcionamiento real de un sistema de inyección MEUI.
- En el mercado nacional, es casi nulo la elaboración de bancos o sistemas didácticos que facilitan el aprendizaje y el análisis de funcionamiento de equipos de marcas definidas. Este tipo de simulador servirá para hacer una recopilación de información para generar ideas fundamentales del funcionamiento de los sistemas de inyección MEUI.
- En la construcción de un prototipo de cualquier máquina siempre se incurre en costos adicionales por diseño y en riesgos de adquisición de elementos o en la construcción misma, ya que en ocasiones un componente se los construye o se lo adquiere más de una vez debido a errores de inexperiencia misma.
- El proyecto permite convertir en un aporte tanto para los técnicos de servicio como para los instructores del CDT mediante su aplicación como herramienta didáctica y de investigación en el campo de la inyección electrónica automotriz-industrial.

- Como conclusión final podemos decir que se cumplió con el objetivo general planteado al inicio de este proyecto el cual consistía en diseñar e implementar un sistema simulador didáctico para la simulación de un sistema de inyección electrónica MEUI de motor Caterpillar C15.

8.2. Recomendaciones

Al final dividiremos nuestras recomendaciones en una forma general y acerca del uso específicamente del sistema simulador.

8.2.1. Recomendaciones Generales.

- Antes de operar este simulador didáctico, leer detalladamente el manual de operación y mantenimiento, ya que en éste se describe cuidadosamente los parámetros de funcionamiento, así como el mantenimiento que se debe brindar al equipo.
- Al manipular el sistema didáctico es necesario tomar en cuenta las medidas de seguridad recomendadas y utilizar equipos de protección personal apropiados.
- El simulador didáctico está compuesto de diferentes sistemas los cuales por su disposición y funcionamiento puede generar riesgo de accidentes eléctricos para lo cual se recomienda tomar precauciones para evitar lesiones.
- Es recomendable a los técnicos de servicio y personal de capacitación que utilicen el equipo, que si existiese algún daño o desvarío en el funcionamiento de la misma basarse en los diagramas, información y conexiones que se usaron en el proyecto.
- En lo posible se recomienda realizar las prácticas siempre con la ayuda del instructor o personal capacitado, con respecto al sistema simulador.
- En la realización de prácticas con el sistema simulador, se recomienda contar con los equipos de diagnóstico recomendados por el fabricante Caterpillar, ya que la reconexión de unidades electrónicas después de haber sido verificadas, podría ocasionar la generación de códigos de falla, al sistema estar diseñado únicamente para trabajar con dichos equipos, solo estos serán capaces de resetear dichos códigos.
- La limpieza de cualquier elemento siempre se lo debe hacer con la maquina apagada, ya que los elementos eléctricos y electrónicos podrían dañarse o causar graves lesiones a la persona que realiza esta actividad.

- Considerar siempre las normas de utilización contempladas ya que, al tratarse de un equipo netamente eléctrico-electrónico, una mala utilización provocará un mal funcionamiento del sistema y en el peor de los casos el daño total de cualquiera de los componentes, en este caso la construcción de un nuevo elemento será factible ya que todo el proceso e información necesaria, estará disponible en el informe de este proyecto.
- Se exhorta a las futuras generaciones de estudiantes del programa Think Big (programa de entrenamiento Caterpillar) de la empresa IIASA, a desarrollar propuestas de optimización del banco didáctico, con el objetivo de promover la creatividad y el desarrollo técnico-practico en su preparación profesional.

8.2.2. Recomendaciones con el Sistema Simulador.

- Para evitar el desplazamiento accidental del simulador, se debe colocar los frenos en las ruedas al momento de realizar las practicas
- Se debe tener cuidado al manipular cada uno de los sensores y actuadores, en el momento de realizar las prácticas, tomar en cuenta la forma correcta de desconectar los conectores AmpSeal.
- Es necesario evitar colocar objetos sobre el sistema simulador, ya que pueden ocasionar daños en algunos de los componentes del mismo.
- Es importante realizar cada 6 meses las mediciones de cada uno de los componentes del sistema MEUI del motor C15 con la finalidad de verificar parámetros del correcto funcionamiento del mismo.
- Conectar adecuadamente el cable de conexión entre la herramienta de comunicación Adapter III y el sistema simulador, también tomar en cuenta la longitud del cable y así evitar desconexiones violentas o tirar accidentalmente al sistema simulador.
- Para realizar las prácticas, los estudiantes deben seguir el proceso indicado por los manuales de servicio autorizados por Caterpillar.
- Para mantener un buen suministro de electricidad a los componentes se debe revisar que ninguna de los cables que conforman el sistema se encuentre dobladas, y rotos o lascados en caso de haberlo sustituirlo o repararlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer, F. P. (2004). Mecanica de materiales. En F. P. Beer, *Mecanica de materiales*. (pág. 363). Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Dora C.G.C. (2016). *seguridadoaxaca.jimdo.com*. Obtenido de <http://seguridadoaxaca.jimdo.com>
- Enright, B. (1983). Diagnostic Inventory of Basic Arithmetic Skill. En B. Enright, *Diagnostic Inventory of Basic Arithmetic Skill* (pág. 15). Massachusetts: Curriculum Associates Inc.
- Ferrero, J. (08 de 2012). *jferrero2001*. Obtenido de <https://jferrero2001.files.wordpress.com>
- Finning Capacitacion. (29 de 04 de 2016). *Finning Ltda*. Obtenido de <http://www.cftfinning.cl/estudiante/>
- Garzon, F. R. (s.f.). <http://www.mat.uson.mx/>. Obtenido de Como elaborar una entrevista: http://www.mat.uson.mx/~jldiaz/ProyectosCIn/Formatos/como_elaborar_entrevistas.pdf
- GLOBAL SERVICE LEARNING CATERPILLAR. (2006). Caterpillar Machine Electronics Course. *Service Training Meeting Guide*, 50.
- IIASA. (16 de 03 de 2016). *iiasacat.com.ec*. Obtenido de <http://www.iiasacat.com.ec/iiasa/nuestra-empresa>
- Laura, C. (25 de 04 de 2016). <https://es.scribd.com>. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/312611079/C9-Motores>
- Salkind, N. J. (1999). Metodos de Investigación. En N. J. Salkind, *Metodos de Investigación* (pág. 139). Mexico: Prentice Hall.
- Torres, C. A. (2006). *Metodologia de la Investigación para Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. Mexico: Prentice Hall.

ANEXOS

ANEXOS 1. Esquema y formato de la encuesta.



FORMATO DE ENCUESTA

Por favor dedique un momento para responder las siguientes preguntas, cuyo fin es recaudar información para el desarrollo de la investigación cuyo tema es Diseño, construcción e implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 para el Centro de Desarrollo Técnico de la empresa IIASA.

- Conteste con completa sinceridad, eligiendo la respuesta más verdadera.
- Se garantiza total confidencialidad en relación a sus respuestas.

1. El inyector MEUI es controlado _____ y accionado _____

- a) electrónicamente, hidráulicamente
- b) hidráulicamente, electrónicamente
- c) electrónicamente, mecánicamente
- d) mecánicamente, electrónicamente

2. En el motor C15 un sensor analógico recibe una alimentación del ECM de:

- a) 8V
- b) 12V
- c) 5V
- d) No recibe alimentación

3. ¿Qué es voltaje Pull Up?

- a) Voltaje provisto por el módulo de control a través de un resistor que eleva la señal del dispositivo.
- b) Voltaje provisto por el módulo de control que disminuye la señal del dispositivo.
- c) Voltaje regulado de una señal PWM
- d) Voltaje que genera un sensor digital.

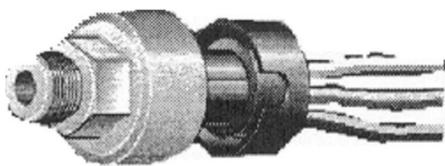
4. Al evaluar un motor C15 encontraron los siguientes códigos activos: CID 0005, FMI 06. Nos Indica que componente y que falla tiene, seleccione:

- a) Sensor de presión de aceite, voltaje sobre lo normal.
- b) Intermittencia de Comunicación del ECM
- c) Cortocircuito del Inyector N°5
- d) Bajo voltaje de la batería.

5. Al fallar los sensores de velocidad/tiempo, que pasa con el motor C15:

- a) No arranca.
- b) Derrateo
- c) Trabaja en modalidad frio
- d) Arranca

6. Observe el siguiente grafico e indique de que sensor se trata:

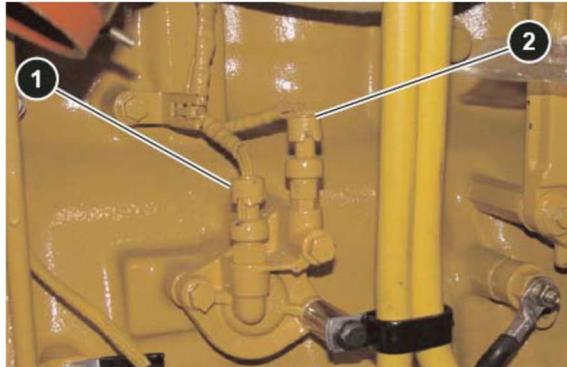


- a) Sensor de Velocidad y Tiempo
- b) Sensor de Presión
- c) Sensor de Posición de aceleración.
- d) Sensor de Temperatura

7. Identifique tres funciones básicas del ECM del motor C15:

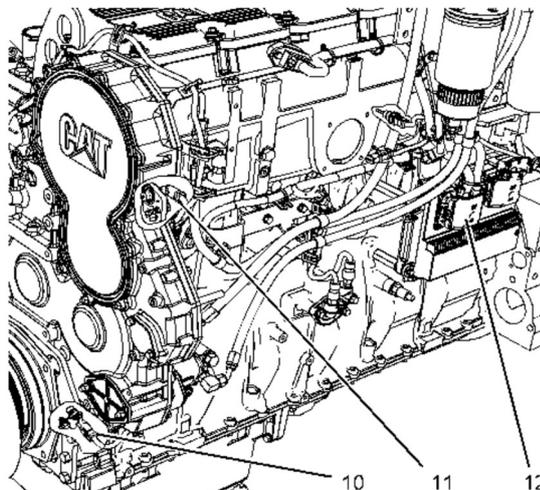
- a) Verifica señales de entrada, verifica señales de salida, procesa información.
- b) Almacena parámetros FLS, Regula parámetros FTS, sincroniza la inyección
- c) Controla el motor, protege sensores, mide las presiones de motor.
- d) Alimentar componentes, monitorear señales de sensores, controlar el motor.

8. Identifique los siguientes componentes del Motor C15:



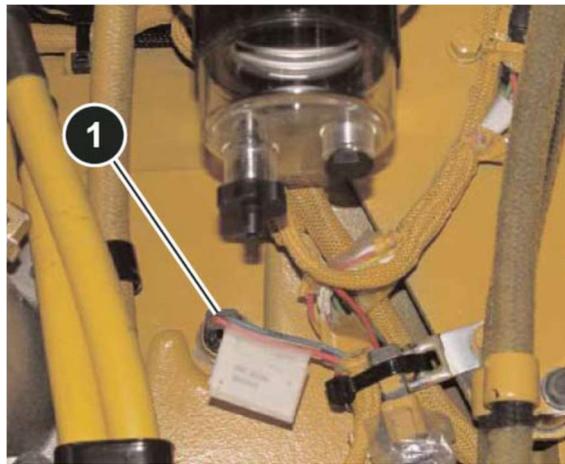
- a) 1 Sensor presión de cárter - 2 Sensor presión atmosférica
- b) 1 Sensor temperatura de aceite – 2 Sensor de posición cigüeñal
- c) 1 Sensor presión atmosférica – 2 Sensor presión de aceite motor
- d) 1 Sensor presión aceite motor – 2 Sensor de presión diferencial

9. Indique en el grafico la ubicación del sensor Primario y Secundario de velocidad y tiempo del motor C15.



- a) Sensor presión gases cárter 11. Sensor presión atmosférica 12 ECM de motor.
- b) 10 Sensor primario velocidad/tiempo 11 Sensor secundario velocidad/tiempo 12. P2 ECM conector.
- c) 10 Sensor temperatura aceite de motor 11 Sensor presión atmosférica 12 ECM de motor.
- d) 10 Sensor presión combustible 11 Sensor temperatura de refrigerante 12 P2 ECM de conector.

10. Identifique al siguiente sensor:



- a) Sensor de entrada de temperatura de aire
- b) Sender temperatura de combustible
- c) Sensor de presión hidráulica
- d) Sensor de temperatura de refrigerante

ANEXOS 2. Esquema de preguntas para la entrevista.



Esquema de preguntas para la entrevista:

Nombre: _____ Cargo: _____ Área: _____

1. ¿Ha trabajado usted o las persona bajo su cargo reparando o diagnosticando fallas en el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

SI		NO	
----	--	----	--

2. ¿Conoce usted detalladamente los componentes del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 y las funciones que cumplen?

SI		NO	
----	--	----	--

3. ¿Los técnicos de servicio bajo su cargo, han presentado dificultades al momento de evaluar o comprobar el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

SI		NO	
----	--	----	--

4. ¿Le han manifestado las causas por las cuales han tenido dificultad al evaluar el sistema del motor mencionado, cuales son las principales?

#	CAUSAS
1	
2	
3	
4	
5	

5. ¿De la pregunta anterior los técnicos han sabido manifestar las razones porque los cuales la falta de entrenamiento es el mayor motivo?

#	RAZONES
1	
2	
3	
4	
5	

6. ¿A tenido inconvenientes por sobrepasarse estándares de tiempo cuando se realiza el diagnostico o revisión del sistema de inyección electrónico del motor Caterpillar C15?

SI		NO	
----	--	----	--

7. ¿Cuáles considera usted que son las principales limitantes al momento de entrenar técnicos de servicio por parte del CDT, con respecto al motor C15?

#	LIMITANTES
1	
2	
3	
4	
5	

8. ¿Considera usted que con el apoyo de un sistema didáctico de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 los técnicos capacitados por CDT comprenderán mejor su funcionamiento y/o comportamiento del sistema?

SI		NO	
----	--	----	--

9. ¿Cuáles considera usted son las principales limitantes para no disponer de un sistema didáctico para la capacitación en el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

#	RAZONES
1	
2	
3	
4	
5	

10. ¿Apoyaría la implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI de motor Caterpillar C15 en el CDT, para la capacitación de los técnicos de servicio?

SI		NO	
----	--	----	--

Notas: _____

ANEXOS 3. Resultados de la encuesta.

Esta encuesta ha sido realizada a personal técnico tanto de servicio de campo como servicio en el taller, de edad avanzada y recientemente incorporados pero que ya han adquirido entrenamiento y desempeñan trabajos con respecto al motor Caterpillar C15.

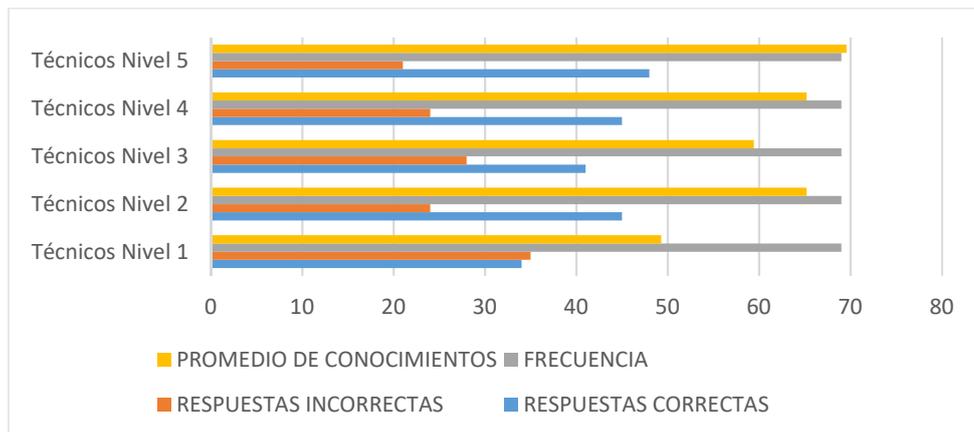
Al grupo muestreado se lo dividió por el nivel que cursa actualmente en su carrera de servicio correspondiente (5 niveles otorgados por CDT, según su experiencia, cursos tomados y grado de habilidades conseguidas).

A continuación, se detallan los resultados de la encuesta aplicada a 69 técnicos que reciben capacitación sobre el sistema de inyección electrónico MEUI del Motor Caterpillar C15, en el CDT de la ciudad de Quito:

1. El inyector MEUI es controlado_____ y accionado_____

- a) electrónicamente, hidráulicamente
- b) hidráulicamente, electrónicamente
- c) electrónicamente, mecánicamente
- d) mecánicamente, electrónicamente

PREGUNTA N°1	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	34	45	41	45	48
RESPUESTAS INCORRECTAS	35	24	28	24	21
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	49	65	59	65	70

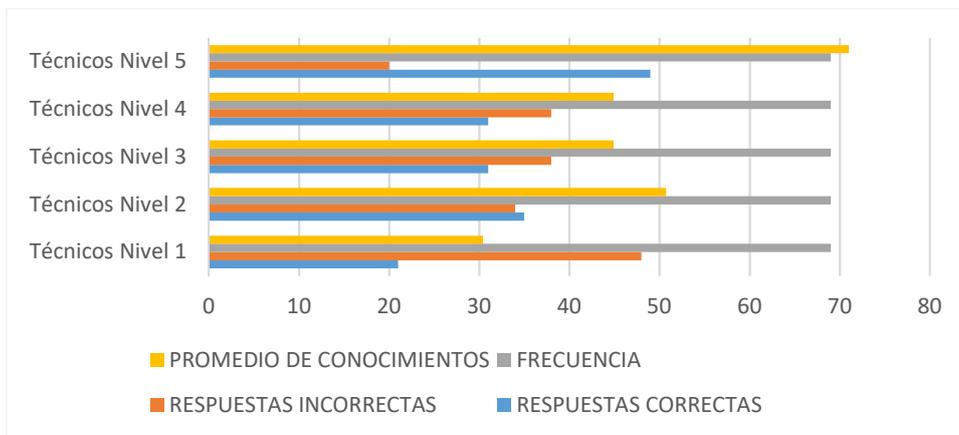


Análisis y conclusión: Esta pregunta cuestiona sobre el concepto básico del sistema MEUI, podemos observar que los técnicos de servicio en los niveles 2 al 5 tiene claro la manera como es controlado y activado el sistema, los del nivel 1 un poco más de la mitad dudo o no tiene claro el funcionamiento del sistema.

2. En el motor C15 un sensor analógico recibe una alimentación del ECM de:

- a) 8V
- b) 12V
- c) 5V
- d) No recibe alimentación

PREGUNTA N°2	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	21	35	31	31	49
RESPUESTAS INCORRECTAS	48	34	38	38	20
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	30	51	45	45	71

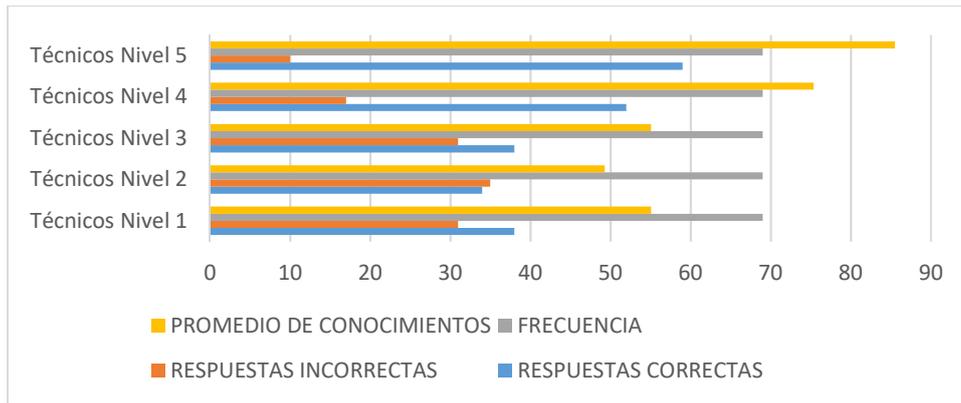


Análisis y conclusión: Los resultados de esta pregunta, indican que no hay seguridad en los 4 primeros niveles ya que muchos escogieron la opción “a” que corresponde a la alimentación de sensores digitales, por lo que no sorprendió los porcentajes obtenidos, lo que llamo la atención es el porcentaje en los técnicos de nivel 4 donde más de la mitad equivoco su respuesta, los técnicos de nivel 5 acertó el 70% con la alimentación de voltaje correcta.

3. ¿Qué es voltaje Pull Up?

- a) Voltaje provisto por el módulo de control a través de un resistor que eleva la señal del dispositivo.
- b) Voltaje provisto por el módulo de control que disminuye la señal del dispositivo.
- c) Voltaje regulado de una señal PWM
- d) Voltaje que genera un sensor digital.

PREGUNTA N°3	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	38	34	38	52	59
RESPUESTAS INCORRECTAS	31	35	31	17	10
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	55	49	55	75	86

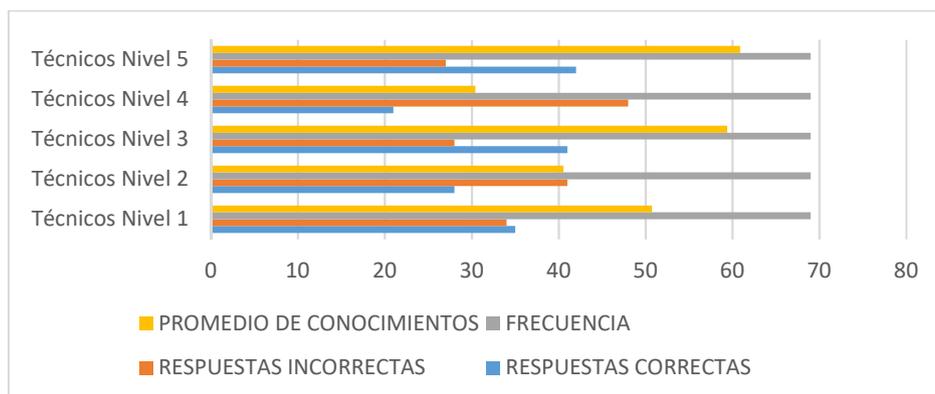


Análisis y conclusión: Al preguntar nuevamente sobre conceptos básicos del sistema electrónico del motor C15, nuevamente encontramos que la mayoría de los niveles obtiene un conocimiento de más del 50%, destacando en los niveles 4 y 5 que tienen 70% de conocimiento, los técnicos 2 fueron los únicos en tener menos del 50% claro el concepto.

4. Al evaluar un motor C15 encontraron los siguientes códigos activos: CID 0005, FMI06. Nos Indica que componente y que falla tiene, seleccione:

- a) Sensor de presión de aceite, voltaje sobre lo normal.
- b) Intermitencia de Comunicación del ECM
- c) Cortocircuito del Inyector N°5
- d) Bajo voltaje de la batería.

PREGUNTA N°4	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	35	28	41	21	40
RESPUESTAS INCORRECTAS	34	41	28	48	29
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	51	41	59	30	58



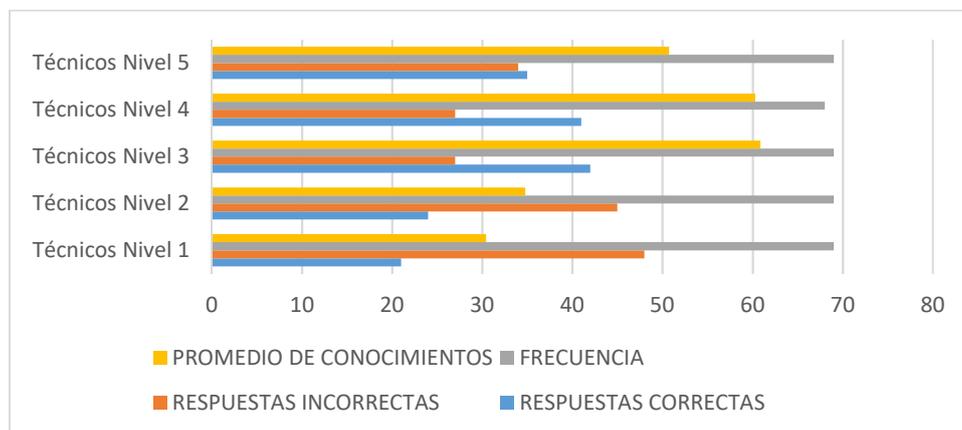
Análisis y conclusión: Esta pregunta esta direccionada a la interpretación de los técnicos con los códigos de falla presentados por el sistema electrónico del motor C15, el valor obtenido por todos los niveles es de menos del 70%, creemos que, al existir una lista de códigos muy extensa de los códigos de falla activos, pudieron confundir o dudar la

respuesta. Más consideramos que los niveles 4 y 5 debieron interpretar a que componente y tipo de falla se está refiriendo la pregunta, ya que se indica en la misma que componente falla y que tipo de falla presenta.

5. Al fallar los sensores de velocidad/tiempo, que ocurre con el motor C15:

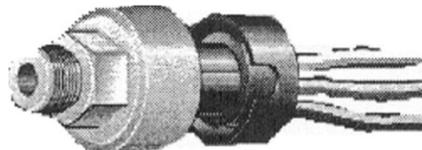
- a) No arranca.
- b) Derrateo
- c) Trabaja en modalidad frio
- d) **Arranca**

PREGUNTA N°5	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	21	24	42	41	35
RESPUESTAS INCORRECTAS	48	45	27	27	34
FRECUENCIA	69	69	69	68	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	30	35	61	60	51



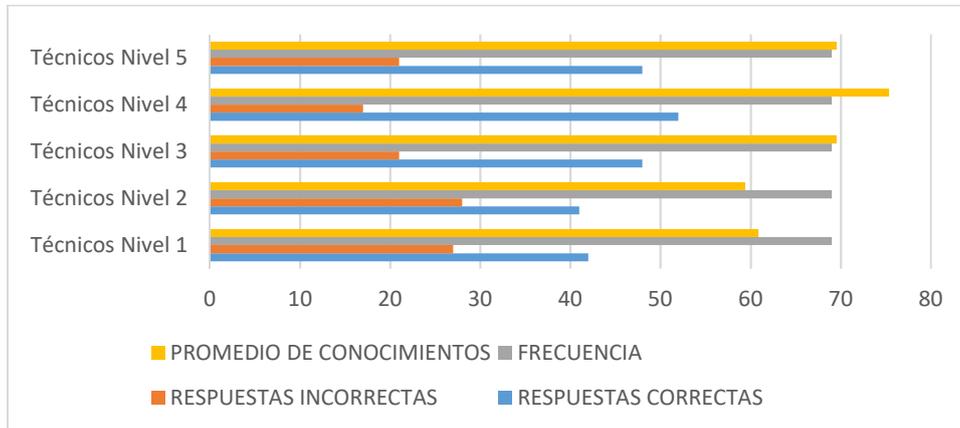
Análisis y conclusión: Al cuestionar que resultado tenemos al fallar sensores que cumplen misma función y son básicos para el encendido del motor C15, mucha fueron las dudas y se vieron reflejadas en los resultados obtenidos, nuevamente ningún nivel obtuvo más del 70% de acierto. Aquí vemos que hay confusión en el funcionamiento de los sensores y como asume el ECM. Este conocimiento pudo haber sido asimilado de mejor manera si se lo realizaba de una manera práctica al momento del entrenamiento.

6. Observe el siguiente grafico e indique de que sensor se trata:



- a) Sensor de Velocidad y Tiempo
- b) **Sensor de Presión**
- c) Sensor de Posición de aceleración.
- d) Sensor de Temperatura

PREGUNTA N°6	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	42	41	48	52	48
RESPUESTAS INCORRECTAS	27	28	21	17	21
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	61	59	70	75	70

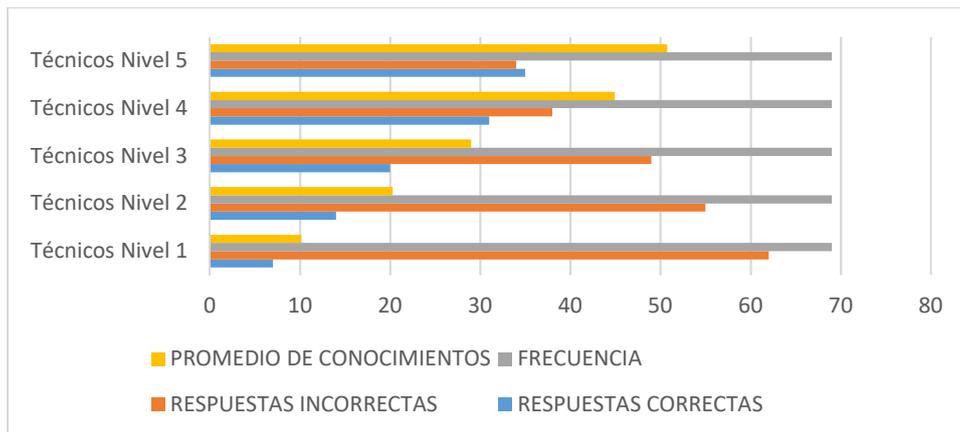


Análisis y conclusión: Llamo la atención en esta pregunta la falta de reconocimiento del sensor mostrado, al considerar que es un sensor de fácil reconocimiento no se obtuvo más del 70% en respuestas acertadas a excepción de los técnicos del nivel 4. La falta de interacción con este sensor pudo contribuir con los porcentajes obtenidos.

7. Identifique tres funciones básicas del ECM del motor C15:

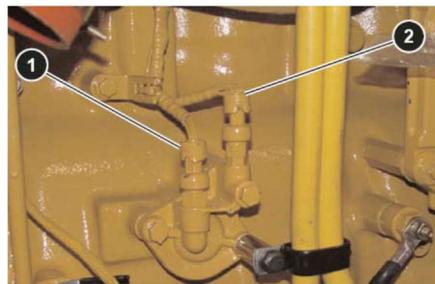
- e) Verifica señales de entrada, verifica señales de salida, procesa información.
- f) Almacena parámetros FLS, Regula parámetros FTS, sincroniza la inyección
- g) Controla el motor, protege sensores, mide las presiones de motor.
- h) Alimentar componentes, monitorear señales de sensores, controlar el motor.**

PREGUNTA N°7	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	7	14	20	31	35
RESPUESTAS INCORRECTAS	62	55	49	38	34
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	10	20	29	45	51



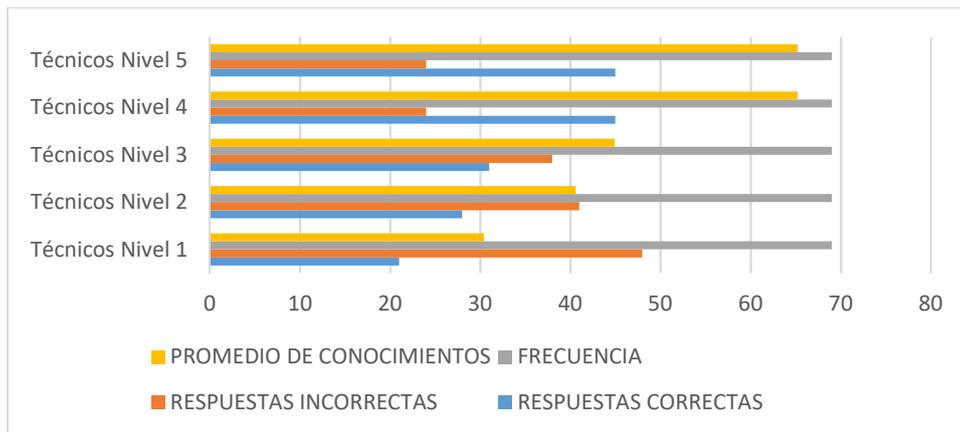
Análisis y conclusión: Únicamente los técnicos de nivel 5 superaron muy ligeramente el 50% de respuestas acertadas en determinar las funciones básicas del ECM, la pregunta fue diseñada para confundir a los técnicos de servicio en su elección, muchas de las respuestas no correctas tienen funciones que cumple el ECM del motor, pero al menos una no es la que realiza el ECM. Al comprobar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica de manera más práctica mejoraría a identificar las funciones que cumple el ECM.

8. Identifique los siguientes componentes del Motor C15:



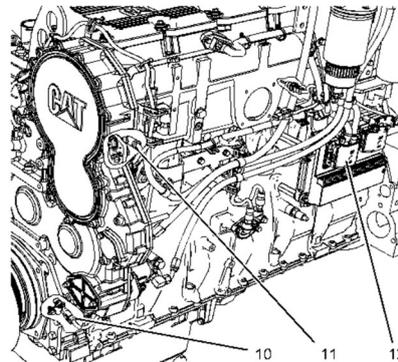
- a) 1 Sensor presión de cárter - 2 Sensor presión atmosférica
- b) 1 Sensor temperatura de aceite – 2 Sensor de posición cigüeñal
- c) 1 Sensor presión atmosférica – 2 Sensor presión de aceite motor
- d) 1 Sensor presión aceite motor – 2 Sensor de presión diferencial

PREGUNTA N°8	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	21	28	31	45	45
RESPUESTAS INCORRECTAS	48	41	38	24	24
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	30	41	45	65	65



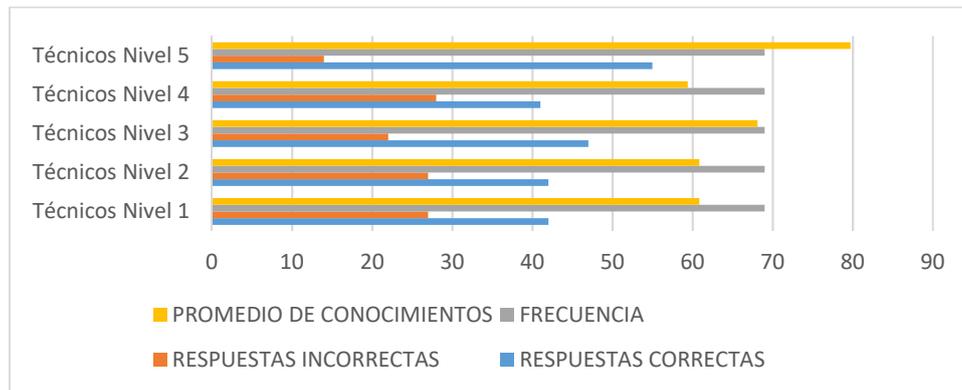
Análisis y conclusión: Al realizar esta pregunta de reconocimiento de componentes del sistema de inyección del motor C15, nuevamente obtenemos en los niveles 4 y 5 el mayor nivel de conocimiento, la falta de reconocimiento de estos sensores se hace notable en los niveles inferiores, que son los que menos experiencia cuentan con este motor. En la capacitación dictada por el CDT se realiza el reconocimiento de los componentes en los diagramas con los que se cuenta, también se realiza inspecciones en equipo que se encuentran en ese momento en el taller, pero la falta de este paso por diferentes razones, contribuye a no tener identificar plenamente a estos componentes.

9. Indique en el grafico la ubicación del sensor Primario y Secundario de velocidad y tiempo del motor C15.



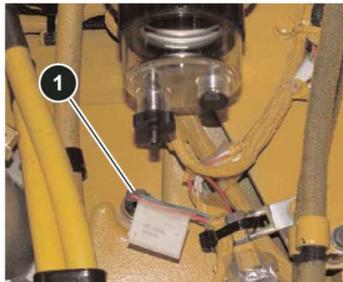
- a) Sensor presión gases cárter 11. Sensor presión atmosférica 12 ECM de motor.
- b) 10 Sensor primario velocidad/tiempo 11 Sensor secundario velocidad/tiempo 12. P2 ECM connector.**
- c) 10 Sensor temperatura aceite de motor 11 Sensor presión atmosférica 12 ECM de motor.
- d) 10 Sensor presión combustible 11 Sensor temperatura de refrigerante 12 P2 ECM de connector.

PREGUNTA N°9	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	42	42	47	41	55
RESPUESTAS INCORRECTAS	27	27	22	28	14
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	61	61	68	59	80



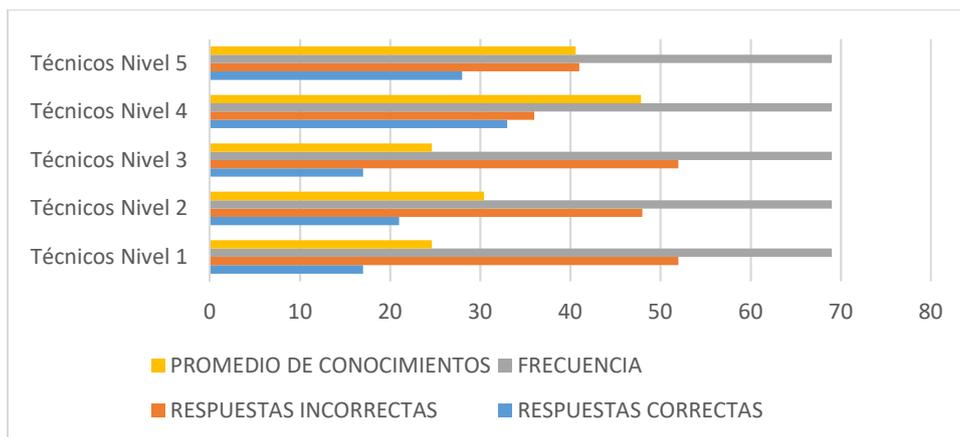
Análisis y conclusión: Al pedir que reconozcan la ubicación de dos sensores que tienen igual función (velocidad/tiempo) pero diferente ubicación, hubo mejor respuesta de los técnicos, al ser un dibujo de los textos de entrenamiento con los que se capacita a los técnicos facilitó su reconocimiento. Se espera el mismo y mejor porcentaje si se contara con un equipo didáctico que contribuya a la identificación de los componentes de manera más real.

10. ¿Por su ubicación el siguiente sensor es?



- a) **Sensor de entrada de temperatura de aire**
- b) **Sender temperatura de combustible**
- c) **Sensor de presión hidráulica**
- d) **Sensor de temperatura de refrigerante**

PREGUNTA N°10	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
RESPUESTAS CORRECTAS	17	21	17	33	28
RESPUESTAS INCORRECTAS	52	48	52	36	41
FRECUENCIA	69	69	69	69	69
PROMEDIO DE CONOCIMIENTOS	25	30	25	48	41



Análisis y conclusión: Al pedir reconocer el componente en la imagen de un motor C15, hubo bajo porcentaje de aciertos, la falta muchas veces de contar en el entrenamiento con un motor C15 que permita relacionar la ubicación de los componentes en los diagramas con la ubicación ya en la parte real del equipo, provocando que el técnico demore la ubicación del componente y pierda tiempo.

RESULTADO TOTAL DE ENCUESTA

Los resultados de nivel de conocimiento que obtuvieron los técnicos de servicio en la encuesta realizada con relación al sistema de inyección electrónica MEUI del Motor Caterpillar C15 son:

PREGUNTA N°	Técnicos Nivel 1	Técnicos Nivel 2	Técnicos Nivel 3	Técnicos Nivel 4	Técnicos Nivel 5
1	49	65	59	65	70
2	30	51	45	45	71
3	55	49	55	75	86
4	51	41	59	30	58
5	30	35	61	60	51
6	61	59	70	75	70
7	10	20	29	45	51
8	30	41	45	65	65
9	61	61	68	59	80
10	25	30	25	48	41
Nivel de conocimiento	40	45	52	57	64

2.1.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La encuesta se la realizo tomando en consideración que los técnicos de servicio de diferentes niveles presentan ciertas falencias al momento de diagnosticar el sistema de inyección MEUI del motor Caterpillar C15, por eso la necesidad de cuantificar el porcentaje de conocimiento de los técnicos de servicio.

Se identificó que en los técnicos de niveles 1 y 2 el conocimiento es de menos del 50%, esto muchas veces no es palpable en el taller ya que en el momento practico todos estos son capaces de solucionar o diagnosticar el motor C15, consideramos que al tener textos, información y personas con experiencia junto a ellos, les facilita el desarrollo de su trabajo,

más la pérdida de tiempo o efectividad no es la óptima, ya que deberían realizar el trabajo en el menor tiempo posible, objetivo que muchas veces no se cumple. Si mejoramos su nivel de conocimiento y relacionamos de manera adecuada la teoría con la práctica del tema cuando se capacitan, serán capaces de realizarlo en menor tiempo y mayor certeza cumpliendo con los estándares de trabajo dados.

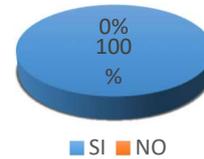
Los técnicos de nivel 3 y 4 ligeramente superan la mitad de conocimientos puestos a prueba, pese a que ya cuentan con determinada experiencia, cometen errores fruto de inseguridad o dudas del sistema MEUI, al ya conocer y trabajar en el tema por varios años les da una confianza que les hace perder interés u olvidar ciertos términos y conceptos teóricos que deben tener presentes para su trabajo. Considerando que el CDT siempre actualiza y reentrena al personal técnico, aumentaría el porcentaje de conocimiento si llegase a contar con un equipo didáctico que conjugue la práctica con la teoría, ya que no solo desarrollaría el conocimiento teórico que carece este grupo de técnicos, se aprovecharía de su experiencia para desarrollar problemas con los que se han enfrentado en el equipo didáctico, ayudando a las personas que tiene mayor conocimiento teórico pero no cuentan con la suficiente experiencia.

Por último podemos concluir que los técnicos de nivel 5 son los que mayor porcentaje de conocimiento tiene, consideramos pero que no es un porcentaje ideal que deberían mostrar en relación con el nivel que cursan, igual caso que los técnicos de nivel 4 y 5 la confianza y experiencia con la que cuentan le hace caer en un exceso que al momento de medir en la encuesta no refleja lo demostrado en su trabajo. Pese a tener mejores conocimientos teóricos-prácticos creemos que se puede mejorar sustancialmente los porcentajes obtenidos después de que realicen el reentrenamiento de este motor, en un sistema didáctico que les permita interrelacionar sus experiencias y conocimientos del sistema MEUI del motor Caterpillar C15.

ANEXOS 4. Resultados de las entrevistas.

1. ¿Ha trabajado usted o las persona bajo su cargo reparando o diagnosticando fallas en el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	14	100,00
NO	0	0,00
TOTAL	14	100,00

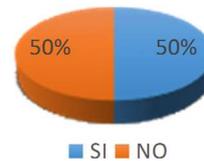


Conclusión: Todos los entrevistados afirmaron haber trabajado directa e indirectamente con el motor Caterpillar C15 ya sea en reparaciones o problemas presentados por fallas por dicho motor. Al ser un motor muy versátil su población es muy numerosa en el país se destaca su aplicación para la generación de electricidad, es un equipo muy fiable y sus las reparaciones por desgaste por horas de trabajo o mantenimientos no traen complicación mayor.

Lo que todos los entrevistados coincidieron en demoras en o exceso de tiempo al momento de evaluar el sistema electrónico de inyección, por parte de los técnicos de servicio, pese a tener la herramienta E.T. (Electronic Tecnichian) los técnicos se ven mermados en un porcentaje al momento de definir con mayor precisión el problema.

2. ¿Conoce usted detalladamente los componentes del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 y las funciones que cumplen?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	7	50,00
NO	7	50,00
TOTAL	14	100,00



Conclusión: La mitad de los entrevistados supo afirmar que conoce los componentes del sistema de inyección MEUI del motor C15, este porcentaje se destaca por que está directamente inmiscuido en la parte técnica ya sea en la capacitación y comunicación técnica.

El otro porcentaje conoce el motor C15, pero no se sentía en la capacidad de nombrar todos sus componentes o conocerlos detalladamente, de igual manera se pudo detectar que este grupo, cumple funciones de otra índole y la falta de relación con dicho sistema ha producido que se olviden ciertos conceptos o simplemente no ha existido el interés para conocerlo más a fondo.

3. ¿Los técnicos de servicio bajo su cargo, han presentado dificultades al momento de evaluar o comprobar el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	11	78,57
NO	3	21,43
TOTAL	14	100,00



Conclusión: Un porcentaje elevado de los entrevistados indico que los técnicos de servicio han presentado dificultades al momento de evaluar el sistema electrónico de inyección del motor en estudio, este porcentaje no fue exclusivo de supervisores de talleres, también instructores del centro CDT indicaron lo mismo, esto ya que técnicos han tenido que realizar consultas o dudas que se han presentado ya en el momento de diagnosticar estos equipos. El porcentaje que indica que no ha presentado dificultades es sobre todo con técnicos que tienen más experiencia en este tipo de trabajos.

4. ¿Le han manifestado las causas por las cuales han tenido dificultad al evaluar el sistema del motor mencionado, cuales son las principales?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
HERRAMIENTAS	2	14,29
FALTA DE INFORMACION	4	28,57
PRESION DE TRABAJO	3	21,43
FALTA DE ENTRENAMIENTO	5	35,71
TOTAL	14	100,00



Conclusión: Al preguntar por las causas por la que se presentaron dificultades, se dieron varias respuestas, al procesarlas por el número e importancia que dieron los entrevistados, se obtuvo que los técnicos responsabilizan las dificultades en un 14% a las herramientas con las que cuenta para el diagnóstico, otro 21% a la presión que tienen por realizar el trabajo, el 29% manifiesta a la falta de información que tiene con respecto al problema, y finalmente un 36% indica falta de entrenamiento o experiencia en relación con el problema.

5. ¿De la pregunta anterior los técnicos han sabido manifestar las razones porque los cuales la falta de entrenamiento es el mayor motivo?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
FALTA DE PRACTICAS EN LA CAPACITACION	6	42,86
FALTA DE EXPERIENCIA EN EL TEMA	2	14,29
CAPACITACION INSUFICIENTE	2	14,29
NO HUBO LA ATENCION NECESARIA EN LA CAPACITACION	4	28,57
TOTAL	14	100,00



Conclusión: Los entrevistados han sabido manifestar que los técnicos responsabilizan la falta de desarrollar prácticas en la capacitación con el 43%, esto se relacionó con el tiempo que se da para realizar las mismas y a la falta de equipos para desarrollar físicamente la teoría.

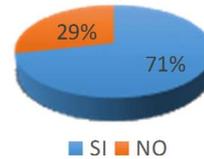
El 29% de los encuestados indica que su personal no puso la atención o interés necesario en la capacitación del tema. Llamo la atención este porcentaje y se obtuvo que el hecho de recibir capacitación mayoritariamente de forma teórica haga perder el interés o atención del tema desarrollado.

La falta de experiencia (años de trabajo y cantidad de equipo evaluados) al diagnosticar este tipo de motor se le da un 14% de responsabilidad, destaco que un mismo 14% también se da a una capacitación insuficiente, de ahí surgió nuevamente el tema relacionado nuevamente con la falta de interrelacionar más la teoría con la práctica por parte de los

instructores, mas no destaco que sea por motivo de los textos y forma como se imparte el curso.

6. ¿A tenido inconvenientes por sobrepasarse estándares de tiempo cuando se realiza el diagnostico o revisión del sistema de inyección electrónico del motor Caterpillar C15?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	10	71,43
NO	4	28,57
TOTAL	14	100,00



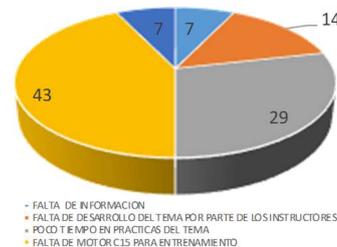
Conclusión: A esta pregunta se debe tener en consideración que los supervisores, y comunicadores técnicos afirmaron haber tenido problemas con los estándares de tiempo que da Caterpillar al distribuidor, para la evaluación del sistema electrónico de combustible del motor C15, esto es el 71% de los entrevistados.

El 29 % que indicaron no haber tenido problemas con el tiempo al momento de diagnóstico o evaluaciones lo componen un comunicador técnico e instructores del CDT, esto es coherente ya que ellos no tienen mayor complicación por estándares de tiempo para ejecutar trabajos.

Es así que vemos que la gente que se relaciona directamente con trabajos técnicos todos se ha encontrado con inconvenientes por la demora de sus técnicos al evaluar o diagnosticar el sistema de inyección del motor C15.

7. ¿Cuáles considera usted que son las principales limitantes al momento de entrenar técnicos de servicio por parte del CDT, con respecto al motor C15?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
FALTA DE INFORMACION	1	7,14
FALTA DE DESARROLLO DEL TEMA POR PARTE DE LOS INSTRUCTORES	2	14,29
POCO TIEMPO EN PRACTICAS DEL TEMA	4	28,57
FALTA DE MOTOR C15 PARA ENTRENAMIENTO	6	42,86
TEXTOS INADECUADOS	1	7,14
TOTAL	14	100,00



Conclusión: La percepción que tienen los entrevistados de esta pregunta fue variada, se consideró las respuestas que coincidían entre los involucrados y luego se las valoro por lo relevante con la que cada uno de ellos hacia énfasis.

De esta manera el 7% indico que la falta de información es una limitante para el entrenamiento, de porcentaje 7% cree que los textos del curso son inadecuados para la capacitación.

El 14% de los encuestados considera que la falta de desarrollo del tema es una limitante, al cuestionar el porqué de esta respuesta supieron indicar que consideran que son los instructores del CDT, de buscar la manera para que la capacitación se realice de una manera más práctica, pese a conocer que en CDT no cuenta con un equipo donde se pueda realizar esta práctica.

El no darle mayor cantidad de horas prácticas en el desarrollo del tema, es una limitante lo considera el 29% de los encuestados, indican que de las horas disponibles de

entrenamiento se debe aumentar la parte práctica en el desarrollo de las mismas. En este punto salió ideas como la de contar con un equipo didáctico para poder realizar el entrenamiento practico sin necesidad de salir del aula.

Los entrevistados se manifestaron mayoritariamente con el 43% a la falta de un motor C15, para el desarrollo del curso, es la limitante que consideran no permite obtener un conocimiento adecuado a los técnicos de taller, también indicaron ser conscientes del costo que significaría tener un motor C15 exclusivo para la capacitación de los técnicos de servicio.

8. ¿Considera usted que con el apoyo de un sistema didáctico del sistema de inyección MEUI del Motor Caterpillar C15 los técnicos capacitados por CDT comprenderán mejor su funcionamiento y/o comportamiento del sistema?

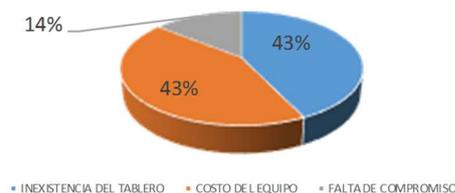
RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	13	92,86
NO	1	7,14
TOTAL	14	100,00



Conclusión: El 93% de los encuestados considera que con el apoyo de un sistema didáctico de inyección electrónico MEUI del motor Caterpillar C15, los técnicos de servicio comprenderán mejor su funcionamiento, el 7% restante considera que es difícil encontrar un sistema didáctico diseñado exclusivamente para la capacitación en el tema.

9. ¿Cuáles considera usted son las principales razones para no disponer de un sistema didáctico para la capacitación en el sistema de inyección MEUI de motor Caterpillar C15?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
INEXISTENCIA DEL TABLERO	6	42,86
COSTO DEL EQUIPO	6	42,86
FALTA DE COMPROMISO	2	14,29
TOTAL	14	100,00



Conclusión: Se toma en consideración que solo el 14% de los entrevistados, creen que la falta de compromiso para mejorar el entrenamiento sería la limitante para no contar con el sistema didáctico, un 43% considera que el costo de un motor C15 o un equipo didáctico similar sería muy elevado lo que sería la causa para no contar con dicho equipo, y en igual porcentaje los entrevistados consideran la inexistencia del equipo didáctico (no existe en el medio local) otra limitante por la cual no se podría contar con el sistema didáctico para el entrenamiento de los técnicos de servicio.

10. ¿Apoyaría la implementación de un sistema didáctico de inyección MEUI de motor Caterpillar C15 en el CDT, para la capacitación de los técnicos de servicio?

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	14	100,00
NO	0	0,00
TOTAL	14	100,00



Conclusión: Los resultados obtenidos por partes de los supervisores, comunicadores técnicos e instructores no deja en duda, el apoyo con él se contaría para la implementación del sistema didáctico de inyección electrónica del motor Caterpillar C15, el 100% de los encuestados afirma de manera uniforme que de contar con el equipo de entrenamiento se apoyaría su implementación en el Centro de Desarrollo Técnico y sobre todo elevara el nivel de conocimiento de los técnicos de servicio, mejorando así el servicio que se brinda a los clientes.

ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN DE LA ENTREVISTA

Se analiza detalladamente cada una de la pregunta que se efectuaron a los supervisores e instructores, se puede proceder a elabora conclusiones generales del estudio, las mismas que se muestran a continuación:

- Todos los entrevistados afirmaron tener contacto laboral con el motor Caterpillar C15, la mitad conoce detalladamente el funcionamiento y componentes del motor, mientras que el resto indica no estar actualizado con el mismo. Esto debido a que los dos porcentajes ejecutan diferentes tareas en sus puestos de trabajo, pero están inmiscuidos con la supervisión, comunicación y entrenamiento de los técnicos de servicio que ejecutan trabajos en este motor.
- La mayoría de los encuestados indicaron que los técnicos que tienen bajo su mando presentaron dificultades al momento de diagnosticar o solucionar problemas relacionados con el sistema de inyección electrónico MEUI del motor Caterpillar C15, esto les ha generado dificultades relacionadas con tiempos de entrega y estándares de tiempo que deben cumplir tanto a los que ejecutan y supervisan los trabajos.
- Al cuestionar sobre los problemas en la capacitación de los técnicos, los entrevistados indican que el malestar de los técnicos se centra a la falta de un motor C15 como material didáctico para la capacitación por parte del CDT. Se reconoce que a pesar de que el CDT tiene una infraestructura muy adecuada no cuenta con este medio para una capacitación detallada y practica del tema, se reconoce los esfuerzos y alternativas que aplican los instructores del centro, pero que lamentablemente no son las propicias para satisfacer el tema.
- Consideran que es difícil poder contar con un motor C15 o un equipo didáctico exclusivamente para este tipo de motor por los altos costos de cualquiera de las opciones, también se considera la inexistencia del equipo didáctico en tiendas especializadas de nuestro país. Consideran que pese a que existe el compromiso de la empresa por la capacitación continua de los técnicos lo anteriormente mencionado no permite por el momento suplir al CDT de esta necesidad.
- El grupo entrevistado cree que la opción de contar con un sistema didáctico de inyección MEUI del motor Caterpillar C15 en el Centro de Desarrollo Técnico, contribuiría a que los técnicos comprendan de mejor manera su funcionamiento y elevara su conocimiento con respecto a este motor.

ANEXOS 5. Resultados de la observación directa.

Para poder efectuar el diagnóstico de la situación actual del centro de Desarrollo Técnico (CDT), se realizó visitas de campo al lugar, donde se pudo obtener la siguiente información.

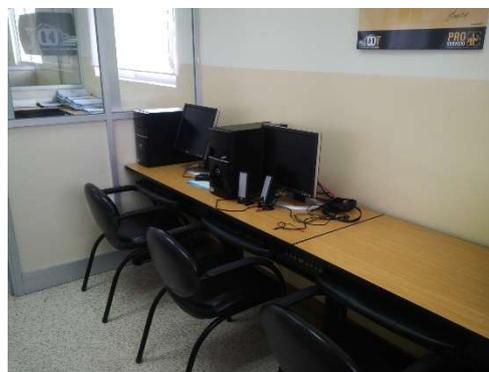


Fotografía 1. Edificio del Centro de Desarrollo Técnico Quito.

El edificio del Centro de Desarrollo Técnico de la sucursal Quito (fotografía 1), se encuentra ubicado en la parte interna de la empresa IIASA, es aquí donde se realiza el entrenamiento y capacitación de los técnicos de servicio del taller.



Fotografía 2. Oficinas CDT Quito.



Fotografía 3. Aula Multimedia

En la parte superior interna se encuentran las oficinas administrativas (fotografía 2), de los instructores y del programa de habilidades ServicePro, también se encuentra el aula virtual (fotografía 3) donde se accede a la mayoría de páginas Web que ofrece Caterpillar para consultas, cursos en línea, evaluaciones, capacitación virtual e información técnica de la marca.



Fotografía 4. Biblioteca CDT Quito



Fotografía 5. Textos y literatura Caterpillar.

En el mismo piso se encuentra ubicada la biblioteca (fotografía 4) que cuenta con Literatura de la marca (fotografía 5), textos, folletos, diagramas impresos, esta se vio reducida ya que la información de la marca se encuentra completamente en la red, por lo que ya no es necesario contar con muchos textos.



Fotografía 6. Aula N°1



Fotografía 7. Aula N°2

Existe dos aulas para el desarrollo de la parte teórica de los cursos, una en la parte superior del edificio (fotografía 6) y la otra en la parte inferior (fotografía 7), tiene capacidad para 18 personas cada una, ambas aulas están equipadas con puntos de red e infocus. Como se podrá apreciar no existen componentes o equipos didácticos en las aulas.

La distancia que existe entre las aulas y el taller no es muy considerable, lo que permite interrelacionar el estudio teórico con el práctico en cuestión de solo ir al taller del CDT. Pero si no se cuenta con los componentes o equipó para realizar las prácticas en el taller del CDT, se debe ir al taller de servicio, donde el ruido de los equipos que se prueban, y el tener en consideración que solo se puede observar y no interactuar con el equipo en sí, ya es una pérdida de tiempo y recursos, a esto se debe también considerar, que muchas ocasiones no se encuentra el equipo de estudio disponible para el entrenamiento, por lo que no hay más alternativa que realizar el entrenamiento netamente en el aula. Estas condiciones son las que se salen de las manos de los instructores que siempre buscar la manera de poder desarrollar de manera más practica el entrenamiento y desarrollo del curso.



Fotografía 8. Ingreso a taller de CDT.



Fotografía 9. Mesas de trabajo con componentes.

La infraestructura con la que cuenta el taller (fotografía 8) y laboratorios del CDT de la ciudad de Quito son muy óptimos, ya que cuenta con un gran espacio físico, mesas de trabajo, y herramienta (fotografía 9) de acuerdo a las exigencias y necesidades que requiera el curso.



Fotografía 10. Taller con equipos para prácticas.



Fotografía 11. Taller con equipos para prácticas.

Como podemos observar en las fotografías 10 y 11, se cuenta con ocho tipos de motores para la capacitación de temas específicos a los técnicos, al indagar si existe un motor Caterpillar C15 se nos informó que el centro no cuenta con dicho equipo, por lo que se lo debe hacer cuando hay disponibilidad del equipo en el taller de servicio, o realizar el entrenamiento en el aula, esto se agrava aun cuando se va estudiar netamente el sistema electrónico MEUI del motor C15.



Fotografía 12. Motores para prácticas.



Fotografía 13. Sistema didáctico Hidráulico.

En la fotografía 1 podemos observar más detalladamente con algunos de los motores con los que se cuenta, de izquierda a derecha vemos que tenemos un motor Mack MP6, un motor Perkins 3056, un motor Caterpillar C32 y al final un motor Caterpillar 3126, algo que nos llamó la atención es que al tener un motor C32 (cuenta con sistema MEUI), este solo sirve para entrenamiento de la parte en si del motor, no existe la mayoría de sus componentes de inyección (componentes eléctricos), lo que no permite ser utilizado para el entrenamiento del sistema de inyección electrónico.

En la fotografía 13 observamos un sistema didáctico, que permite el entrenamiento de los técnicos de servicio en lo que se refiera a sistemas hidráulicos, este equipo fue adquirido para dar poder mejorar la capacitación teórica-practica de los técnicos, se preguntó de los resultados al utilizar un equipo didáctico en el entrenamiento, indicándonos que se cumplieron en un muy alto porcentaje las metas deseadas en dicho curso.



Fotografía 14. Bodega de taller CDT.

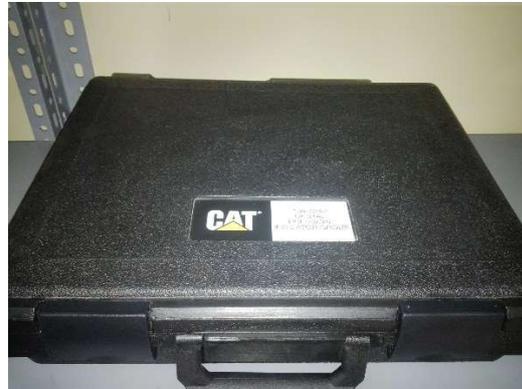


Fotografía 15. Cajas de conectores Deutsch y AmpSeal.

En las fotografías superiores (fotografía 14) podemos observar la bodega de herramienta con las que cuenta el CDT, la bodega cuenta con un completo grupo de herramientas de diagnóstico y evaluación de motores (fotografías 15, 16 y 17), que permiten conocer el uso adecuado y correcto de estas herramientas, logrando así una optimización de estos equipos.



Fotografía 16. Cajas de evaluación de sistemas.

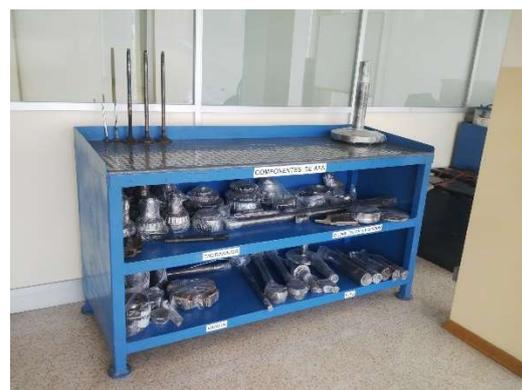


Fotografía 17. Manómetros digitales.

Ya en los laboratorios de AFA y electricidad, se cuenta con componentes y equipos que permiten conocer de una manera totalmente practica lo enseñado en el aula.



Fotografía 18. Laboratorio de electricidad.



Fotografía 19. Laboratorio de AFA.

Componentes como ECMP de todos los modelos, monitores, reguladores de voltaje, ECM se encuentran en el laboratorio de electricidad (fotografía 18), de igual forma el laboratorio de AFA (fotografía 19) cuenta con muestras y componentes que permiten estudiar de manera práctica las fallas que se pueden llegar a presentar en los componentes de los diferentes equipos Caterpillar.

Esto nos deja la conclusión de que existe un compromiso claro por relacionar la enseñanza practica en los cursos que se dicta por parte de los instructores del CDT.



Fotografía 20. Componentes para prácticas.



Fotografía 21. Bomba hidráulica de excavadora 330D.

El CDT considera una verdadera política la necesidad de realizar tareas prácticas que contribuyan al entendimiento del técnico del tema desarrollado, por tal motivo cuenta con componentes (fotografía 20) para la capacitación práctica también en otras áreas, es así que cuenta con una bomba hidráulica de excavadora 330D (fotografía 21).



Fotografía 22. Estator y rotor de generador/ C32.



Fotografía 23. Grupo de válvulas de cargadora 950G.

Rotor y estator de un generador de modelo Caterpillar C32, un grupo de válvulas de una cargadora frontal 950G, entre muchos otros componentes didácticos más.



Fotografía 24. Grupo de técnicos recibiendo capacitación



Fotografía 25. Instructor de CDT en clases.

La capacitación que realiza el CDT, es desarrollada por instructores (fotografías 24 y 25) que cuentan con certificaciones internacionales de fábrica, los instructores tienen que llevar

por un largo proceso de capacitación y experiencia, para poder capacitar a los técnicos, todos cuenta con títulos de educación superior de primer y segundo grado.

Existe un cronograma de capacitación que se lo realiza a principios de año, o según se las necesidades que pueden surgir como son las de reentrenamiento, capacitación en productos nuevos, preparación al personal para cursos en el extranjero, cursos para los cambios de nivel de los técnicos. De esta manera se garantiza la capacitación por igual de todos los técnicos de servicio de diferente nivel y de diferentes áreas.

CONCLUSIONES DE OBSERVACION DIRECTA

Como se pudo observar, el CDT fue creado y cumple la función de capacitar a los técnicos de servicio de la empresa IIASA, tiene un edificio muy completo para la parte administrativa del complejo, está muy bien estructuradas sus instalaciones, dando espacio físico a los instructores y demás personal que forma parte del centro.

El CDT cuenta con instructores altamente calificados con certificaciones extranjeras otorgadas por Caterpillar, asegurando que son personas calificadas las encargadas de entrenar a los técnicos de servicio.

La infraestructura con la que cuenta el CDT para la capacitación del personal técnico es muy completa cuenta con aulas, laboratorios y taller complemente acondicionados para desarrollar un buen entrenamiento.

Como se pudo observar cuentan con un alto número de componentes y herramientas que permiten analizar y revisar de una manera práctica lo aprendido teóricamente en las aulas.

Cuenta con equipos y sistemas determinados, para el entrenamiento específico de modelos de máquinas y motores Caterpillar.

Un punto débil que encontramos fue, el que no cuentan con un motor C15 para la capacitación del sistema de inyección MEUI que lleva este equipo, lo que determina que en el entrenamiento de los técnicos con respecto a este equipo se lo realice de mayor manera en forma teórica, se lo revisa casi por completo en el aula. Pese a los esfuerzos de los instructores por usar equipos que están en el taller de servicio o utilizar otras técnicas, existen muchas limitantes que influyen en que no se logre cumplir con los objetivos de realizar una capacitación más práctica del sistema MEUI.

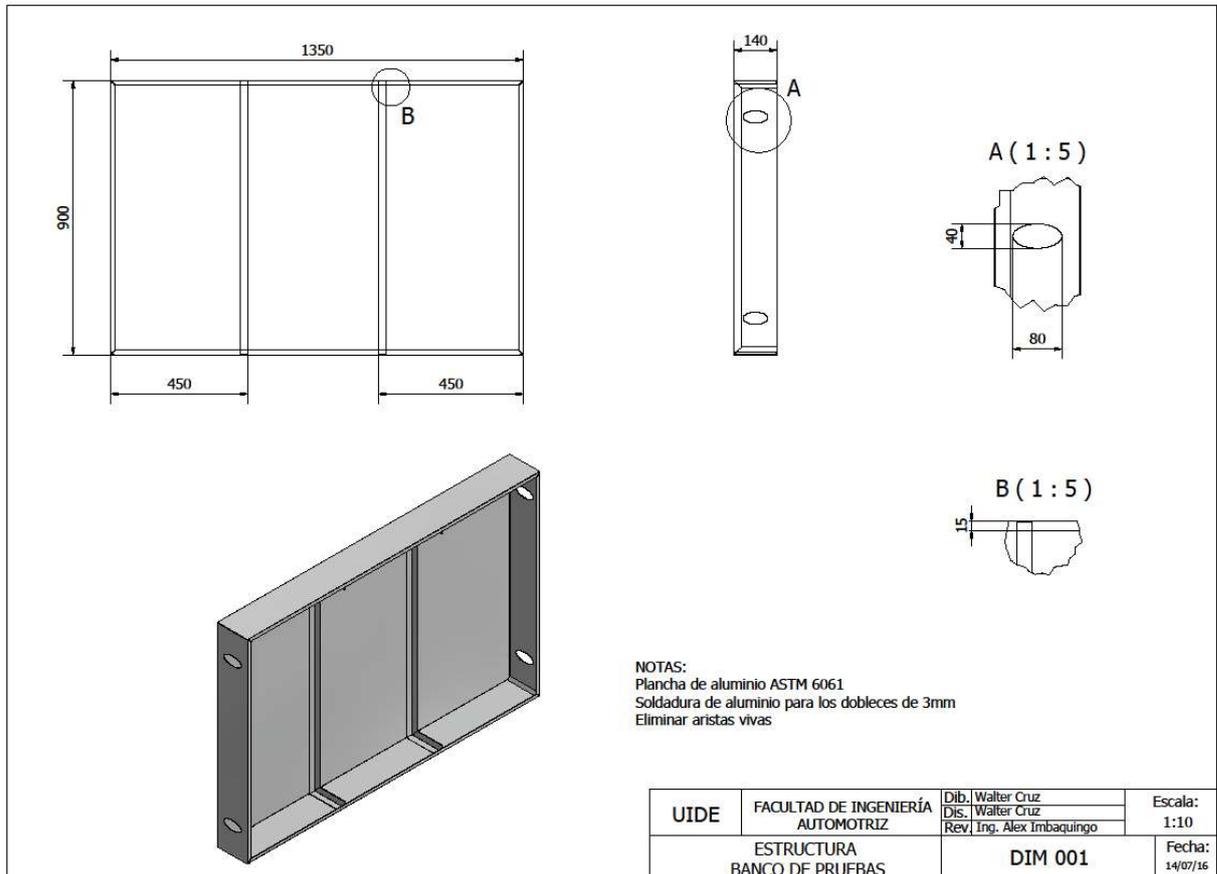
La empresa comprometida con la capacitación a adquirido para el caso de entrenamiento de sistemas hidráulicos un sistema didáctico con el fin de mejorar el entrenamiento teórico-práctico de los técnicos que reciben el curso, este ejemplo podría ser aplicado para el sistema MEUI del motor C15, pero no existe en el mercado un sistema que cumpla con las características similares al equipo que se desea estudiar, otro factor es la situación económica que atraviesa el país hace difícil por el momento la adquisición de un sistema didáctico o la compra de un motor C15 para el entrenamiento del personal.

El proyecto que estamos realizando desea satisfacer esa necesidad al dotar e implementar un sistema didáctico de inyección electrónica MEUI del motor Caterpillar C15 al Centro de Desarrollo Técnico de la ciudad de Quito, ayudando a los instructores al desarrollo del curso de una manera más práctica, ya que nuestro objetivo principal es el de elevar los conocimientos actuales de los técnicos de servicio de taller.

ANEXOS 6. Planos de la estructura del sistema simulador.



Adobe Acrobat
Document



ANEXOS 8. Programación del microcontrolador ATXMEGA256A3BU

```
$regfile = "xm256a3bundef.dat"
$crystal = 32000000          '32MHz
$hwstack = 200
$swstack = 200
$framesize = 200

Config Osc = Disabled , 32mhzosc = Enabled
Config Sysclock = 32mhz

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Porte.2 , Db5 = Porte.3 , Db6 = Porte.4 , Db7 = Porte.5 , E = Porte.1 , Rs =
Porte.0
Config Lcd = 16 * 2

On Portb_int0 Enc1 : Enable Portb_int0 , Hi
On Portb_int1 Enc2 : Enable Portb_int1 , Hi

On Porta_int0 Enc3 : Enable Porta_int0 , Hi
On Porta_int1 Enc4 : Enable Porta_int1 , Hi

On Portf_int0 Enc5 : Enable Portf_int0 , Hi
On Portf_int1 Enc6 : Enable Portf_int1 , Hi

On Portd_int0 Enc7 : Enable Portd_int0 , Hi
On Portd_int1 Enc8 : Enable Portd_int1 , Hi

On Portc_int0 Enc9 : Enable Portc_int0 , Hi

Config Portb.1 = Input : Config Xpin = Portb.1 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling
Config Portb.0 = Input : Config Xpin = Portb.0 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling

Config Porta.1 = Input : Config Xpin = Porta.1 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling
Config Porta.0 = Input : Config Xpin = Porta.0 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling

Config Portf.1 = Input : Config Xpin = Portf.1 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling
Config Portf.0 = Input : Config Xpin = Portf.0 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling

Config Portd.2 = Input : Config Xpin = Portd.2 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling
Config Portd.1 = Input : Config Xpin = Portd.1 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling

Config Portc.7 = Input : Config Xpin = Portc.7 , Outputpull = Pullup , Sense = Rising      'Falling

Portb_int0mask = &B0000_0010          ' Assign pin b0 to Portb_int0
Portb_int1mask = &B0000_0001          ' Assign pin b3 to Portb_int1

Porta_int0mask = &B0000_0010          ' Assign pin b0 to Portb_int0
Porta_int1mask = &B0000_0001          ' Assign pin b3 to Portb_int

Portf_int0mask = &B0000_0010          ' Assign pin b0 to Portb_int0
Portf_int1mask = &B0000_0001          ' Assign pin b3 to Portb_int

Portd_int0mask = &B0000_0100          ' Assign pin b0 to Portb_int0
Portd_int1mask = &B1000_0010          ' Assign pin b3 to Portb_int

Portc_int0mask = &B1000_0000          ' Assign pin b0 to Portb_int0

Config Tce0 = Normal , Prescale = 1
'Tce0_per = 13000                    '32MHz/1024 = 31250 --> One Second Tick
Tce0_per = 33500
```

```

On Tce0_ovf Te0_isr                                     'Setup overflow interrupt of Timer/Counter C0 and name
ISR
Enable Tce0_ovf , Med

Config Tce1 = Normal , Prescale = 1
'Tce1_per = 13000                                       '32MHz/1024 = 31250 --> One Second Tick
Tce1_per = 33500
On Tce1_ovf Te1_isr                                     'Setup overflow interrupt of Timer/Counter C0 and name
ISR
Enable Tce1_ovf , Med

Config Tcc0 = Pwm_topbot , Prescale = 8 , Comparea = Enabled , Compareb = Enabled , Comparec =
Enabled , Compared = Enabled , Resolution = 8
Tcc0_per = &HFF
Tcc0_cca = 0
Tcc0_ccb = 0
Tcc0_ccc = 0
Tcc0_ccd = 0

Config Tcc1 = Pwm_topbot , Prescale = 8 , Comparea = Enabled , Compareb = Enabled , Resolution = 8
Tcc1_per = &HFF
Tcc1_cca = 0
Tcc1_ccb = 0

Config Tcd0 = Pwm_topbot , Prescale = 8 , Comparea = Enabled , Resolution = 8
Tcd0_per = &HFF
Tcd0_cca = 0

Config Portb.2 = Output
Config Portb.3 = Output
'Config Dacb = Enabled , Interval = 128 , Refresh = 128 , Reference = Avcc , Left_adjusted = Disabled ,
Io0 = Enabled , Io1 = Enabled , Internal_output = Disabled , Channel = Dual
'Dacb0 = 0
'Dacb1 = 0
Dim Funcion As Byte
Dim Encoder1 As Word
Dim Encoder2 As Word
Dim Encoder3 As Byte
Dim Encoder4 As Byte
Dim Encoder5 As Byte
Dim Encoder6 As Byte
Dim Encoder7 As Byte
Dim Encoder8 As Byte
Dim Encoder9 As Byte

Dim Encoder1a As Single
Dim Encoder1c As Word
Dim Encoder3b As Single
Dim Encoder4b As Single
Dim Encoder5b As Single
Dim Encoder6b As Single
Dim Encoder7b As Single
Dim Encoder8b As Single
Dim Encoder9b As Single

Dim Relay1 As Byte
Dim Relay2 As Byte
Dim Relay3 As Byte
Dim Relay4 As Byte
Dim Relay5 As Byte
Dim Relay6 As Byte
Dim Relay7 As Byte
Dim Relay8 As Byte
Dim Relay9 As Byte

```

Dim Relaya As Byte
Dim Relayb As Byte
Dim Relayc As Byte
Dim Relayd As Byte
Dim Relaye As Byte
Dim Relayf As Byte
Dim Relayg As Byte
Dim Relayh As Byte
Dim Relayi As Byte

Dim Sw As Word

Dim V As Single
Dim V1 As String * 10

Const K = 5 / 255

'Dim Dacx As Word
'Dim A As Byte

'salidas de rele
Config Portd.6 = Output
Portd.6 = 0
Rele1 Alias Portd.6

Config Portc.6 = Output
Portc.6 = 0
Rele2 Alias Portc.6

Config Portd.5 = Output
Portd.5 = 0
Rele3 Alias Portd.5

Config Portd.4 = Output
Portd.4 = 0
Rele4 Alias Portd.4

Config Portd.3 = Output
Portd.3 = 0
Rele5 Alias Portd.3

Config Portb.7 = Output
Portb.7 = 0
Rele6 Alias Portb.7

Config Portb.6 = Output
Portb.6 = 0
Rele7 Alias Portb.6

Config Portb.5 = Output
Portb.5 = 0
Rele8 Alias Portb.5

Config Portb.4 = Output
Portb.4 = 0
Rele9 Alias Portb.4

Config Portf.4 = Input : Config Xpin = Portf.4 , Outpull = Pullup
Ea9 Alias Pinf.4

Config Portf.2 = Input : Config Xpin = Portf.2 , Outpull = Pullup
Ea8 Alias Pinf.2

Config Portd.7 = Input : Config Xpin = Portd.7 , Outpull = Pullup

Ea7 Alias Pind.7

Config Portf.3 = Input : Config Xpin = Portf.3 , Output = Pullup
Ea6 Alias Pinf.3

Config Portf.6 = Input : Config Xpin = Portf.6 , Output = Pullup
Ea5 Alias Pinf.6

Config Porta.3 = Input : Config Xpin = Porta.3 , Output = Pullup
Ea4 Alias Pina.3

Config Porta.2 = Input : Config Xpin = Porta.2 , Output = Pullup
Ea3 Alias Pina.2

Config Porta.6 = Input : Config Xpin = Porta.6 , Output = Pullup
Ea2 Alias Pina.6

Config Porta.4 = Input : Config Xpin = Porta.4 , Output = Pullup
Ea1 Alias Pina.4

'74hc165 Input Sw
Config Pina.5 = Input
Dato Alias Pina.5

Config Porta.7 = Output
Porta.7 = 0
Ck Alias Porta.7

Config Portf.7 = Output
Portf.7 = 1
Ckl Alias Portf.7

Cls
Cursor Off

Locate 1 , 1
Lcd " SIMULADOR " "
Locate 2 , 1
Lcd "CATERPILLAR C15"
Wait 2

Locate 1 , 1
Lcd " WALTER CRUZ " "
Locate 2 , 1
Lcd " UID 2017 " "
Wait 2

Encoder1 = 31980
Encoder2 = 15950
Wait 3
Cls
Enable Interrupts
Config Priority = Static , Vector = Application , Lo = Enabled , Med = Enabled , Hi = Enabled

Do
Gosub Lectura_hc165
Reset Ckl
Set Ckl
Sw = Sw And &B0000000111111111

If Sw = 255 Then
Funcion = 0
Locate 1 , 1
Lcd "VEL SECUNDARIO "

```

Encoder1a = 16000000 / Encoder1
Encoder1a = Encoder1a * 3.6
Encoder1c = Encoder1a
Locate 2 , 1
Lcd Encoder1c ; " RPM  "
'Lcd Encoder1 ; " "

Incr Relaya
Waitms 300
If Relaya > 3 Then
  Relaya = 0
  If Relay1 = 0 Then
    Relay1 = 1
    Set Rele9
  Else
    Relay1 = 0
    Reset Rele9
  End If
End If
Else
If Relaya < 4 And Relaya > 0 Then
  'Waitms 300
  Relaya = 0
End If
End If

If Sw = 383 Then
  Funcion = 1
  Locate 1 , 1
  Lcd "VEL PRIMARIO "
  Encoder1a = 16000000 / Encoder2
  Encoder1a = Encoder1a * 1.8
  Encoder1c = Encoder1a
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder1c ; " RPM  "
  'Lcd Encoder2 ; " "
  Incr Relayb
  Waitms 300
  If Relayb > 3 Then
    Relayb = 0
    If Relay2 = 0 Then
      Relay2 = 1
      Set Rele8
    Else
      Relay2 = 0
      Reset Rele8
    End If
  End If
Else
If Relayb < 4 And Relayb > 0 Then
  'Waitms 300
  Relayb = 0
End If
End If

If Sw = 447 Then
  Funcion = 2
  Locate 1 , 1
  Lcd "PRESION 4  "
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder3 ; " "
  Incr Relayc
  Waitms 300
  If Relayc > 3 Then
    Relayc = 0

```

```

If Relay3 = 0 Then
    Relay3 = 1
    Set Rele7
Else
    Relay3 = 0
    Reset Rele7
End If
End If
Else
If Relayc < 4 And Relayc > 0 Then
    'Waitms 300
    Relayc = 0
End If
End If

If Sw = 479 Then
    Funcion = 3
    Locate 1 , 1
    Lcd "PRESION 3    "
    Locate 2 , 1
    Lcd Encoder4 ; " "
    Incr Relayd
    Waitms 300
    If Relayd > 3 Then
        Relayd = 0
        If Relay4 = 0 Then
            Relay4 = 1
            Set Rele6
        Else
            Relay4 = 0
            Reset Rele6
        End If
    End If
End If
Else
If Relayd < 4 And Relayd > 0 Then
    'Waitms 300
    Relayd = 0
End If
End If

If Sw = 495 Then
    Funcion = 4
    Locate 1 , 1
    Lcd "PRESION 2    "
    Locate 2 , 1
    Lcd Encoder5 ; " "
    Incr Relaye
    Waitms 300
    If Relaye > 3 Then
        Relaye = 0
        If Relay5 = 0 Then
            Relay5 = 1
            Set Rele5
        Else
            Relay5 = 0
            Reset Rele5
        End If
    End If
End If
Else
If Relaye < 4 And Relaye > 0 Then
    'Waitms 300
    Relaye = 0
End If
End If

```

```

If Sw = 503 Then
  Funcion = 5
  Locate 1 , 1
  Lcd "PRESION 1  "
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder6 ; " "
  Incr Relayf
  Waitms 300
  If Relayf > 3 Then
    Relayf = 0
    If Relay6 = 0 Then
      Relay6 = 1
      Set Rele4
    Else
      Relay6 = 0
      Reset Rele4
    End If
  End If
Else
  If Relayf < 4 And Relayf > 0 Then
    Waitms 300
    Relayf = 0
  End If
End If

If Sw = 507 Then
  Funcion = 6
  Locate 1 , 1
  Lcd "TEMPERATURA 3  "
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder7 ; " "
  Incr Relayg
  Waitms 300
  If Relayg > 3 Then
    Relayg = 0
    If Relay7 = 0 Then
      Relay7 = 1
      Set Rele3
    Else
      Relay7 = 0
      Reset Rele3
    End If
  End If
Else
  If Relayg < 4 And Relayg > 0 Then
    Waitms 300
    Relayg = 0
  End If
End If

If Sw = 509 Then
  Funcion = 7
  Locate 1 , 1
  Lcd "TEMPERATURA 2  "
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder8 ; " "
  Incr Relayh
  Waitms 300
  If Relayh > 3 Then
    Relayh = 0
    If Relay8 = 0 Then
      Relay8 = 1
      Set Rele2
    Else
      Relay8 = 0
    End If
  End If

```

```

    Reset Rele2
  End If
End If
Else
  If Relayh < 4 And Relayh > 0 Then
    'Waitms 300
    Relayh = 0
  End If
End If

```

```

If Sw = 510 Then
  Funcion = 8
  Locate 1 , 1
  Lcd "TEMPERATURA 1  "
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder9 ; " "
  Incr Relayi
  Waitms 300
  If Relayi > 3 Then
    Relayi = 0
    If Relay9 = 0 Then
      Relay9 = 1
      Set Rele1
    Else
      Relay9 = 0
      Reset Rele1
    End If
  End If
End If

```

```

Else
  If Relayi < 4 And Relayi > 0 Then
    'Waitms 300
    Relayi = 0
  End If
End If

```

```

If Funcion = 0 Then
  Locate 1 , 1
  Lcd "VEL SECUNDARIO "
  Encoder1a = 16000000 / Encoder1
  Encoder1a = Encoder1a * 3.6
  Encoder1c = Encoder1a
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder1c ; " RPM  "
End If

```

```

If Funcion = 1 Then
  Locate 1 , 1
  Lcd "VEL PRIMARIO  "
  Encoder1a = 16000000 / Encoder2
  Encoder1a = Encoder1a * 1.8
  Encoder1c = Encoder1a
  Locate 2 , 1
  Lcd Encoder1c ; " RPM  "
End If

```

```

If Funcion = 2 Then
  Locate 1 , 1
  Lcd "PRESION 4  "
  V = Encoder3 * K
  V1 = Fusing(v , "#.##")
  Locate 2 , 1
  Lcd V1 ; " V  "
End If

```

```

If Funcion = 3 Then

```

```

Locate 1 , 1
Lcd "PRESION 3   "
V = Encoder4 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

If Funcion = 4 Then
Locate 1 , 1
Lcd "PRESION 2   "
V = Encoder5 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

If Funcion = 5 Then
Locate 1 , 1
Lcd "PRESION 1   "
V = Encoder6 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

If Funcion = 6 Then
Locate 1 , 1
Lcd "TEMPERATURA 3   "
V = Encoder7 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

If Funcion = 7 Then
Locate 1 , 1
Lcd "TEMPERATURA 2   "
V = Encoder8 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

If Funcion = 8 Then
Locate 1 , 1
Lcd "TEMPERATURA 1   "
V = Encoder9 * K
V1 = Fusing(v , "#.##")
Locate 2 , 1
Lcd V1 ; " V   "
End If

```

```

Loop
End

```

```

Lectura_hc165:
  Shiftin Dato , Ck , Sw , 0 , 16
Return

```

```

Enc1:
If Ea1 = 1 Then
  Encoder1 = Encoder1 + 1
  If Encoder1 > 60000 Then Encoder1 = 60000
  Tce0_per = Encoder1

```

```

'33500          'Dacb0 = Encoder1
Else
Encoder1 = Encoder1 - 1
If Encoder1 < 13000 Then Encoder1 = 13000
Tce0_per = Encoder1
'33500          'Dacb0 = Encoder1
End If
Return

```

```

Enc2:
If Ea2 = 1 Then
Encoder2 = Encoder2 + 1
If Encoder2 > 60000 Then Encoder2 = 60000
Tce1_per = Encoder2
'33500          'Dacb0 = Encoder1
Else
Encoder2 = Encoder2 - 1
If Encoder2 < 13000 Then Encoder2 = 13000
Tce1_per = Encoder2
'33500          'Dacb0 = Encoder1
End If
Return

```

```

Enc3:
If Ea3 = 0 Then
Incr Encoder3b
If Encoder3b = 256 Then Encoder3b = 255
Encoder3 = Encoder3b
Tcc0_cca = Encoder3
Else
Decr Encoder3b
If Encoder3b < 0 Then Encoder3b = 0
Encoder3 = Encoder3b
Tcc0_cca = Encoder3
End If
Return

```

```

Enc4:
If Ea4 = 0 Then
Incr Encoder4b
If Encoder4b = 256 Then Encoder4b = 255
Encoder4 = Encoder4b
Tcc0_ccb = Encoder4
Else
Decr Encoder4b
If Encoder4b < 0 Then Encoder4b = 0
Encoder4 = Encoder4b
Tcc0_ccb = Encoder4
End If
Return

```

```

Enc5:
If Ea5 = 0 Then
Incr Encoder5b
If Encoder5b = 256 Then Encoder5b = 255
Encoder5 = Encoder5b
Tcc0_ccc = Encoder5
Else
Decr Encoder5b
If Encoder5b < 0 Then Encoder5b = 0
Encoder5 = Encoder5b
Tcc0_ccc = Encoder5
End If
Return

```

```

Enc6:
  If Ea6 = 0 Then
    Incr Encoder6b
    If Encoder6b = 256 Then Encoder6b = 255
    Encoder6 = Encoder6b
    Tcc0_ccd = Encoder6
  Else
    Decr Encoder6b
    If Encoder6b < 0 Then Encoder6b = 0
    Encoder6 = Encoder6b
    Tcc0_ccd = Encoder6
  End If
Return

```

```

Enc7:
  If Ea7 = 0 Then
    Incr Encoder7b
    If Encoder7b = 256 Then Encoder7b = 255
    Encoder7 = Encoder7b
    Tcc1_cca = Encoder7
  Else
    Decr Encoder7b
    If Encoder7b < 0 Then Encoder7b = 0
    Encoder7 = Encoder7b
    Tcc1_cca = Encoder7
  End If
Return

```

```

Enc8:
  If Ea8 = 0 Then
    Incr Encoder8b
    If Encoder8b = 256 Then Encoder8b = 255
    Encoder8 = Encoder8b
    Tcc1_ccb = Encoder8
  Else
    Decr Encoder8b
    If Encoder8b < 0 Then Encoder8b = 0
    Encoder8 = Encoder8b
    Tcc1_ccb = Encoder8
  End If
Return

```

```

Enc9:
  If Ea9 = 0 Then
    'Incr Encoder9a
    'If Encoder9a = 5 Then
    'Encoder9a = 0
    Incr Encoder9b
    'End If
    If Encoder9b = 256 Then Encoder9b = 255
    Encoder9 = Encoder9b
    Tcd0_cca = Encoder9
  Else
    'Incr Encoder9a
    'If Encoder9a = 5 Then
    'Encoder9a = 0
    Decr Encoder9b
    'End If
    If Encoder9b < 0 Then Encoder9b = 0
    Encoder9 = Encoder9b
    Tcd0_cca = Encoder9
  End If
Return

```

```

Te0_isr:

```

```
Toggle Portb.2
'Dacx = Lookup(a , Seno)
'Dacb0 = Dacx
'Dacb1 = Dacx
'Incr A
'If A = 100 Then A = 0
'Toggle Rele9
Return
```

```
Te1_isr:
Toggle Portb.3
'Dacx = Lookup(a , Seno)
'Dacb0 = Dacx
'Dacb1 = Dacx
'Incr A
'If A = 100 Then A = 0
'Toggle Rele9
Return
```

```
Seno:
Data 2048 , 2177 , 2305 , 2432 , 2557 , 2681 , 2802 , 2920 , 3034 , 3145
Data 3251 , 3353 , 3449 , 3540 , 3625 , 3704 , 3776 , 3842 , 3900 , 3951
Data 3995 , 4031 , 4059 , 4079 , 4091 , 4095 , 4091 , 4079 , 4059 , 4031
Data 3995 , 3951 , 3900 , 3842 , 3776 , 3704 , 3625 , 3540 , 3449 , 3353
Data 3251 , 3145 , 3034 , 2920 , 2802 , 2681 , 2557 , 2432 , 2305 , 2177
Data 2048 , 1919 , 1791 , 1664 , 1539 , 1415 , 1294 , 1176 , 1062 , 951
Data 845 , 743 , 647 , 556 , 471 , 392 , 320 , 254 , 196 , 145
Data 101 , 65 , 37 , 17 , 5 , 1 , 5 , 17 , 37 , 65
Data 101 , 145 , 196 , 254 , 320 , 392 , 471 , 556 , 647 , 743
Data 845 , 951 , 1062 , 1176 , 1294 , 1415 , 1539 , 1664 , 1791 , 1919
```

ANEXOS 9. Plano para corte y doblado de estructura.



Adobe Acrobat
Document

