

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA.

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

“EVALUACIÓN Y CONTROL DE CABEZOTES EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS “M.C.I.A” MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS”.

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico.

Autores:

Luis Bolívar Sanango Tacuri.

Jaime Vinicio Bacuilima Brito.

Director:

Ing. MSC. Cristian García García.

Declaración:

Nosotros: Luis Bolívar Sanango Tacuri y Jaime Vinicio Bacuilima Brito, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Luis Bolívar Sanango Tacuri.



Jaime Vinicio Bacuilima Brito.

Cuenca, Julio del 2014.

Certificación:

Certificación que el presente trabajo fue realizado por: Luis Bolívar Sanango Tacuri y Jaime Vinicio Bacuilima Brito, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized loops and a horizontal line, positioned above a dotted line.

Ing. MSC. Cristian García García.

Dedicatoria:

Dedico este trabajo de tesis de grado a mi madre Isabel que siempre fue la guía en mi vida por sus esfuerzos incondicionales que me brindo por darme valores y disciplina desde muy pequeño, a mi padre Jaime por incentivar me desde pequeño en el campo de la mecánica y brindarme toda su experiencia, a mis hermanas: Lilian, Daysi, Carolina y a mi enamorada Isabel por siempre estar junto a mi brindándome su amistad, comprensión y sus mejores deseos para la elaboración de este proyecto.

Aprovecho la oportunidad para dedicar a mi amigo y compañero Luis Bolívar por ser perseverante en el desarrollo de este proyecto por su disponibilidad, dedicación y paciencia que apporto de la manera más oportuna y eficiente para la elaboración de este proyecto de tesis, A mis amigos y profesores que siempre estuvieron junto a nosotros en las aulas en momentos que no olvidare jamás.

A ellos dedico de todo corazón este logro y meta que me propuse desde muy pequeño y todos los logros que pueda conseguir en vida profesional.

Att:

Jaime Vinicio Bacuilima Brito.

Dedicatoria:

Dedico este trabajo de tesis de grado a mis queridos hijos Roberto y Bryan ya que ellos han sido mi fuente de inspiración y mi pilar fundamental para poder superar cada uno de los inconvenientes que surgían en mi vida estudiantil, a mi madre María que ha estado en los buenos y malos momentos, a mi padre Roberto quien con sacrificio me ha dado su apoyo incondicional, a mis hermanas Martha, Rosa, Gladis a mis sobrinas Carme, Mabel y Araceli a mi sobrino Leonel a mis cuñados quienes me han dado un apoyo moral incondicional, pero de manera única a mi amada esposa quien ha sido mi bastón para superar todos los obstáculos que se me ha presentado en este trayecto.

Aprovecho la oportunidad para dedicar a mi amigo y compañero Jaime Vinicio ya que con el hemos formado un equipo de trabajo quien con su perseverancia hemos concluido este proyecto ya que por su entrega y dedicación hemos logrado el objetivo un día propuesto, a cada uno de mis compañeros con quienes compartimos cada uno de los éxitos y fracasos en este trayecto y mis profesores quienes transmitieron sus conocimientos de manera incondicional.

Att.

Luis Bolívar Sanango Tacuri.

Agradecimientos:

Queremos dar las más sinceras gracias a las personas que nos facilitaron la oportunidad de elaborar este tema de tesis ya que fueron una ayuda incondicional y desinteresada para poder cumplir una de nuestra meta como estudiantes universitarios.

Queremos dar las gracias a nuestros padres, familiares y amigos que siempre nos brindaron su aliento para la culminación de este proyecto, al Ing. Jhon Calle por su colaboración en nuestro proyecto ya que su experiencia fue muy importante para nosotros, al Ing. Paul Pintado por brindarnos sus conocimientos técnicos y su colaboración en la elaboración de END y al compañero Cristian Fernando Bernal por su colaboración en la elaboración de END en nuestro proyecto de tesis.

A nuestro director de Tesis: Ing. MSC. Cristian García García, nuestro guía de proyecto de tesis, que supo guiarnos de la manera más oportuna con sus conocimientos y su experiencia a lo largo de la elaboración de este proyecto ya que siempre nos colaboró de la mejor manera y disponibilidad para nosotros.

Att:

Luis Bolívar Sanango Tacuri.

Jaime Vinicio Bacuilima Brito.

Resumen:

Mediante el proyecto se realizó la elaboración de este proyecto de tesis nos permite utilizar las técnicas de Ensayos no Destructivo aplicados en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que este tipo de ensayos son aplicados en varios campos de la Ingeniería ya que su importancia de inspeccionar los elementos mecánicos que se pondrán en funcionamiento para mecanismos y maquinaria.

Tenemos que el capítulo dos, realizamos una investigación de los tipos de ensayos tales como Inspección Visual, Tintas penetrantes, Radiografía y Ultrasonido en algunas normas de procesos de ensayos no destructivos para un conocimiento e información para la elaboración de los ensayos realizados en los cabezotes de aluminio que nos permite tener un conocimiento y pasos a seguir para la realización de estos procesos de la mejor manera para que nos brinde los mejores resultados de cada ensayo realizado.

En el capítulo tres, se realizan ensayos de Inspección visual, Tintas penetrantes y Ultrasonido las cuales nos revelan las imperfecciones y fisuras que poseen los cabezotes para la definición de los procesos más indicados para inspección de este tipo de elemento mecánicos ya que son de una estructura fundida que requiere una gran precisión de sus componentes.

En los capítulos cuatro y cinco, se realiza la definición de los procesos más indicados para la inspección con procesos de ensayos no destructivos y el proceso más indicado para la reparación de las mismas respectivamente, estos dos tipos de procedimiento son los más indicados mediante nuestro estudio realizado a lo largo de nuestro proyecto ya que se puede realizar como procesos para la adecuado control y reparación de estos elementos que son de gran importancia en los motores de combustión interna.

ÍNDICE.

	<u>Pág.</u>
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiv
CONTENIDO DE TABLAS.....	xix
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	xxi
CAPITULO I.....	1
1 DIAGNOSTICO DE LOS TIPOS DE FALLAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”	2
1.1 Motores de combustión interna alternativos	2
1.1.1 Generalidades.	2
1.1.2 Diagnostico.....	3
1.2 Esfuerzos mecánicos en (M.C.I.A)	4
1.2.1 Movimiento del sistema biela-manivela.	4
1.2.2 Fuerzas que actúan en los elementos móviles del motor en el sistema biela-manivela.....	7
1.3 Esfuerzos térmicos en (M.C.I.A).....	9
1.3.1 Balance térmico.....	9
1.3.2 Rendimiento térmico del motor.....	10
1.3.3 Rendimiento calórico.....	11
1.4 Diagnóstico y medición en la culata o cabeza del motor.	11
1.4.1 Generalidades.	12
1.4.2 Limpieza del cabezote.....	13
1.4.3 Fisuras.....	13
1.4.4 Planicidad de la cara plana.	14
1.4.5 Torcedura en los puertos de admisión y en los puertos de escape.....	16
1.4.6 Comprobación de guías y asientos de la cabeza de las válvulas... ..	17
1.4.7 En el sistema de lubricación.....	19
1.4.8 En el sistema de refrigeración.....	22

Capítulo II	30
2 ANALISIS DE TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES EN EL DIAGNÓSTICO DE CABEZOTES EN “M.C.I.A”	31
2.1 Generalidades.	31
2.1.1 Defectología.	32
2.2 Beneficios de los ensayos no destructivos.	32
2.3 Ensayos no destructivos superficiales por inspección visual.....	33
2.3.1 Requerimientos para el ensayo.....	33
2.3.2 Iluminación.	34
2.3.3 Limpieza.	34
2.3.4 Métodos de ensayos visuales.	35
2.3.5 Aplicaciones.	36
2.3.6 Ventajas	36
2.3.7 Desventajas.....	36
2.3.8 Reporte de la exanimación.....	37
2.4 Ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT) .	37
2.4.1 Fundamentos del ensayo por líquidos penetrantes.....	38
2.4.2 Principios físicos y características de los líquidos penetrantes.	38
2.4.3 Características generales de un líquido penetrante.	39
2.4.4 Clasificación de líquidos de acuerdo a diferentes normas.....	42
2.4.5 Preparación y limpieza inicial del elemento.....	43
2.4.6 Aplicación del liquido penetrante LP y tiempo de penetración.	44
2.4.7 Remoción del exceso de penetrantes.	48
2.4.8 Secado de la tinta.....	48
2.4.9 Aplicación del revelador.	48
2.4.10 Ventajas.....	49
2.4.11 Limitaciones.....	50
2.4.12 Reporte de la exanimación.....	50
2.5 Ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.....	50
2.5.1 Requisitos y secuencia para el ensayo por ultrasonido.....	51
2.5.2 Principio del ensayo por ultrasonido.....	52
2.5.3 Propiedades de las ondas de sonido.....	55

2.5.4	Técnicas y procedimientos.	58
2.5.5	Variables.	62
2.5.6	Normativa.	66
2.5.7	Aplicaciones.	72
2.5.8	Ventajas.	76
2.5.9	Limitaciones.	77
2.6	Ensayos no destructivos volumétricos por radiografía Industrial.	78
2.6.1	Radiografía con Rayos-X.	79
2.6.2	Radiografía con rayos Gamma.	80
2.6.3	Características de la radiación.	81
2.6.4	Requisitos y secuencia de ensayos por radiografía.	81
2.6.5	Preparación de la superficie.	82
2.6.6	Técnicas y procedimientos.	83
2.6.7	Variables a tomar en cuenta en el ensayo.	85
2.6.8	Normativa.	87
2.6.9	Equipamiento y materiales.	89
2.6.10	Indicador de calidad de imagen [Q]	91
2.6.11	Instalaciones para la visualización de radiografías.	93
2.6.12	Aplicaciones.	93
2.6.13	Ventajas.	94
2.6.14	Desventajas.	94
2.6.15	Forma de reportar el examen realizado.	94
CAPITULO III		96
3 ANALISIS EXPERIMENTAL DE LOS TIPOS DE FALLAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”		97
3.1	Ensayos no destructivos superficiales por inspección visual.	97
3.1.1	Generalidades.	97
3.2	Aplicación de Técnicas de Inspección Visual.	97
3.2.1	Pasos para la aplicación de ensayos no destructivos.	98
3.3	Inspección Visual de Cabezote de Chevrolet Swift.	105

3.3.1 Inspección visual de las cámaras de lubricación en Cabezotes de Chevrolet Swift y Chevrolet Luv.	106
3.3.2 Inspección visual de las cámaras de combustión en los Cabezote de Chevrolet Swift y Chevrolet Luv.	107
3.3.3 Inspección visual de la cámara de refrigeración en Cabezote de Chevrolet Swift.	108
3.3.4 Fichas de ensayos no destructivos por inspección visual.	108
3.4 Ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT)	111
3.4.1 Generalidades.	111
3.4.2 Aplicación de ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT).....	111
3.4.3 Pasos para la aplicación de ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT).	112
3.4.4 Aplicación del líquido penetrante LP y tiempo de penetración.	116
3.4.5 Lavado y removido del exceso de penetrantes.	117
3.4.6 Secado de la tinta.	118
3.4.7 Aplicación del revelador.	119
3.4.8 Fichas de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes.	121
3.5 Ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.....	125
3.5.1 Generalidades.	125
3.5.2 Aplicación de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.....	126
3.5.3 Pasos para la aplicación ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.	128
3.5.4 Aplicación de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.....	132
3.5.5 Colocación del Gel Sonotech, Maganaflux en las superficies de los cabezotes.....	133
3.5.6 Fichas de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.....	134
CAPITULO IV.....	136

4 CREACION DE LOS PROCESOS PARA LA EVALUACIÓN Y CONTROL DE CABEZOTES DE “M.C.I.A”.....	137
4.1 Generalidades.	137
4.2 El aluminio sus aleaciones y su soldabilidad.	137
4.2.1 Características.....	138
4.2.2 Soldabilidad.	138
4.2.3 Electrodo para aleaciones de aluminio.	141
4.2.4 Procedimiento de soldadura.	141
4.3 Aleaciones de aluminio en cultas automotrices.	143
4.3.1 Temperatura de fusión del aluminio.	143
4.3.2 Conductividad térmica.	144
4.3.3 Dilatación térmica.	144
4.3.4 Oxido de aluminio.....	145
4.3.5 Recomendaciones en los procesos de soldadura.	145
4.3.6 Metales de aportación.	147
4.3.7 Tratamiento térmico después de la soldadura.....	149
4.4 Soldeo con Tig.....	149
4.4.1 Corriente continua polaridad inversa CC+.	150
4.4.2 Corriente continua polaridad directa CC-.	150
4.4.3 Corriente Alterna.	150
4.4.4 Soldaduras con TIG corriente alterna.....	151
4.4.5 Electrodo de wolframio.	151
4.5 Soldadura por arco eléctrico con electro revestido.....	152
4.6 Proceso de soldadura en cabezotes de Cabezote de Chevrolet Swift y Cabezote de Chevrolet Luv Automotrices.	153
4.7 Soldadura por Electrodo Revestido.	153
4.7.1 Pasos del proceso de soldadura por electrodo revestido.....	154
4.7.2 Junta de la soldadura.	154
4.7.3 Tratamiento térmico luego del proceso de soldadura.....	158
4.7.4 Pasos para el proceso de soldadura Tig.	158
4.8 Procedimiento de planeado de superficie del cabezote.....	162

4.9 Limpieza de los cabezotes para la realización de ensayos no destructivos.....	163
4.10 Ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes de los procesos de soldadura.	164
4.10.1 Aplicación del líquido penetrante LP y tiempo de penetración..	164
4.10.2 Lavado y removido del exceso de penetrantes.....	165
4.10.3 Secado de la tinta.	167
4.10.4 Aplicación del revelador.....	167
4.11 Fichas de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes.....	169
CAPITULO V.....	173
5 PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA AVERÍAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”.....	174
5.1 Generalidades.	174
5.2 Mantenimiento Correctivo en cabezotes de combustión interna alternativos que presentan fisuras.	174
5.2.1 Proceso de Soldadura en Cabezotes de Aluminio.	175
5.2.2 Equipos utilizados en los procesos de soldadura de aluminio.....	175
5.2.3 Procedimiento para procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices.	177
5.2.4 Calidad de la soldadura de los procesos realizados.....	177
5.2.5 Terminado de la soldadura.....	178
5.2.6 Establecimiento del proceso correctivo para cabezotes de aluminio que presentan averías por fisuras empleado procesos de soldadura.	179
5.2.7 Proceso Tig de soldadura de aluminio.	184
Conclusiones.....	185
Recomendaciones.....	185
Anexos.	187
Anexo A. Ficha de reporte de ensayos no destructivos superficiales.	187

Anexo B. Ficha de reporte de ensayos no superficiales por tintas penetrantes.....	188
Anexo C. Fichas de reporte de ensayos volumétricos.....	189
Anexo D. Tipos de electrodos para aleaciones aluminio.	190
Bibliografía.....	191

Contenido De Figuras.

Fig. 1-1 Movimiento Biela-Manivela.	4
Fig. 1-2 Desplazamiento De Pistón.	5
Fig. 1-3 Diagrama Del Desplazamiento Del Pistón.	6
Fig. 1-4 Fuerzas Que Actúan En La Biela Manivela.	7
Fig. 1-5 Mecanismo Del Cigüeñal.	8
Fig. 1-6 Energía Distribuida En Un Motor.....	9
Fig. 1-7 Porcentaje De Pérdidas En El Motor.....	10
Fig. 1-8 Componentes Del Cabezote.	12
Fig. 1-9 Comprobación De Planitud De Un Cabezote.	15
Fig. 1-10 Comprobación De Estanqueidad En Las Cámaras.	16
Fig. 1-11 Comprobación De Puertos De Admisión Y Escape.....	16
Fig. 1-12 Volúmenes De La Cámara De Explosión En La Culata.	17
Fig. 1-13 Palpador.....	18
Fig. 1-14 Comprobación De Holgura De La Válvula.....	18
Fig. 1-15 Mediantes De Profundidad De Cabeza De Válvulas.	19
Fig. 1-16 Circuito De Lubricación.	21
Fig. 1-17 lubricación En El Cabezote.	21
Fig. 1-18 Sistema De Refrigeración.	23
Fig. 1-19 Funcionamiento Del Sistema De Lubricación.....	23
Fig. 1-20 Radiador.....	25
Fig. 1-21 Ventilador.	26
Fig. 1-22 Bomba De Agua.	27
Fig. 1-23 Termostato.	28

Fig. 1-24 Termostato Sin By-Pass.....	28
Fig. 1-25 Termostato Con By-Pass.	29
Fig. 2-1 Examen Visual.	35
Fig. 2-2 Fundamentos Del Ensayo Por Líquidos Penetrantes.....	38
Fig. 2-22 Peso En El Resorte Extendido.	54
Fig. 2-23 Angulo De Haz En El Bloque En El Bloque 1.....	60
Fig. 2-24 Angulo De Haz En El Bloque 2.	61
Fig. 2-25 Tarjeta De Impresión.....	62
Fig. 2-26 Medición De Anchura De Impulso.	64
Fig. 2-27 Bloques De Calibración.....	71
Fig. 2-18 La Técnica De Vista Individual.	83
Fig. 2-19 L a Técnica De Vista Doble.....	84
Fig. 2-20 La Exposición De Doble Pared, La Técnica De Doble Vista.	84
Fig. 2-21 Tanque De Procesamiento Manual De Cinta Radiográfica.....	90
Fig. 3-1 Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz.	98
Fig. 3-2 Cabezote De Chevrolet Luv Automotriz.	99
Fig. 3-3 Limpieza De Cabezotes Con Desengrasante.	99
Fig. 3-4 Limpieza De Cabezotes Con Desengrasante.	99
Fig. 3-5 Pulverizado De Cabezotes De Chevrolet Swift Con Gasolina.....	100
Fig. 3-6 Pulverizado De Cabezote De Chevrolet Luv Con Gasolina.	100
Fig. 3-7 Boroscopio Industrial Extech.....	101
Fig. 3-8 Boroscopio Industrial Extech.....	102
Fig. 3-9 Cabezote De Chevrolet Swift, Cabezote Chevrolet Luv Y Boroscopio Industrial Extech.....	106
Fig. 3-10 Inspección Visual De La Cámara De Lubricación Del Cabezote De Chevrolet Swift.....	106
Fig. 3-11 Inspección Visual Con El Boroscopio De La Cámara De Lubricación De Cabezote Chevrolet Luv.	107
Fig. 3-12 Inspección Visual Cámara De La Combustión Del Cabezote De Chevrolet Swift.....	107
Fig. 3-13 Inspección Visual De La Cámara De Combustión Del Cabezote De Chevrolet Swift.....	107
Fig. 3-14 Inspección Visual Con El Boroscopio De La Cámara De Refrigeración Del Cabezote Chevrolet Swift.	108

Fig. 3-15 Inspección Visual Con El Boroscopio De La Cámara De Refrigeración Del Cabezote Chevrolet Swift.	108
Fig. 3-16 Tintas Penetrantes Marca Maganaflux.....	112
Fig. 3-17 Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz.	112
Fig. 3-18 Cabezote De Chevrolet Luv Automotriz.	113
Fig. 3-19 Limpieza Cámara De Lubricación En Cabezote Chevrolet Swift.....	114
Fig. 3-20 Limpieza Cámara De Combustión En Cabezote Chevrolet Luv.....	114
Fig. 3-21 Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua, Za-1633 Método A.....	115
Fig. 3-22 Aplicación Del Penetrador Maganaflux La Cámara De Lubricación De Cabezote De Chevrolet Swift.	117
Fig. 3-23 Aplicación Del Penetrador Maganaflux En La Cámara De Combustión De Cabezote De Chevrolet Luv.....	117
Fig. 3-24 Lavado Con Agua El Penetrador Cabezote De Chevrolet Swift Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.	118
Fig. 3-25 Lavado Con Agua El Penetrador Cabezote De Chevrolet Luvsistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.....	118
Fig. 3-26 Secado De Cabezote Chevrolet Swift En El Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.	119
Fig. 3-27 Secado De Cabezote Chevrolet Luv En El Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.....	119
Fig. 3-28 Aplicación Del Reveladormaganafluxen La Cámara De Lubricación De Cabezote De Chevrolet Swift.	120
Fig. 3-29 Aplicación Del Reveladormaganaflux En La Cámara De Combustión En Cabezote De Chevrolet Luv.....	120
Fig. 3-30 Detector De Defectos Por Ultrasonidos Epoch Xt.....	126
Fig. 3-31 Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz.	128
Fig. 3-32 Cabezote De Chevrolet Luv Automotriz.	128
Fig. 3-33 Detector De Defectos Por Ultrasonidos Epoch Xt.	129
Fig. 3-34 Pantalla Detector De Defectos Por Ultrasonidos Epoch Xt.	130
Fig. 3-35 Tecladodetector De Defectos Por Ultrasonidos Epoch Xt.	131
Fig. 3-36 Transductor De Ultrasonido Epoch Xt.	131

Fig. 3-37 Gel Sonotech, Magnaflux.	132
Fig. 3-38 Colocación De Gel Sonotech-Magnaflux En Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz.	133
Fig. 3-39 Colocación De Gel Sonotech-Magnaflux En Cabezote De Chevrolet Luv Automotriz.	133
Fig. 4-1 Diagrama Fase Al – Mg.....	139
Fig. 4-2 Diagrama Fase Al – Si.	140
Fig. 4-3 Fase Diagrama. Al – Cu.	140
Fig. 4-4 Conductividad Térmica.....	144
Fig. 4-5 Geometría De La Unión Con Soldadura De Aluminio.	146
Fig. 4-6 Geometría De La Unión Con Soldadura De Aluminio.	146
Fig. 4-7 Designación De Los De Los Metales De Aportación Conforme A Aws.	148
Fig. 4-8 El Electrodo Sobresaldrá De La Tobera Una Longitud Aproximadamente Igual A La Mitad Del Diámetro De La Tobera.....	151
Fig. 4-9 Proceso De Soldadura Tig.	152
Fig. 4-10 Soldadura Con Electrodo Revestido.	153
Fig. 4-11 Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz Revelado Por Tintas Penetrantes Vista Superior.	154
Fig. 4-12 Fisura En Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz Revelado Por Tintas Penetrantes Vista Superior.....	154
Fig. 4-13 Junta Para La Realización Del Proceso De Soldadura Con Electrodo Revestido.	155
Fig. 4-14 Limpieza De Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz Para El Proceso De Soldadura Con Electrodo Revestido.....	155
Fig. 4-15 Precalentamiento Para El Proceso De Soldadura.....	156
Fig. 4-16 Electrodo De Aluminio Aw 2201 E-4043.	156
Fig. 4-17 Soldadura Con Electrodo De Aluminio Aw 2201 E-4043.....	157
Fig. 4-18 Limpieza De Escorias Luego Del Proceso De Soldadura.	157
Fig. 4-19 Tratamiento Térmico En De Cabezote De Chevrolet Swift Automotriz.	158
Fig. 4-20 Junta Para La Realización Del Proceso De Soldadura Tig.	158
Fig. 4-21 Limpieza De Cabezote De Chevrolet Luv Para El Proceso De Soldadura.	159

Fig. 4-22 Precalentamiento Para El Proceso De Soldadura.....	159
Fig. 4-23 Control De Temperatura En Cabezote Con Termómetro.	160
Fig. 4-24 Soldadura De Magnesio Az-61.	160
Fig. 4-25 Soldadura Con Proceso Tig De Aluminio.	161
Fig. 4-26 Limpieza De Escorias Luego Del Proceso De Soldadura.	161
Fig. 4-27 Tratamiento Térmico En De Cabezote De Chevrolet Luv Luego Del Proceso De Soldadura Con Tig.....	162
Fig. 4-28 Proceso De Cepillado De Cabezote Chevrolet Swift Automotriz.....	162
Fig. 4-29 Proceso De Cepillado De Cabezote Chevrolet Luv Automotriz.....	163
Fig. 4-30 Limpieza De Cabezote Chevrolet Swift Automotriz.	163
Fig. 4-31 Limpieza De Cabezote Chevrolet Luv Automotriz.	163
Fig. 4-32 Aplicación Del Penetrador Magnaflux En La Cámara De Lubricación De Cabezote De Chevrolet Swift.....	165
Fig. 4-33 Aplicación Del Penetrador Magnaflux En La Cámara De Combustión De Cabezote De Chevrolet Luv.....	165
Fig. 4-34 Lavado Con Agua El Penetrador Cabezote De Chevrolet Swift Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.	166
Fig. 4-35 Lavado Con Agua El Penetrador Cabezote De Chevrolet Luv Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.....	166
Fig. 4-36 Secado De Cabezote Chevrolet Luv En El Sistema De Inspección Por Líquidos Penetrantes Fluorescentes De Lavado De Agua.....	167
Fig. 4-37 Aplicación Del Revelador Magnaflux En La Cámara De Lubricación De Cabezote De Chevrolet Swift.....	168
Fig. 4-38 Aplicación Del Revelador Magnaflux En La Cámara De Combustión En Cabezote De Chevrolet Luv.....	168
Fig. 5-1 Comparación De Valores De Precios En Dólares Americanos De Equipos De Soldadura.	180
Fig. 5-2 Comparación De Valores En Porcentaje De Porosidad En Los Procesos De Soldadura.	181
Fig. 5-3 Calidad De Acabo De Los Procesos De Soldadura.	182

Contenido De Tablas.

Tabla. 1-1 Síntomas Y Causa De Una Fisura En El Cabezote De Un Motor.	3
Tabla. 2-1 Características De Líquidos Penetrantes.	39
Tabla. 2-2 Líquidos Penetrantes Fluorescentes.	42
Tabla. 2-3 Líquidos Penetrantes Según Norma Din 54-152.	43
Tabla. 2-4 Tiempos De Penetración Para Lp Coloreados.	45
Tabla. 2-5 Tiempos De Penetración Para Lp Coloreados Post-Emulsificables.	45
Tabla. 2-6 Tiempos De Penetración Para Lp Fluorescentes Lavables Con Agua.	46
Tabla. 2-7 Tiempos De Penetración Para Líquidos Fluorescentes Post-Emulsificables.	47
Tabla. 2-15 Variables De Un Procedimiento De Investigación Por Ultrasonido.	68
Tabla. 2-16 Diámetro De Fijación Del Material A Ser Analizado	71
Tabla. 2-17 Designación Del Bloque De Calibración.	71
Tabla. 2-10 Aplicación De Fuentes De Radiación.	80
Tabla. 2-11 Factores Equivalentes De Radiografía.	87
Tabla. 2-12 Tipo De Agujeros [Q], Designación, Espesores Y Diámetros De Agujeros.	92
Tabla. 2-13 Designación De Alambre [Q], Diámetro De Alambre E Identificación De Alambre.	92
Tabla. 2-14 Designación De Alambre [Q], Diámetro De Alambre E Identificación De Alambre.	93
Tabla. 3-1 Ficha De Inspección Visual Encabezote De Chevrolet Swift.	109
Tabla. 3-2 Ficha De Inspección Visual En Cabezote De Chevrolet Luv.	110
Tabla. 3-3 Ficha De Ensayos No Destructivos Superficiales Por Líquidos Penetrantes En Cabezote De Chevrolet Swift.	122
Tabla. 3-4 Ficha De Ensayos No Destructivos Superficiales Por Líquidos Penetrantes En Cabezote De Chevrolet Luv.	124
Tabla. 3-5 Ficha De Ensayos No Destructivos Volumétricos Por Ultrasonido Industrial En Cabezote De Chevrolet Swift.	134

Tabla. 3-6 Ficha De Ensayos No Destructivos Volumétricos Por Ultrasonido Industrial En Cabezote De Chevrolet Luv.	135
Tabla. 4-1 Comparación Cualitativa Del Nivel De Key De Las Propiedades De La Aleación Del Aluminio.	141
Tabla. 4-2 Electrodo Recubiertos Para Aluminio Y Sus Aleaciones De Acuerdo Con Aws A5.3	148
Tabla. 4-3 Alambres Y Varillas Para El Soldeo De Aluminio De Acuerdo Con Aws A5.10.	149
Tabla. 4-4 Ficha De Ensayos No Destructivos Superficiales Por Líquidos Penetrantes En Cabezote De Chevrolet Swift.....	170
Tabla. 4-5 Ficha De Ensayos No Destructivos Superficiales Por Líquidos Penetrantes En Cabezote De Chevrolet Luv.....	172
Tabla. 5-1 Equipos Para Procesos De Soldadura En Cabezotes De Aluminio Automotrices.	176
Tabla. 5-2 Procedimiento Para Procesos De Soldadura En Cabezotes De Aluminio Automotrices.....	177
Tabla. 5-3 Calidad En Procesos De Soldadura En Cabezotes De Aluminio Automotrices.	178
Tabla. 5-4 Visibilidad Del En Procesos De Soldadura En Cabezotes De Aluminio Automotrices.....	179
Tabla. 5-5 Tabla Valores De Equipos De Soldadura En El Mercado	179
Tabla. 5-6 Valores De Porcentaje De Porosidad En La Soldadura.	180
Tabla. 5-7 Dificultad Del Proceso De Soldadura.	181
Tabla. 5-8 Porcentaje De La Calidad De Acabado De La Superficie Soldada.	182
Tabla. 5-9 Costo De Utilización De Los Procesos De Soldadura En Escala Del 1-10.....	182
Tabla. 5-10 Costo De Utilización De Los Procesos De Soldadura Escala 1-10.	183
Tabla. 5-11 Costo De Mantenimiento De Los Procesos De Soldadura En Escala Del 1-10.....	183
Tabla. 5-12 Costo De Mantenimiento De Los Procesos De Soldadura Escala 1- 10.	183
Tabla. 5-13 Comparación De Los Procesos De Soldadura.	184

Contenido De Ecuaciones.

Ecuación 1-1 6

Ecuación. 1-2 8

Ecuación. 1-3 8

Ecuación. 1-4 8

Ecuación 1-5 10

Ecuación 2-1. 56

Ecuación 2-2 56

Ecuación 2-3 57

Ecuación 2-4 59

Ecuación2-5 88

CAPITULO I

1 DIAGNOSTICO DE LOS TIPOS DE FALLAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”.

1.1 Motores de combustión interna alternativos

Los motores de combustión hoy en día son las principales fuentes de movimiento, a través de estos podemos trasladarnos o movilizarnos es por esta razón se enfoca nuestro estudio en uno de los componentes como es el cabezote o también llamada culata ya que es el elemento que más sufre averías y por lo tanto reduce el rendimiento de los motores.

1.1.1 Generalidades.

La gran mayoría de la maquinaria de transporte es movida por motores de combustión interna. En la actualidad la construcción de estos tipos de motores es muy prescindible para: vehículos, lanchas, aeroplanos, trenes, excavadoras y barcos, lo mismo que para pequeñas plantas de generación de energía.¹

El propósito de un motor de combustión interna es la generación de energía mecánica a partir de la energía química almacenada en el combustible. En este tipo de motores la energía es liberada mediante la inflamación de un combustible el cual es provocado por una chispa o por compresión en motores a compresión.

El fluido de trabajo cambia su composición química antes y después de la combustión y es el encargado de transferir el trabajo al pistón que posteriormente se encarga de transferirlo al resto de los componentes de la cadena cinemática hasta llegar a las ruedas impulsadoras del movimiento.

[1] Dr, I. W. (1984). Funcionamiento De Motores De Combustion Interna . Nuevo Leon , Mexico: Editorial De La Universidad Autonoma De Nuevo Leon.

Los primeros motores de combustión interna alternativos (M.C.I.A) eran abastecidos con una carga de combustible, la cual era encendida a la presión atmosférica. Desde 1838 Burtnet descubrió que la compresión de la carga antes de combustión tenía mayores ventajas, pero no fue hasta 1862 que le francés Beau de Rachas estableció los principios fundamentales para una práctica y económica operación del motor de combustión interna.

El primer motor de combustión interna alternativos (M.C.I.A), es el motor Lenoir fue un motor monocilíndrico de dos tiempos sin compresión previa a la mezcla, formada por gas, hulla y aire. Este motor era muy ruidoso y con tendencia a sobrecalentarse y a gripar si no se refrigeraba intensamente, su rendimiento era muy bajo debido a que a la ausencia de previa compresión y por la pequeña relación de expansión. Hasta que nuevos avances lo fueron sustituyendo.

1.1.2 Diagnóstico.

Una falla observada en la culata, las válvulas o los asientos, pueden tener una o más causas. En el cuadro que presentaremos a continuación relacionamos los síntomas con las posibles causas.

SÍNTOMAS	CAUSAS
CULATA TORCIDA O CON SUPERFICIE DE ASIENTO IRREGULAR.	• Mal afijación en cada una de los soportes. • Choque térmico inadecuado. • Empaques en mal estado. • Tornillos que no se han ajustado de manera adecuada.
EL MOTOR PIERDE POTENCIA.	• Posibles fisuras en partes de un motor. • Sellos han quemado. • Presiones menores a las recomendadas.
EL MOTOR GOLPEA.	• Exceso de carbonilla. • Culata mal ajustada.
JUNTA DE CULATA QUEMADA.	• Culata torcida. • Calentamiento del motor de manera repentina. • Inadecuada sujeción de pernos de la culata.

Tabla. 1-1 Síntomas y causa de una fisura en el cabezote de un motor.
Fuente. La culata. (2011, Noviembre 28). Retrieved Agosto 2013, from <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

1.2 Esfuerzos mecánicos en (M.C.I.A)²

Este es uno de los aspectos que afecta en el buen funcionamiento ya que desde que inicia el funcionamiento el motor hasta que se detiene cada una de las partes internas actúan de manera repetitiva generando grandes cambios en las estructuras de los materiales a los que llamaremos esfuerzos mecánicos.

1.2.1 Movimiento del sistema biela-manivela.

El movimiento alternativo del pistón se transforma en circular continuo del cigüeñal mediante el mecanismo biela – manivela. Mientras el embolo se mueve de arriba hacia abajo y viceversa en trayectoria rectilínea (pistón), donde el codo del cigüeñal lo hace de forma circular.

“En el desarrollo y fabricación de productos con elementos móviles, a menudo se necesita transformar un movimiento rectilíneo en un movimiento de giro, o viceversa. Para ello se emplea una unión sencilla entre operadores: el sistema biela-manivela.

El giro producido puede transmitirse, ya sea directamente o utilizando engranajes, a un eje para producir el movimiento deseado en la máquina. Por ejemplo, en las locomotoras de vapor, el empuje comunicado por el cilindro a una biela sirve para mover las ruedas.

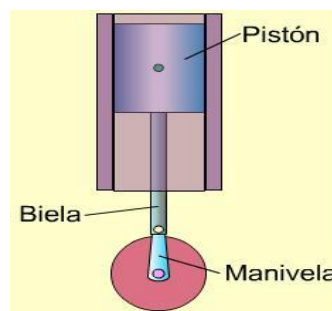


Fig. 1-1 Movimiento Biela-Manivela.
Fuente Autores.

[2] Muñoz, V. A., & Revelo, R. H. (2009). Diseño, Construcción E Implementación De Un Banco De Ensayos Verificador De Fisuras De Culatas De Motores De Combustión Interna, Mediante Pruebas Hidrostáticas Y Neumáticas.

- La **biela** es una pieza cilíndrica alargada. Por uno de sus extremos está unida a otro operador mecánico que tiene un movimiento alternativo de vaivén; por el otro extremo está unida a otro operador: la manivela.
- La **manivela** actúa como una palanca de segundo género. La reacción obtenida está aplicada cerca del eje de giro. En muchas ocasiones, la rueda desempeña el papel de manivela, como en las antiguas locomotoras de vapor.

Esta unión permite transformar el movimiento alternativo de vaivén en un movimiento de giro. Se emplea, por ejemplo, en los motores de los automóviles para transmitir el movimiento lineal de los pistones al eje de giro.”³



Fig. 1-2 Desplazamiento de pistón.
Fuente: Autores.

En esta figura R es el radio de la manivela, con L es la longitud de la biela α es el ángulo de rotación del cigüeñal hacia el punto muerto superior (P.M.S.), y β es el ángulo que forma el eje de la biela con respecto al eje del cilindro.

Una de la formas de encontrar la velocidad y la aceleración del pistón es muy importante, determinar la posición en función del ángulo de giro del cigüeñal.

[3][Http://Www.Kalipedia.Com/Tecnlogia/Tema/Mecanismos-Motores-Energia/Mecanismo-Biela-Manivela.Html?X=20070822klpingtcn_62.Kes&Ap=4](http://Www.Kalipedia.Com/Tecnlogia/Tema/Mecanismos-Motores-Energia/Mecanismo-Biela-Manivela.Html?X=20070822klpingtcn_62.Kes&Ap=4)

$$x = r(1 - \cos \alpha) + L \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha} \right)$$

Ecuación 1-1

Dónde:

L: longitud de la biela.

r: radio de la manivela.

C: carrera del cilindro.

x: posición del pistón referida al punto muerto superior.

α : ángulo girado del cigüeñal contado desde el punto muerto superior.

β : ángulo que forma la biela con el eje del cilindro.

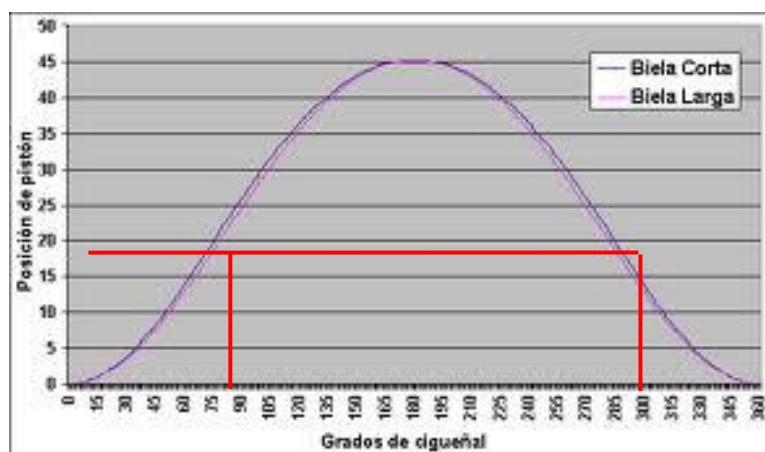


Fig. 1-3 Diagrama del desplazamiento del pistón.

Fuente. Autores.

Con esta grafica se puede visualizar claramente que no existe una relación directa entre estos movimientos, se puede decir que no siempre el valor de desplazamiento del cilindro será el mismo cuando el cigüeñal cumpla con el ángulo de giro. De esta manera podemos ver que cuando el giro del cigüeñal cumple un desplazamiento de 90° el desplazamiento ha llegado a más de la mitad del recorrido del pistón. Pero cuando llega al punto máximo de recorrido punto muerto superior (PMS) existe un pequeño segmento de permanencia antes de que el pistón retorne al punto muerto inferior (PMI).

1.2.2 Fuerzas que actúan en los elementos móviles del motor en el sistema biela-manivela.

Las principales fuerzas que actúan en el sistema biela manivela y que pueden causar fisuras en la culata del motor son fuerza de inercia y de presión de gases. En la cámara de combustión dan una resultante de fuerza F que está actuando en el eje del pistón que a su vez se descompone en otras dos fuerzas: F_b (fuerza en la biela) esta fuerza es aplicada dependiendo de la inclinación de esta, F_n (Fuerza Normal) esta fuerza es aplicada en la pared del cilindro, esta puede resultar de gran dimensión dependiendo del ángulo que forma el cigüeñal al momento de giro

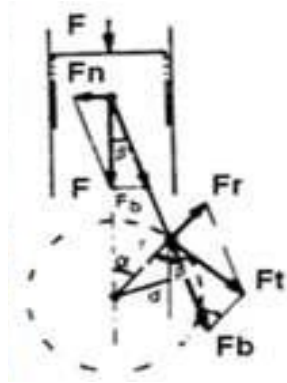


Fig. 1-4 Fuerzas que actúan en la biela manivela.

Fuente. Muñoz, V. A., & Revelo, R. H. (2009). Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos verificador de fisuras de culatas de motores de combustión interna, mediante pruebas hidrostáticas y neumáticas.

También podemos visualizar otras fuerzas que actúan en el movimiento biela manivela tales como:

F_r fuerza radial.

F_t fuerza tangencial.

Estas fuerzas que actúan contribuyen para el desarrollo del par del motor.

1.2.2.1 Partes reciprocantes.⁴

La inercia de las partes reciprocantes esta representa por la combinación de las aceleraciones periódicas de masa M del mecanismo biela-manivela- pistón que se usa ampliamente en motores de combustión interna y similares maquinas reciprocantes.

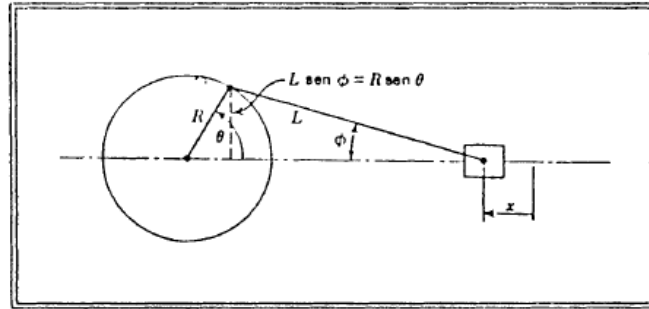


Fig. 1-5 Mecanismo del cigüeñal.

Fuente. Ramírez, S. G. (1991). Deteccion de las fallas operacionales en motpores de combustion interna mediante el uso del analisis de Vibraciones. Guayaquil, Gayas, Ecuador: Universidad Politécnica Del Litoral.

Considerando esta imagen se puede ilustrar la longitud del desplazamiento del cilindro o pistón.

$$x = r + l - r \cos \theta - l \cos \varphi$$

Ecuación. 1-2

$$x = r(1 - \cos \theta) + l(1 - \cos \varphi)$$

Ecuación. 1-3

$$x = r(1 - \cos \theta) + l \left\{ 1 - \left[1 - \left(\frac{r}{l} \right)^2 \sin^2 \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Ecuación. 1-4

Consecuentemente, las demás fuerzas alternas de inercia son causas muy importantes ocasionadas por vibraciones del motor reciprocante ya que se comportan de la misma forma cómo actúan las presiones del gas; e interviene modificando la acción resultante en el par del motor.

[4] Ramírez, S. G. (1991). Detwccion De Las Fallas Operacionales En Motpores De Combustion Interna Mediante El Uso Del Analisis De Vibraciones. Guayaquil, Gayas, Ecuador: Universidad Politecbica Del Litoral.

1.3 Esfuerzos térmicos en (M.C.I.A).

Son los esfuerzos sometidos a cambios de temperatura, ya que los elementos de cada uno de los componentes pueden dilatarse o contraerse y debido a estos cambios se generan tensiones internas que pueden ocasionar grietas internas y estos no pueden ser localizadas a simple vista sino con la ayuda de equipo sofisticados que no ocasionen perdidas de los componentes, sino que se puedan recuperar con un mantenimiento estos son los llamados ensayos no destructivos. (END)

1.3.1 Balance térmico.⁵

Se habla de balance térmico cuando todos los elementos que forman parte de la cabeza del motor de un vehículo estén en igualdad de condiciones en temperatura, pero muchas de las veces esto no sucede ya que cuando se enciende el motor tan solo una pequeña parte de la energía calorífica del combustible que se quema dentro del motor se transforma en energía mecánica que puede disponerse para el impulso del vehículo.

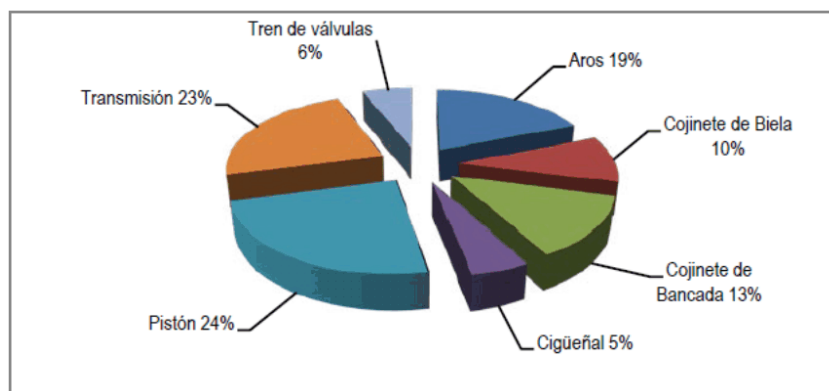


Fig. 1-6 Energía distribuida en un motor.

Fuente.La culata. (2011, Noviembre 28). Recuperado en Agosto del 2013, de <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

[5] Muñoz, V. A., & Revelo, R. H. (2009). Diseño, Construcción E Implementación De Un Banco De Ensayos Verificador De Fisuras De Culatas De Motores De Combustión Interna, Mediante Pruebas Hidrostáticas Y Neumáticas.

Por tal motivo podemos descifrar que es una de las causas para que se produzca una fisura en el cabezote del motor, ya que gran parte del poder calorífico se encuentra el combustible antes de que se produzca la explosión en la cámara de combustión, en esencia uno de los elementos que se encuentra sometido a cambios bruscos de temperatura; antes, durante y después de que el vehículo este en funcionamiento.

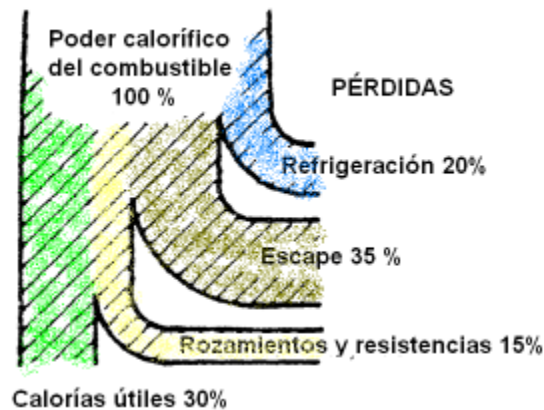


Fig. 1-7 Porcentaje de pérdidas en el motor.

Fuente. Muñoz, V. A., & Revelo, R. H. (2009). Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos verificador de fisuras de culatas de motores de combustión interna, mediante pruebas hidrostáticas y neumáticas.

En la Fig. 1.7 podemos ver claramente que las calorías utilizadas para el impulso de un vehículo son muy bajas ya que la gran parte del poder calorífico se evacua por el escape del motor.

1.3.2 Rendimiento térmico del motor.⁶

Es del rendimiento de la conversión del calor producido en un proceso de combustión en trabajo, obtenido para un ciclo del motor de combustión interna alternativo (MCIA)

$$\eta_t = \frac{\text{Trabajo obtenido}}{\text{Calor consumido}} = \frac{W}{Q_A}$$

Ecuación 1-5

[6] Dr, I. W. (1984). Funcionamiento De Motores De Combustión Interna . Nuevo León , México: Editorial De La Universidad Autonoma De Nuevo Leon.

En esta ecuación es importante valorizar el calor de la combustión del carburante, que puede incluir dudas y por ello presentarse muchos valores diferentes del rendimiento térmico para una prueba. En la práctica se prefiere utilizar el consumo específico de un combustible que es un parámetro con todos los elementos medidos en unidades técnicas normales y aceptadas como son.

Estas máquinas no son capaces de alcanzar el 100% de eficiencia térmica estos dispositivos que producen trabajo son relativamente bajos. “Los motores de combustión interna tienen una eficiencia térmica de alrededor del 25% al 30%. Es decir que el motor de un automóvil convierte alrededor del 25% al 30% de la energía química de la gasolina en trabajo mecánico.”⁷ Para iniciar el movimiento del vehículo.

Una de las grandes ventajas de este tipo de motor es que alcanza una capacidad rápida de aceleración con respecto a otros tipos que pueden alcanzar eficiencias mayores, pero la capacidad de aceleración es lenta.

1.3.3 Rendimiento calórico.

No todos los motores desperdician la misma cantidad de calor durante su funcionamiento. E incluso al comparar motores de similares características se considera un motor más eficiente aquel motor que utiliza de mejor manera el porcentaje de calor para producir movimiento. Varias son las razones por las que un motor puede cambiar su eficiencia térmica.

1.4 Diagnóstico y medición en la culata o cabeza del motor.

Para los ensayos pertinentes se realizaran las verificaciones correspondientes tales como, planicidad de la cara de acople con el block ya que este podría ser causante de la generación de esfuerzos mecánicos.

[7] Yunus Cengel, A. Transferencia De Calor Segunda Edición. Mc Graw-Hill.

1.4.1 Generalidades.

La culata, es la parte superior de un motor de combustión interna, el principal funcionamiento de este elemento es cubrir los cilindros y además permitir el paso de aire y salida de los gases de combustión.⁸

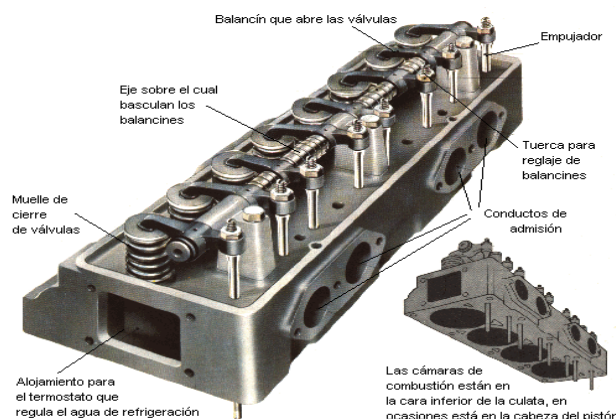


Fig. 1-8 Componentes del cabezote.

Fuente. La culata. (28 de Noviembre de 2011). Recuperado en Agosto del 2013, de <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

La culata es la pieza que cubre por la parte superior del bloque de cilindros al que va sujeta mediante pernos a su vez la culata contiene los conductos por los que entran y salen los gases al motor, también las válvulas así como el mecanismo que las acciona incluyendo además alojamiento para roscar las bujías de encendido en caso de motores encendidos por chispa.⁹

La cabeza también sufre agrietamientos en su cuerpo que puede causar el fin de la vida útil lo que provocara una sustitución. Es por la cual se realiza esta investigación para evitar el cambio prematuro de una culata de un motor, lo cual garantizaremos una reparación correcta en donde se borre las fisuras internas mediante el empleo de un mantenimiento adecuado.

[8] La Culata. (2011, Noviembre 28). Recuperada En Agosto Del 2013, De [Http://Jamonmecanicadiesellaculata.Blogspot.Com/](http://Jamonmecanicadiesellaculata.Blogspot.Com/)

[9] Extracto tesis. (N.D.). Capítulo 1 El Motor.

1.4.2 Limpieza del cabezote.

Uno de los factores más importantes para la verificación de un cabezote es la limpieza exhaustiva de la misma para la evaluación pertinente de cada uno de los componentes con el fin de determinar alguna falla en especial para descartar una fisura que este provocando el bajo rendimiento del motor.

1.4.3 Fisuras.

Se da debido a problemas de construcción con falta de estabilidad o por avería imprevista provocada por una punta de carga, la formación de fisuras es signo claro de sobrecarga estática. Su reparación profesional es difícil. Soldaduras en aluminio pueden resultar críticas por ocasionar frecuentemente tensiones en la zona reparada.

1.4.3.1 Principales causas de las fisuras.

La causa más frecuente es el llamado "calentón" provocado por alguna avería en los elementos del circuito de refrigeración hacen subir la temperatura del motor hasta límites que sobrepasan lo que los materiales pueden aguantar y se rompe, tuerce o raja el elemento que más temperatura alcanza, la culata. También puede ser por fatiga del material al pasar de un N elevado de Kms. afloramiento de algún defecto, poro de la fundición etc., puede pasar también por una manipulación incorrecta, es decir alguna vez que se desarmó y los pares de apriete no son iguales, no se cambiaron los tornillos, alguna rosca del bloque medio desgastada y la llave da medida falsa etc., otra causa muy común es que se haya planeado en exceso es decir varias veces consecutivas con lo que el aumento de compresión/temperatura se ve acompañado de un debilitamiento de la pared de aluminio.

1.4.3.2 Síntomas que existe fisuras.

- Consumo de agua.
- Humo blanco.
- Aparición de aceite en el vaso de expansión del circuito de refrigerante.

El principal síntoma de que pueda haber una fisura en el cabezote y mucho más fácil de evidenciar es la visualización de humo blanco por le escape, pero si este humo es bastante grueso y más denso de lo normal ya que lo que está quemando en la cámara de combustión es el refrigerante lo que implica que puede existir problemas en la junta del cabezote o un agrietamiento.

1.4.4 Planicidad de la cara plana.¹⁰

Para una correcta verificación de planitud en la cara plana del cabezote, se procederá a la verificación individual de cada elemento que compone la culata del motor, una vez realizada cada una de la mediciones respectivas, para esto se deberá contar con instrumentos de medición adecuados. Al realizar este procedimiento se tendrá en cuenta las condiciones que el fabricante determina en cada uno de sus manuales de reparación unas tolerancias máximas de desgaste y otras de montaje las cuales habrá que respetar, así como las recomendaciones de montaje y desmontaje. Antes de empezar con esta operación se debe tomar cuidado de que no existan fugas de agua, aceite, etc., para que al momento de la reparación se dé un mantenimiento adecuado.

La culata de un motor está sometida durante el funcionamiento a elevadas temperaturas así como también a presiones extremadamente altas las cuales producen dilataciones considerables en el material del cual está compuesto de tal manera este podrían ser uno de los factores más importantes para ocasionar fisuras.

[10] Aunarmci. (N.D.). Pruebas Antes De Desmontar La Culata. Recuperada De [Http://Es.Scribd.Com/Doc/36652066/Culata-Pruebas-Antes-De-Desmontar-La-Culata](http://Es.Scribd.Com/Doc/36652066/Culata-Pruebas-Antes-De-Desmontar-La-Culata)

La verificación de la planitud de la superficie de apoyo al bloque es muy importante ya que al no contar con una superficie paralela, al momento de la sujeción con los espárragos se generaran grandes tenciones en el material ya que estos por el trabajo. Para la verificación de la planitud de la cara de la culata se realizara con una regla rectificada la cual nos garantizara una planitud, una de las formas más comunes es identificando si pasa una cierta claridad de luz a través de la culata y la regla, en caso de que se observe una claridad, se procederá a la verificación con un juego de laminas las cuales están proporcionadas en micras y esta no deberá superar las 0,05 micras para que pase la prueba en caso de que sea mayor se llevara a una rectificación.

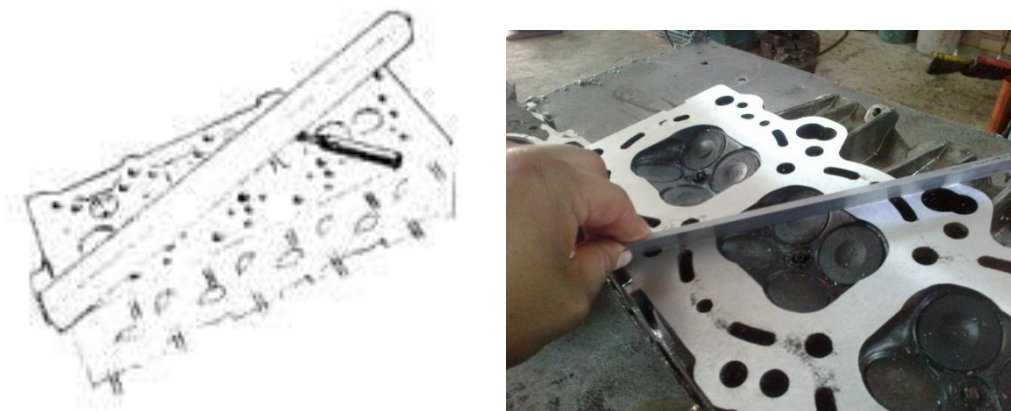


Fig. 1-9 Comprobación de planitud de un cabezote.

Fuente. AUNARMCI. (s.f.). Pruebas antes de desmontar la culata. Obtenido de <http://es.scribd.com/http://es.scribd.com/doc/36652066/Culata-Pruebas-Antes-de-Desmontar-La-Culata-y-Autores>.

En el transcurso de la revisión de una culata, deberá verificarse también la estanqueidad de las cámaras de agua, para este procedimiento se procederá cerrar cada una de las cavidades de comunicación de los ductos de refrigeración así como de lubricación, para este taponamiento se lleva a cabo por medio de placas metálicas (1), esta proveerá de la estanquidad que se fija a la culata, (3) por medio de tornillos o espárragos de fijación hacia el bloque del motor. Para la verificación de las cavidades de refrigeración la culata se ubicara en un lugar muy adecuado donde se pueda comunicar cada uno de los conductos de refrigeración de esta manera se verificara que no exista fugas o caídas de presión en estas cavidades (4) conectado a una bomba manual capaz de suministrar una presión de aire de 3 a 4 bares, indicados por un

manómetro acoplado a ella. Por el conducto (2) se hace llegar agua a las cámaras a una temperatura aproximada de 800°C. En estas condiciones se aplica por el orificio (4) una presión de 3 a 4 bares y se observa la lectura del manómetro. Si la aguja permanece inmóvil es síntoma de buena estanqueidad. Por el contrario, si se observa una caída de presión al dejar de bombear aire, significa que existen fugas, que de otra parte pueden hacerse visibles por el agua que se pierde a su través.

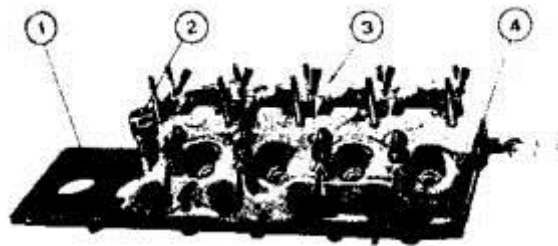


Fig. 1-10 Comprobación de estanqueidad en las cámaras.

Fuente AUNARMCI. (s.f.). Pruebas antes de desmontar la culata. Obtenido de <http://es.scribd.com/http://es.scribd.com/doc/36652066/Culata-Pruebas-Antes-de-Desmontar-La-Culata>

1.4.5 Torcedura en los puertos de admisión y en los puertos de escape.



Fig. 1-11 Comprobación de puertos de admisión y escape.

Fuente. Autores.

Para la verificación de los puertos de admisión tenemos la siguiente tabla de medidas para diferentes tipos de cabezotes de un motor.

Nº culata	Ø admision	Ø escape	volumen c.cubicos	ubicación en motores
2A628	1,0625"	1,00"	24,5 c.c	850, 998, Mini y 948 Sprite
	26,99mm	25,4mm		
2A629	1,0625"	1,00"	24,5 c.c	948, A35 Y Morris Minor
	26,99mm	25,4mm		
12A1456	1,0625"	1,00"	24,5 c.c	850, 998, Mini y 948 Sprite
	26,99mm	25,4mm		
12G202	1,156"	1,00"	26,1c.c	997 Cooper, Austin 1100 Mk
	29,36mm	25,4mm		
CAM4180	1,0625"	1,00"	25,5 c.c	998 Mini A+ (Años 80 adelante sin plomo.
	26,99mm	25,4mm		
12G206	1,218"	1,00"	28,3 c.c	primeros 998 cooper MG 1100
	30,93mm	25,4mm		
12G295	1,218"	1,00"	28,3 c.c	998 cooper, MG 1100
	30,93mm	25,4mm		
12A185	1,401"	1,22"	21,4 c.c	1º MKI cooper S
	35,6mm	31,0mm		
AEG163	1,401"	1,22"	21,4 c.c	ultimos MKI y MKII Cooper S
	35,6mm	31,0mm		
12G940	1,312"	1,15"	21,4 c.c	1275 GT, Austin 1300, ultimos A+ turbo no MG Metro
	33,33mm	29,2mm		
12G940	1,401"	1,15"	21,4 c.c	12G1805 marcado en la superficie termostato, MG 1300, 1300GT MKIII
	35,6mm	29,2mm		
12G940	1,401"	1,15"	21,4 c.c	A+ MG metro.
	35,6mm	29,2mm		

Fig. 1-12 Volúmenes de la cámara de explosión en la culata.

Fuente. Conocimientos, d. m. (n.d.). SPORTMINI. Recuperado de WWW.SPORTMINI.ES

1.4.6 Comprobación de guías y asientos de la cabeza de las válvulas.¹¹

Las holguras entre el vástago y la guía de la válvula, así como las deformaciones del vástago se verifican con un reloj comparador cuyo palpador

[11]Tucocheytu. (N.D.). [Http://Www.Tucocheytu.Com/](http://Www.Tucocheytu.Com/). Recuperado De [Http://Www.Tucocheytu.Com/Foro/Showthread](http://Www.Tucocheytu.Com/Foro/Showthread).

será puesto en contacto con la superficie de la cabeza donde estará asentada la válvula montada en su alojamiento.

Una vez realizado esto se hace girar la válvula sobre su eje observando de que no exista oscilaciones de la aguja del palpador, en caso de que hubiera es porque el vástago o la cabeza de la válvula están deformados y en muchos de los casos se tiene que sustituirlos.



Fig. 1-13 Palpador.
Fuente. Autores.

La holgura entre el vástago y su guía se comprueba moviendo la válvula lateralmente para acercarla y alejara el palpador, la lectura obtenida entre las dos posiciones determina el huelgo existente, que jamás debe sobre pasar los 0.15mm, en caso de que la medida sea mayor se debe sustituir y volver a realizar las misma verificación una vez cambiada, la tolerancia de montaje es de 0.02 – 0.06 mm. En caso de sobrepasar estas medidas con la nueva guía se sustituirá también la válvula, a cual se podrá comprobar el desgaste con un micrómetro.



Fig. 1-14 Comprobación de holgura de la válvula.
Fuente. Autores.

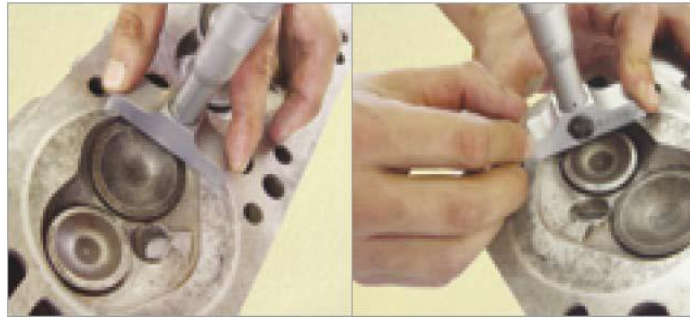


Fig. 1-15 Mediantes de profundidad de cabeza de válvulas.
Fuente. Autores.

1.4.7 En el sistema de lubricación.¹²

El sistema de lubricación será el encargado de eliminar la fricción existente entre los cuerpos que estén contacto, lo cual nos permitirá un mejor rendimiento de los motores a los cuales estamos enfocando nuestro estudio.

1.4.7.1 Que es el sistema de lubricación.

En el sistema lubricación es muy importante el acabado superficial de las cavidades por donde circulara el lubricante y las partes las cuales estarán lubricadas, en muchas de las ocasiones los acabados superficiales a simple vista aparentara estar uniforme pero en realidad existen grandes discontinuidades en la superficie la cual afectara a todo el espesor de la película de lubricante.

En caso de cilindros de los motores de combustión interna alternativos es importante una ligera rugosidad con el motivo de ayudar al rodaje más rápido y seguro.

El sistema de lubricación es el encargado de proporcionar de aceite o grasa a cada una de las partes del motor como del cabezote. Este es el encargado de formar una pequeña película entre las superficies de rozamiento, esta es la encargada de facilitar el deslizamiento reduciendo la fuerza de fricción

[12] Busines. (N.D.). Slideshare. Automocion Motores Termicos Y Sus Componentes .

existente entre metal y metal la cual incrementa el calor cuando no existe una perfecta lubricación.

La lubricación es un sistema muy complejo de estudio continuo ya que consta de una gran cantidad de partes que lo componen e intervienen en su funcionamiento uno de los propósitos es eliminar la fricción de los cuerpos que están en contacto entre sí la cual dispersara gran cantidad de energía en forma de calor y desgaste de los cuerpos.

1.4.7.2 Cómo funciona.

El circuito de lubricación proporciona de aceite del cárter aspirado por una bomba, la cual manda a presión a las diferentes partes del motor y cabezote, dentro del sistema de lubricación el principal componente a ser inspeccionado es la bomba de aceite la cual mencionaremos a continuación.

- Lubricación por grasa.
- Lubricación por goteo.
- Lubricación por inmersión.
- Lubricación forzada.

Para nuestro sistema tenemos lubricación forzada ya que el aceite es conducido a cada una de las partes por un sistema de canalizaciones por donde circula el lubricante mediante la propulsión de una bomba.

Hoy en día los motores es mayor la necesidad de un mejor rendimiento mecánico y térmico por tal motivo la necesidad de un eficiente rendimiento del sistema de lubricación la cual garantice, en cualquier situación de funcionamiento, de esta manera el sistema de lubricación más adecuada es la suministrada a presión por una bomba, esta última es la encargada de enviar lubricante a cada una de las partes que lo compone el motor, en especial para nuestro estudio los componentes de la culata.

1.4.7.3 Circuito de lubricación.

El aceite es succionada por medio de una bomba desde el Carter, la cual es enviada a través de sistema, el aceite es previamente filtrada llegando al conducto principal ubicada en el bloque y desde este distribuyéndose a las partes de apoyo del cigüeñal ubicado en el bloque, pulverizadores de aceite, árbol de levas y cada uno de los órganos especiales del motor.

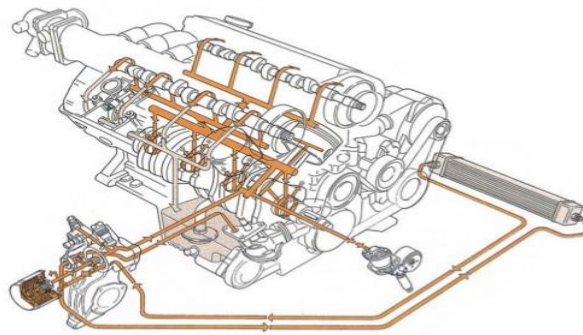


Fig. 1-16 Circuito de lubricación.

Fuente. Busines. (s.f.). Slideshare. Automocion Motores termicos y sus componentes .

Lubricación en culata este proceso, en este elemento muy importante esta dado a través de uno o varios conductos secundarios por las cuales el lubricante llega a cada una de las partes de este elementos; las partes que son lubricadas son: el árbol de levas y sus levas, balancines y sus ejes, empujadores, y silos los que asegura la alineación de los empujadores hidráulicos así como el variador de fase.

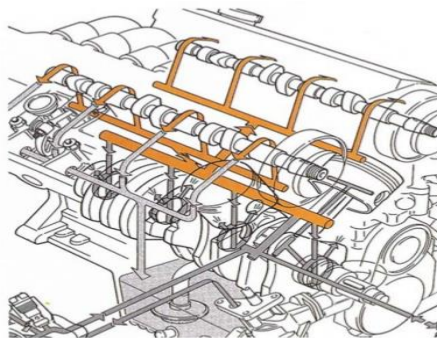


Fig. 1-17 Lubricación en el cabezote.

Fuente. Busines. (s.f.). Slideshare. Automocion Motores termicos y sus componentes .

1.4.7.4 Fallas comunes en el sistema de lubricación.

La falta de buen funcionamiento en el sistema de lubricación puede ser la causa de que se puede averiar partes móviles del cabezote y ocasionar perdidas de eficiencia en el motor por general es por esto que se debe tener mucho en cuenta el buen estado del sistema de lubricación.

Para identifica una de la posibles fallas en el sistema de lubricación (más común) goteo debemos observar la parte inferior de los motores, o bandeja de aceite que ni exista humedad.

Los motores, con el pasar del tiempo y por el calor ocasionado por el funcionamiento del mismo vencen las resistencias de las juntas, empaques y retenes la cual es la encargada de prevenir fugas de aceite y por lo tanto que se mantengan en el nivel adecuado para su correcta lubricación.

Las partes más comunes que pueden sufrir averías y causar molestias son las juntas o empaques que tapan las válvulas, sellos retenedores de aceite del frente del motor (cigüeñal, árbol de levas).

1.4.8 En el sistema de refrigeración.¹³

Para el buen funcionamiento del motor y sus partes, se requiere de una correcta refrigeración y del buen funcionamiento del mismo, ya que si no estuviese en perfecto estado podría ocasionar daños irreparables.

Este sistema es el encargado de evacuar o moderar la temperatura, hasta dejar en un valor adecuado este valor de funcionamiento del motor está entre los 75° y los 90° C, la temperatura que se alcanza en los cilindros es muy alta por lo que es muy importante la refrigeración. El exceso de calor producirá dilatación y como consecuencia el agarrotamiento de las piezas móviles.

[13] Estractotesis. (N.D.). Capitulo 1 El Motor.

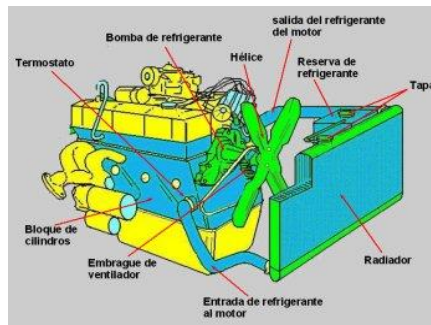


Fig. 1-18 Sistema de refrigeración.

Fuente. Los Cubos. (2010). Obtenido de <http://los-cubos.blogspot.com/2010/03/sistema-de-lubricacion.html>

1.4.8.1 Cómo funciona un sistema de refrigeración.

Cuando el motor está frío, la temperatura del refrigerante por lo general se encuentra entre 10 y 20 °C dependiendo del clima en que a la cual estaremos expuestos, una vez puesto en marcha este debe tener la capacidad de alcanzar aproximadamente a unos 300 °C en la cámara de combustión. Los materiales fundidos de los que está el motor constituido soportan estas temperaturas pero no por demasiado tiempo.

Es aquí donde entra a funcionar el sistema de refrigeración, que se encuentra constituido por varios conductos dentro del motor y el cabezote, el refrigerante que circula por ellos en muchas de las ocasiones es agua e incluso en tiempos anteriores estos eran refrigerados por aire, pero ahora los fabricantes de cada vehículo recomiendan un refrigerante especificado lo que hace más eficiente la refrigeración.

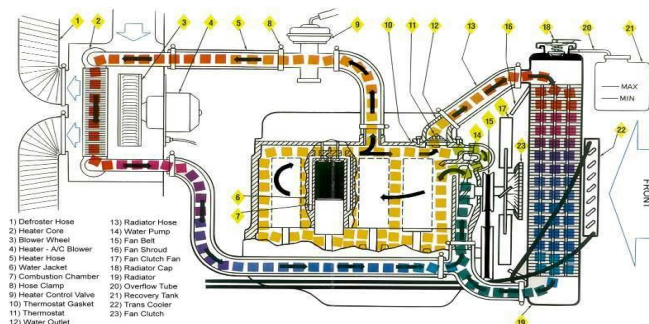


Fig. 1-19 Funcionamiento del sistema de lubricación.

Fuente. MAQUINAS. (s.f.). Blogspot. Obtenido de <http://solucionar-problemas-maquinaria.blogspot.com/>

El funcionamiento de este es cuando las partes del motor superan los 72 °C aproximadamente, se abren unas compuertas más conocidas como termostatos esto permite la circulación del refrigerante el que ha estado en circulación desde el momento que se ha puesto en marcha el motor gracias a una bomba de agua.

El funcionamiento del termostato es permitir el paso del agua, el cual inicia su recorrido a través de los ductos los cuales cubrirán todo el motor pasando por el radiador donde se encuentra el refrigerante y se enfría, volviendo al motor a una temperatura menor. El refrigerante se encuentra por mucho tiempo bordeando los 75 °C aproximadamente hasta que todo el refrigerante alcance los 95 °C aproximadamente (en muchos de los casos temperatura indicada por la casa fabricante), posteriormente arranca su funcionamiento el electro ventilador que cumple con la función de bajar la temperatura del refrigerante que se encuentra en el radiador.

Pero hay motores que alcanzan hasta los 100 °C de temperatura y a pesar de esto el agua no hierve, es por lo que el sistema de refrigeración esta presurizado (completamente sellado), lo que hace elevar el punto de ebullición del agua hasta casi los 120 °C. Pero si el sistema presenta alguna filtración, nuestro motor esta propenso a sufrir algún tipo de anomalías en especial con el sobrecalentamiento provocando serios daños, como una contracción.

1.4.8.2 Fallas presentadas en el sistema de refrigeración.

Las fallas en el sistema están asociadas principalmente a pérdidas indebidas de líquido. Las posibles fallas se presentan con un incremento de la temperatura sobre la superior a la temperatura de funcionamiento. Esta temperatura debe ser controlada siempre, desde el reloj marcador desde el tablero del vehículo, en caso de que no exista prestar atención a cualesquier anomalía o fuga de presión en el circuito.

Una de las fallas más comunes de temperatura es la fisura en el cabezote o bloque del motor, pero se da esta falla si no se presta una inmediata corrección cuando se observa alguna anomalía en el sistema o circuito de refrigeración.

1.4.8.3 Componentes del sistema de refrigeración.

El radiador.- Esta también se le puede denominar un emisor de calor, ya que es un pequeño intercambiador de calor se podría denominar como ventilconvección ya que consta de un ventilador para enfriar el líquido circundante por sus tuberías internas.

Esta dispuesto por un depósito superior e inferior conectadas con delgadas cañerías en los que circula el agua o refrigerante, provistas exteriormente de aletas por donde se hace pasar el aire a cierta velocidad impulsado por un ventilador. El aire que pasa por las aletas es el encargado de enfriar el refrigerante dentro de los tubos, para que este se encargue de refrigerar el motor, por esta razón uno de los sistemas más utilizados para la refrigeración de motores de combustión interna es el empleado por agua.



Fig. 1-20 Radiador.
Fuente. Autores.

El ventilador.- para que el radiador sea capaz de enfriar el agua, e incluso cuando el vehículo está detenido y cuando no exista circulación de aire debajo del capot es necesaria la incorporación de un ventilador que puede ser movida

por la misma bomba de agua o por acción de un motor eléctrico que funcionara eventualmente solo cuando el líquido del circuito pase de una cierta temperatura.



Fig. 1-21 Ventilador.
Fuente. Autores.

La bomba de agua.- Esta bomba es la encargada de hacer circular el agua dentro del sistema de refrigeración, se podría decir que si falla este elemento se tendría serias dificultades en todo el sistema de refrigeración.

Esta es una bomba centrífuga la cual es impulsada a través del cigüeñal, la que por medio de una correa impulsa el eje de una bomba. El sistema de refrigeración es muy variable ya que esta depende de las revoluciones del motor del vehículo.

Pero a su vez la temperatura debe ser constante ya que es el encargado de mantener el motor y sus partes, ya que es una de las principales causas para que se originen fisuras, también debe ser inferior a la necesaria para que esta no llegue a hervir, pues si esto llegase a ocurrir pues los elementos del motor sufrirían excesivas dilataciones que impedirían el buen funcionamiento y en muchas de las ocasiones la prematura reparación de un vehículo. De esta manera el sistema de refrigeración debe permitir un aumento acelerado de la temperatura del refrigerador para las ocasiones de partidas en frío hasta llegar a una llamada temperatura ideal y mantenerla constante durante su funcionamiento, ya que un motor que funciona en frío sufre tres veces más desgaste que un motor a temperatura normal.



Fig. 1-22 Bomba de agua.
Fuente. Autores.

Fallas en la bomba de agua.- Las principales fallas en una bomba son:

Rotura de sello anti fugas, desgaste de los rodamientos o rotura de los alabes.

Cuando se rompe los sellos de la bomba y existe desgaste de rodamientos al existir esta falla el elemento presenta un ruido de bolas que proviene de la bomba de agua cuando el motor está en funcionamiento y se debe verificar con el motor apagado para evitar accidentes, moviendo el eje de la bomba en un de manera repetitiva de arriba hacia abajo de forma manual. La rotura de los alabes se puede verificar de cuando el motor está caliente, si se tiene un termostato cuando ala sacar la tapa del radiador no se identifica el movimiento del fluido dentro del radiador al acelerar el motor para su verificación y reparación es necesario soltar las mangueras del soporte inferior como del soporte superior del radiador, soltar la correa del alternador sacar los alabes de la bomba y sustituirlas por unas nuevas ya que es muy compleja la reparación de los alabes y en nuestro medio no contamos con un lugar adecuado para la reparación.

1.4.8.4 El termostato.

El termostato tiene la finalidad de cerrar el paso de refrigerante cuando el motor esta frio de modo que impida la circulación del refrigerante por el sistema y de

esta manera que el motor alcance su temperatura de régimen en menor tiempo posible.

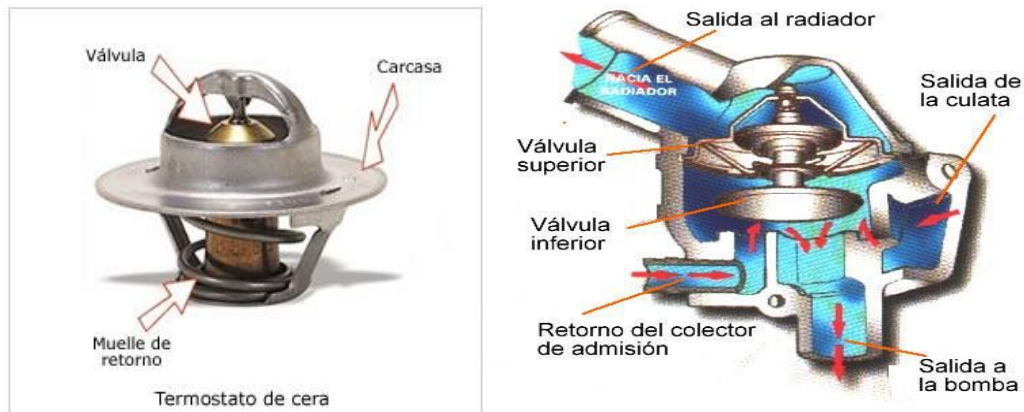


Fig. 1-23 Termostato.
Fuente. Autores.

Los termostatos están diseñados para abrirse a una temperatura especificada de acuerdo al sistema de enfriamiento. Cuando el termostato está cerrado no hay paso del refrigerante entre el motor y el radiador entonces el refrigerante circula internamente dentro del motor mediante un conducto by-pass no obstante cuando el motor alcanza su temperatura adecuada el by-pass queda cerrado para que el refrigerante circule entre el motor y el radiador.

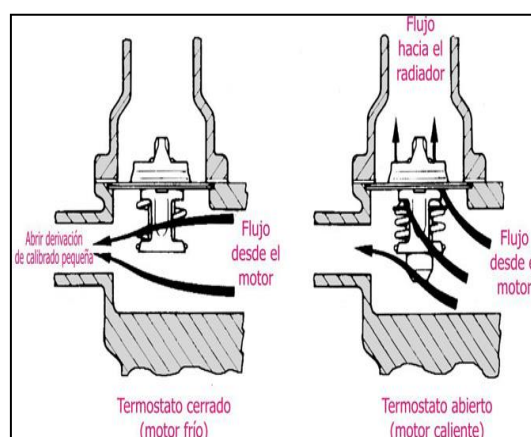


Fig. 1-24 Termostato sin by-pass.
Fuente. La culata. (2011, Noviembre 28). Retrieved Agosto 2013, from <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

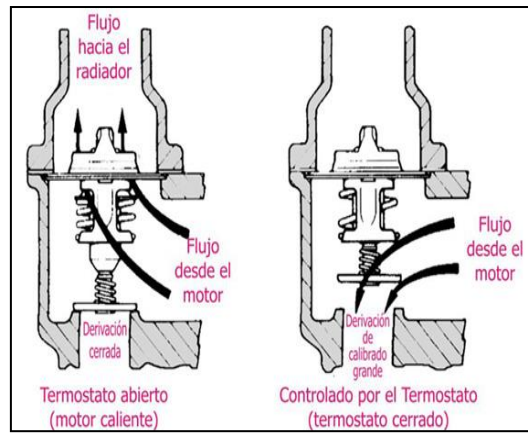


Fig. 1-25 Termostato con by-pass.

Fuente. *La culata*. (2011, Noviembre 28). Retrieved Agosto 2013, from <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

Capítulo II

2 ANALISIS DE TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES EN EL DIAGNÓSTICO DE CABEZOTES EN “M.C.I.A”.

2.1 Generalidades.

Los ensayos no destructivos (END) como su propio nombre lo indica, es un método que nos permite obtener información del material sin recurrir a dañar la estructura de ciertos materiales. Estos son especialmente importantes, por tanto en la inspección de piezas en servicio y el control de calidad de un producto, permitiendo detectar la presencia de daños, tanto con su tamaño y posesión como fisuras o impurezas dentro de un cuerpo solido o conjunto de piezas que lo conforma un cuerpo.

También podemos decir que los ensayos no destructivos son exámenes o pruebas que son utilizadas para detectar discontinuidades internas y/o superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteran el estado físico o constitución química dañen o destruyan los mismos.

Los ensayos no destructivos (END) aparecen con la actividad cotidiana y la necesidad de solucionar problemas sin tener que dañar elementos de para descartar fallas en su cuerpo. Pese a su aplicación continuada en el tiempo solo se le conoce como medio simplificado de ensayo de materiales a principios de la era industrial, pero recién en las últimas décadas aparece como una disciplina tecnológica, para ser introducida a la tecnología de los materiales nace a través del control de calidad continuo y también fueron empleados en mantenimientos preventivos.¹⁴

[14] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. Mcgraw-Hill.

2.1.1 Defectología.

Detección de heterogeneidades, discontinuidades, e impurezas, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales, determinación de tensiones, detección de fugas.

2.2 Beneficios de los ensayos no destructivos.¹⁵

Para mencionar los beneficios que nos brinda los ensayos no destructivos, es conveniente aclarar que es parte de un buen aseguramiento de calidad y que la información de que se obtengan sean confiables, en caso que estas no sean confiables estas serán analizadas y aplicadas como medidas de tipo preventivo para evitar confusiones en los resultados.

Uno de los principales beneficios de la correcta aplicación de los ensayos no destructivos es la mejora del control de proceso de fabricación y el buen funcionamiento de una maquina a esto combinada un análisis estadístico ayudaría a un correcto plan de mantenimiento lo que reduciría el tiempo de parada y el costo de reparación.

También es importante destacar que estos métodos cuando son parte de la inspección preventiva reducirían notablemente los costos de reparación, pero lo más importante es que nos ayudarían a reducir el tiempo y costo de reparación de partes que pueden superar el costo de producción o reparación normal.

Otro beneficio que pueden ser implementados en muchas empresas es que al implementar los ensayos no destructivos como una herramienta auxiliar del mantenimiento industrial, con esta implementación se tendrá una mejor evaluación de las partes y componentes de una maquina a servicio de la empresa o propietario de un taller de mantenimiento correctivo.

[15] Introducción A Los Ensayo No Destructivos. (N.D.).

2.3 Ensayos no destructivos superficiales por inspección visual.¹⁶

Dentro de los métodos de ensayos no destructivos nos encontramos con uno de los más básicos pero no por eso deja de ser importante para la evaluación de una maquina o componente critico de esta.

La inspección visual es el primer control de los componentes nuevos así también como durante y después de su ciclo de vida. Consiste en revisar la calidad de las superficies, revelando defectos de superficie durante la manufacturación y posterior en la operación. El objetivo de esta es detectar y examinar una gran variedad de fallas superficiales tales como: abrasión, daños mecánicos, procesos de fabricación, corrosión, contaminación, acabados y discontinuidades en uniones, como soldaduras, sellados, conexiones soldadas, etc.

Como cualesquier método, esta requiere de un conocimiento de la parte que se está evaluando así como de una gran cantidad de información acerca de las características del mecanismo que se está realizando la inspección para una acertada interpretación de las posibles indicaciones. Esta ampliamente demostrada que cuando se aplica de una manera adecuada y correcta como inspección preventiva, esta detectara posibles problemas que estén afectando en el buen funcionamiento durante el la vida útil de una pieza o mecanismo.

Aun cuando en ciertos casos no es recomendable, es factible detectar muchos problemas en casos determinados mediante la inspección realizada por una persona con una suficiente experiencia.

2.3.1 Requerimientos para el ensayo.

Uno de los principales y más importantes requisitos para una inspección visual es que la persona que vaya a realizar este trabajo, tenga una suficiente

[16] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. Mcgraw-Hill.

agudeza visual y por lo tanto tiene que someterse a exámenes médicos previos al desempeñar esta labor.

También es importante que el personal que realiza esta inspección, deba aprender que tipo de discontinuidades pueden detectarse visualmente y cuáles son las que aparecen con más frecuencia debido a ciertas condiciones de trabajo. Este punto hace referencia a que, cuanto conoce la persona encargada de esta labor, el historial de la maquina o mecanismo que se está realizando el examen.

2.3.2 Iluminación.

Como ya se venido recalando de la excelente cantidad de luz en la sección donde se realizara el examen, se destaca que debe existir una intensidad de luz como mínima de 100 footcandles (1000 lux) sobre la superficie evaluada, la fuente de luz, las técnicas usadas, el nivel de luz, y las mediciones deberán ser documentadas en un reporte, para entregar a la persona que en muchos de los casos será el encargado de realizar el mantenimiento.

2.3.3 Limpieza.

La limpieza es un requisito básico indispensable para una buena inspección visual. Es imposible obtener datos de examen visual a través de capas de suciedad a menos que se esté examinando la limpieza; al obstruir la suciedad sobre superficies examinadas pueden maquillar discontinuidades presentes con indicaciones falsas.

2.3.4 Métodos de ensayos visuales.¹⁷

Este método es el más simple ya que no requiere de una gran destreza de la persona que lo realiza este ensayo, pero de igual manera que para cualesquier diagnostico por END requiere de una calificación emitida por una norma que lo regularice este proceso.

2.3.4.1 El examen visual directo

Se puede y debe hacer cuando existe suficiente luz y acceso para una buena visibilidad es decir si existe una sección de 60 cm aproximadamente sobre la superficie que se realizara la inspección y un ángulo no menor a 30°. Aquí también se podrán utilizar espejos para mejorar el ángulo de visibilidad, y accesorios tales como los lentes de amplificadores que ser utilizados para una mejor apreciación de los exámenes que se está realizando.



Fig. 2-1 Examen visual.

Fuente. Villacis, V. A., & Villalba, C. D. (2011). Determinación de los sitios de inspección mediante elementos finitos, la voración de la insoección con ensayos no destructivos.

2.3.4.2 Examen visual remoto.

En algunos de los casos de aplicación este método de examen visual puede sustituir al examen visual directo. El método de examen visual remoto puede usar auxiliares visuales que ayuden a mejorar la visión o resolución del examen

[17] Villacis, V. A., & Villalba, C. D. (2011). Determinación De Los Sitios De Inspección Mediante Elementos Finitos, Ela Voracion De La Insoeccion Con Ensayos No Destructivos. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.

que se está realizando, estos auxiliares pueden ser tales como: espejos, telescopios, baroscopios, fibra óptica, cámara u otros instrumentos adecuados. Tales instrumentos deben tener una capacidad de resolución como mínima similar o equivalente a la que se obtiene por exanimación visual directa.

Este método es aplicable en lugares donde no existe una buena o excelente luminosidad para realizar el examen visual directo.

2.3.5 Aplicaciones.

Este método de ensayo es aplicado en la gran parte de la industria ya que es el más sencillo de realizar, por tal manera no requiere una preparación o instrucción técnica para la ejecución de la misma.

2.3.6 Ventajas

Una de las más importantes es:

- Simplicidad al ejecutar este ensayo ya que no requiere de preparación técnica ni experiencia en el campo que se esté aplicando para la detección de fallas en el cuerpo o elemento.
- De fácil aplicación y no requiere de un laboratorio de ensayos para la realización de este ensayo, ya que se puede realizar en el mismo lugar de trabajo en donde se sospeche que existen fallas de un elemento.

2.3.7 Desventajas.

- Con este tipo de ensayos solamente se pueden detectar o confirmar fallas que estén florecidas, es decir que estén a flote de la superficie de un elemento o cuerpo.

- Para la realización de este ensayo se requiere de una buena iluminación ya que de no contar con ello podrían ser fallidas, en muchas de las veces ser confundidas con defectos que no existen en un cuerpo o material.

2.3.8 Reporte de la exanimación.

Un reporte escrito de la exanimación debe tener la siguiente información.

- Fecha de examinación.
- Proceso de identificación y revisión usada.
- Técnica usada.
- Resultados de la examinación.
- Identidad del personal de examinación, y cuando se quiere por referencia de la sección del código el nivel de calificación.
- Identificación de las partes o componentes examinados.

2.4 Ensayos no destructivos superficiales por Líquidos Penetrantes. (PT)¹⁸

El ensayo por líquidos penetrantes es un método por el cual podremos detectar defectos en componentes o partes solidas con un buen acabado superficial siempre y cuando estas discontinuidades se encuentren abiertas a la superficie.

En relación de otras técnicas de ensayos no destructivos (END) (radiografía, ultrasonido, corrientes inducidas, etc.) la aplicación práctica de este tipo de ensayo, en general, no es de gran complejidad y no requiere de equipos sofisticados para la realización de las practicas que son muy costosos y en muchos de están fuera del alcance de personas que conocen acerca de este tipo de ensayos. El método de ensayos no destructivos por tintas penetrantes

[18] Fuerza Aeria. (N.D.). Liquidos Penetrantes. Servicio De Mantenimiento_Dpto De Ingenieria.

permite detectar los defectos abiertos a la superficie que en ciertos casos, como en recipientes a presión o en piezas sometidas a esfuerzos pueden ser los más peligrosos y llegar a causar grandes daños al sufrir roturas.

2.4.1 Fundamentos del ensayo por líquidos penetrantes.

El ensayo por líquidos penetrantes se basa en que un líquido aplicado sobre la superficie libre de cualesquier impureza para que penetre en las discontinuidades, debido especialmente a efecto de capilaridad, de forma que al limpiar el exceso del líquido de la superficie, quede solamente el líquido retenido por las discontinuidades del elemento que se está analizando. Al ser aplicado un revelador este nos ayuda a que podamos visualizar el lugar donde quedo retenido el líquido penetrante y de esta manera podremos identificar el lugar donde existen fallas las cuales deberán ser identificadas el tipo de falla con el que nos encontramos.

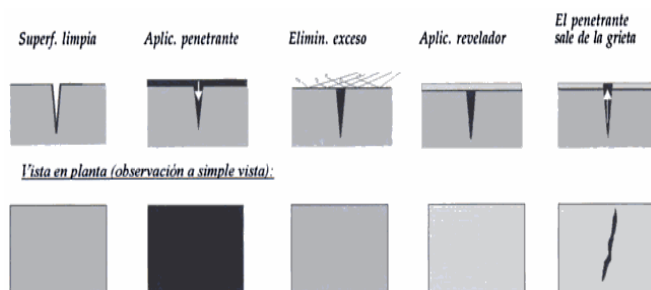


Fig. 2-2 Fundamentos del ensayo por líquidos penetrantes.
Fuente.La culata. (2011, Noviembre 28). Retrieved Agosto 2013, from <http://jamonmecanicadiesellaculata.blogspot.com/>

2.4.2 Principios físicos y características de los líquidos penetrantes.¹⁹

El principio en el cual se basa el ensayo por líquidos penetrantes (LP) consiste en la capacidad de que dicho líquido penetrara por capilaridad, mas no por

[19] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

gravidad y deberá tener la capacidad de ser retenido por las discontinuidades tales como; fisuras o poros abiertos a la superficie.

Sin embargo, no es posible enunciar una característica física que por sí sola, determine terminantemente la bondad de un líquido penetrante (LP).

Las principales propiedades físicas que se pueden considerar en un líquido penetrante son las siguientes:

2.4.3 Características generales de un líquido penetrante.

Las propiedades físicas que deben poseer de manera general los líquidos penetrantes y sus respectivos reveladores se establecen en la siguiente tabla.

PROPIEDADES FÍSICAS.	PENETRANTE.	REVELADOR.
Tensión superficial.	Alta.	Baja.
Capilaridad.	Baja.	Alta.
Adherencia.	Baja.	Alta.
Cohesión.	Baja.	Alta.
Viscosidad.	Baja.	Alta.
Densidad.	Baja.	Alta.
Punto de inflamación.	Baja.	Baja.

Tabla. 2-1 Características de Líquidos Penetrantes.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTM CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

2.4.3.1 Tensión superficial.

La tensión superficial es la forma de cohesión de las moléculas de la superficie del líquido en función de la cual, a igualdad de volumen asume la forma correspondiente a la mínima superficie compatible con el vínculo externo. La forma de la gota simplifica este concepto.

2.4.3.2 Capilaridad.

Es la elevación o descenso de un líquido en un tubo capilar (o en situaciones física análogas, tales como en medios porosos) vienen producidos por la tensión superficial, dependiendo de las magnitudes relativas de la cohesión del líquido, y de la adhesión del líquido a las paredes del tubo. Los líquidos ascienden en tubos que mojan (adhesión > cohesión) y descienden en tubos que no mojan (cohesión > adhesión) la capilaridad tiene importancia en tubos con diámetro aproximadamente de 10 mm.

2.4.3.3 Adherencia.

La adherencia se puede definir como la atracción que se presenta en dos superficies de diferentes materiales cuando estas entran en contacto, por ejemplo agua y madera, si la madera se sumerge parcialmente en él a cantidad de agua se adhiere a la superficie de la madera de esta manera se deduce que la adherencia es mayor que la cohesión.

2.4.3.4 Cohesión.

La cohesión es la fuerza de unión que se encuentra ejercido entre las moléculas de un líquido, es decir, la fuerza que une las moléculas de un líquido. Por eso se dice que la fuerza de cohesión de un sólido es mayor que la de un líquido, debido a que las moléculas de un líquido están fuertemente unidas, mientras que las moléculas de un líquido y un gas, en comparación con las de un sólido, no están unidas.

2.4.3.5 Viscosidad.

La viscosidad es la propiedad del fluido mediante la cual este ofrece resistencia al esfuerzo cortante. La ley de viscosidad de newton establece que para una tasa dada de deformación angular del fluido, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la viscosidad. Podemos decir que la melaza y la brea son líquidos de viscosidades muy elevadas, pero así mismo podemos decir que el agua y el aire son poseen viscosidades muy pequeñas. La viscosidad de los líquidos disminuye con el incremento de temperatura, pero sucede lo contrario en gases. También la viscosidad se divide en:

2.4.3.6 Densidad.

La densidad es la magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Si un cuerpo no tiene una distribución uniforme de masa en todos sus puntos la densidad de un punto puede diferir de la densidad media. Si se considera una sucesión de pequeños volúmenes decrecientes (convergiendo hacia un volumen más pequeño) y estén centrados alrededor de un punto, la masa contenida en cada uno de los volúmenes anteriores, la densidad en el punto común a todos esos volúmenes. La unidad es el Kg/m^3 .

2.4.3.7 Punto de inflamación.

El punto de inflamación es la temperatura mínima necesaria para que un material inflame o se encienda, en teoría todos los materiales contienen o presentan una cierta cantidad de energía que permanece en estado inercial, es decir, no cambia su estado a menos que se produzca un cambio que se produzca un cambio que le permita producir una reacción.

Esto también puede ser explicado de otra manera, todos los materiales presentan cierta resistencia gradual a los cambios, de tal forma que solo es

posible alterar si dicho cambio puede modificar drásticamente la resistencia del material.

2.4.4 Clasificación de líquidos de acuerdo a diferentes normas.²⁰

- Según la norma ASTM E165.

Tipo I: Fluorescente.	
Método A:	Lavable con agua (ASTM E-1200)
Método B:	Postemulsificable lipofílico (ASTM E-1208)
Método C:	Removible con solvente (ASTM E-1219)
Método D:	Postemulsificable hidrofílico (ASTM E 1210)
Tipo II: Coloreado (permanente o visible)	
Método A:	Lavables con agua (ASTM E-1418)
Método B:	Removibles con solvente (ASTM E-1220)

Tabla. 2-2 Líquidos penetrantes fluorescentes.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTM CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

- Según la norma DIN 54 152.

Penetrantes.	
Código.	Designación.
A	Fluorescente.
B	Coloreado.
C	Fluorescente y Coloreado.
Removedores.	
A	Solvente Liquido.
B	Agua y Solvente.

[20] Villacis, V. A., & Villalba, C. D. (2011). Determinación De Los Sitios De Inspección Mediante Elementos Finitos, De La Variación De La Insoeccion Con Ensayos No Destructivos. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.

C	Agua.
D	Emulsificadores hidrolílicos (base agua).
E	Emulsificadores lipofílicos (base aceite).
Reveladores.	
A	Seco.
B	No acuoso.
C	Acuoso.

Tabla. 2-3. Líquidos penetrantes según Norma DIN 54-152.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

2.4.5 Preparación y limpieza inicial del elemento.²¹

Para aplicar de manera adecuada este método, es necesario identificar claramente el elemento a inspeccionar. Se recomienda ensayar la pieza por lo menos una pulgada hacia las adyacencias de la zona de interés y proteger las demás zonas que no serán ensayadas.

La preparación o acondicionamiento superficial, es una de las fases críticas del proceso de ensayo por cuanto si esta no es idónea, las discontinuidades quedaran cegadas con suciedades y el penetrante no podrá hacer su trabajo. La elección del tipo de limpieza dependerá del tipo de contaminante que será removido, del tipo de material que será ensayado (propiedades termo mecánicas, dureza, aleación, y terminación superficial) y del tamaño de la pieza.

La superficie a ser ensayada deberá quedar libre de contaminantes tales como:

- Pintura.

[21] Cano, M. M. (2007). Laboratorio De La Documentacion Para La Certificacion De Personal En Ensayos No Destructivos De Líquidos Penetrantes Con Base En Las Normas Iso 1702 Y Astn Cp 189-2001. Universidad Tecnológica De Pereira.

- Grasa.
- Aceite.
- Óxidos.

Taladrimas Entre otros que puedan impedir el buen trabajo de los líquidos penetrantes LP.

Esto se puede lograr aplicando métodos de limpieza químicos, debido a que los métodos mecánicos, pueden obstruir la detección de defectos existentes. Entre los métodos químicos más comunes se tiene: inmersión en caliente con soluciones detergentes, desengrase usando vapor o disolvente, desoxidación utilizando componentes alcalinos o ácidos y para eliminar pinturas se utilizan componentes cáusticos. Una vez realizada la limpieza la superficie debe quedar totalmente seca, esto se puede lograr por evaporación natural, recirculación de aire frío o caliente.

2.4.6 Aplicación del líquido penetrante LP y tiempo de penetración.

Los líquidos penetrantes LP se aplican por inmersión, con pincel o por spray. Pero cuando se aplique por spray se utiliza algún sistema o equipo de aire comprimido es indispensable colocar filtros en la entrada del aire para evitar contaminar el penetrante con partículas presentes en el circuito. El penetrante se vierte sobre el elemento cubriendo la superficie de inspección.

Para mejores resultados es necesario obtener una película fina y uniforme sobre la superficie de inspección y dejar transcurrir un tiempo prudente para que el líquido penetre en los defectos.

Dicho tiempo de penetración es crítico y dependerá de la temperatura de ensayo (16 °C a 52 °C), tipo de discontinuidad y material. Por tanto el mínimo del tiempo será el recomendado por normas o el que determine un procedimiento calificado. Las siguientes tablas indican los tiempos de penetración para diferentes tipos de penetrantes, según el tipo de defectos.

TIPO DE DEFECTO.	TIEMPO DE PENETRACION (min).
Fisuras de tratamientos térmicos.	2
Fisuras de amolado.	10
Fisuras de fatiga.	10
En plásticos.	1 – 5.
En cerámicos.	1 – 5.
En herramientas de corte.	1 – 10.
En forjados.	20.
En soldaduras.	10 – 20.
Soplado en frío de fundiciones en matriz.	10 – 20.
Porosidad en cerámicos.	3 – 10.
En fundición en matriz.	3 – 10.
Soplados de forja.	20.

Tabla. 2-4 Tiempos de penetración para LP coloreados.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de liquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

MATERIAL Y CONDICION.	DEFECTO.	TIEMPO DE APLICACIÓN (min)	
		15 °C-32 °C	1 °C-15 °C.
Todos los metales.	Fisuras de tratamiento térmico	3-5.	10-15
Todos los metales.	Fisuras de amolado.	7-10	15-20
Todos los metales.	Fisuras de fatiga.	8-10	16-20
Plásticos.	Fisuras.	3-5	10-15
Cerámicos.	Fisuras.	3-5	10-15
Cerámicos.	Porosidad.	3-5	10-15
HERRAMIENTAS DE CORTE			
Puntas de carburos.	Bronceado pobre.	3-5	10-15
Puntas de corte.	Fisuras en la punta.	3-5	10-15
Puntas de corte	Fisuras en la caña.	3-5	10-15
METALES.			
Fundición de molde permanente.	Porosidad de rechupe	3-5	10-15
Fundiciones en matriz.	Porosidad superficial.	3-5	10-15
Fundiciones en matriz.	Soplado en frío.	3-20	10-20
Forjados.	Fisuras y solapados.	7-20	15-20
Metal rolado.	Costuras.	7-20	10-15
Soldaduras de aluminio.	Fisuras y porosidades.	3-5	10-15
Soldaduras de acero.	Fisuras y porosidades.	7-20	15-20

Tabla. 2-5 Tiempos de penetración para LP coloreados post-emulsificables.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de liquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

MATERIAL.	CONFORMADO.	TIPO DE DEFECTO.	TIEMPO DE PENETRACION (min).
Aluminio.	Fundiciones.	Porosidades.	5 -15.
		Cerrado en frio.	5-15
	Forjados.	Solapados.	30
	Soldaduras.	Falta de unión.	30
		Porosidades.	30
	Todos los conformados	Fisuras de fatiga.	30
Magnesio.	Fundiciones.	Porosidad.	15
		Cerrado en frio.	15
	Forjados.	Solapados.	30
	Soldaduras.	Falta de unión.	30
		Porosidad.	30
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	30
Aceros inoxidables.	Fundiciones.	Porosidad.	30
		Cerrado en frio.	30
	Forjados.	Solapados.	60
	Soldaduras.	Falta de unión.	60
		Porosidad.	60
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	30
Latón y bronce.	Fundiciones.	Porosidades.	10
		Cerrado en frio.	10
	Forjados.	Solapados.	30
	Partes Bronceadas.	Falta de unión.	15
		Porosidades.	15
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	30
Plásticos.	Todos los conformados.	Fisuras.	5-30
Vidrios.	Todos los conformados.	Fisuras.	5-30
Herramientas con punta de carburos.	-----	Falta de unión.	30
		Porosidad.	30
		Fisuras de amolado.	10
Titanio y aleaciones para alta temperatura.	-----	Todas	Uso solamente con penetrantes post-emulsificables.

Tabla. 2-6 Tiempos de penetración para LP fluorescentes lavables con agua.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certification de personal en ensayos no destructivos de liquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

MATERIAL.	CONFORMADO.	TIPO DE DEFECTO.	TIEMPO DE PENETRACION (min).
Aluminio.	Fundiciones.	Porosidades.	5.
		Cerrado en frio.	5
	Forjados.	Solapados.	10
	Soldaduras.	Falta de unión.	5
		Porosidades.	5
	Todos los conformados	Fisuras de fatiga.	10
Magnesio.	Fundiciones.	Porosidad.	5
		Cerrado en frio.	5
	Forjados.	Solapados.	10
	Soldaduras.	Falta de unión.	10
		Porosidad.	10
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	10
Aceros inoxidables.	Fundiciones.	Porosidad.	10
		Cerrado en frio.	10
	Forjados.	Solapados.	10
	Soldaduras.	Falta de unión.	20
		Porosidad.	20
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	20
Latón y bronce.	Fundiciones.	Porosidades.	5
		Cerrado en frio.	5
	Forjados.	Solapados.	10
	Partes Bronceadas.	Falta de unión.	10
		Porosidades.	10
	Todos los conformados.	Fisuras de fatiga.	10
Plásticos.	Todos los conformados.	Fisuras.	2
Vidrios.	Todos los conformados.	Fisuras.	5
Herramientas con punta de carburos.	-----	Falta de unión.	5
		Porosidad.	5
		Fisuras de amolado.	20
Titanio y aleaciones para alta temperatura.	-----	Todas	20-30

Tabla. 2-7 Tiempos de penetración para Líquidos fluorescentes post-emulsificables.

Fuente. Cano, M. M. (2007). Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de liquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. Universidad tecnológica de Pereira.

2.4.7 Remoción del exceso de penetrantes.

La remoción dependerá del tipo de líquido penetrante (LP) utilizado. Este se deberá remover de la superficie con gran cuidado evitando extraer aquella cantidad que se encuentra en las fallas. El exceso es la cantidad de líquido penetrante que esta fuera de las discontinuidades y este permanece en la superficie de la pieza a inspeccionar.

Esta etapa de la inspección es crítica y dependerá de su correcta realización para la obtención de excelentes resultados después de concluir con este ensayo. Si no se han limpiado correctamente los excedentes posteriormente aparecerán manchas de penetrantes que alteraran los resultados dando indicaciones falsas e incluso, la ocultación de los defectos y discontinuidad. El resultado de estos ensayos deberán ser analizados bajo luz blanca para penetrantes coloreados y bajo luz ultravioleta para fluorescentes.

Es aconsejable remover en primeras instancias la mayor parte del penetrante con trapos o papel que tenga una gran capacidad de absorción y posterior remover lo demás utilizando un papel ligeramente impregnado con disolvente.

2.4.8 Secado de la tinta.

Para el secado depende de la técnica de aplicación del líquido penetrante, por lo tanto la remoción del mismo debe ser de una manera adecuada, y que el agente limpiador utilizado no debe quedar sobre la superficie que fue trabajada la inspección.

2.4.9 Aplicación del revelador.

Se aplica el revelador sobre la superficie previamente limpiada. El revelado es la operación que hace visible la posición del defecto que se encuentra en el

elemento realizado el estudio, la aplicación del revelador debe ser realizada inmediatamente sea retirado el líquido penetrante y el secado del elemento.

El revelador es una sustancia en polvo de compuestos químicos blancos, inertes y con una granulometría tal que disponga de un gran poder de absorción. La aplicación del revelador puede ser en forma seca o en forma acuosa pulverizada en una suspensión alcohólica, que una vez evaporada, dejara una fina capa de polvo.

El tiempo de revelado dependerá exclusivamente del tipo de penetración, del revelador y del defecto o discontinuidad como ya se estableció en tablas anteriores, para que se obtenga una excelente revelación se deberá permitir transcurrir el tiempo necesario indicado en las tablas. Para una excelente revelación dependerá también de la experiencia de la persona que esté realizando el ensayo.

2.4.10 Ventajas.

- Es un método extremadamente sensible a las imperfecciones abiertas a la superficie.
- Es un método de ensayo aplicable a materiales metálicos y no metálicos.
- La configuración de los elementos a ser ensayados no representa un problema para inspección.
- Es un ensayo que no requiere de equipos costosos para su aplicación.
- Se requiere un tiempo relevantemente poco para la capacitación de la persona que vaya realizar este ensayo.
- Permite obtener resultados inmediatos.

2.4.11 Limitaciones.

- Es un método de ensayo que tan solo detecta problemas de discontinuidades abiertas a la superficie.
- No es aplicable en materiales porosos.
- Es un método que se torna difícil de aplicar en superficies que no tengan un cavado superficial bueno.
- No es adecuado para inspeccionar en superficies con recubrimientos.
- No proporciona un registro permanente de la prueba.

2.4.12 Reporte de la exanimación.

Un reporte escrito de la exanimación debe tener la siguiente información.

- Fecha de examinación.
- Técnica usada.
- Tipo de penetrantes, removedores y reveladores,
- Resultados de la examinación.
- Identidad del personal de examinación, y cuando se quiere por referencia de la sección del código el nivel de calificación.
- Identificación de las partes o componentes examinados.

2.5 Ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

Para los años 60, los ensayos no destructivos END de materiales ha sido un área de continuo crecimiento. La necesidad de los END fue aumentando dramáticamente en los últimos años por varias razones tales como, la

seguridad en el producto, en la línea de diagnósticos, calidad de control, control de la salud, y la seguridad en los ensayos entre otras aplicaciones²².

El uso del sonido para determinar la integridad de los objetos sólidos es probablemente demasiado antiguo como la capacidad de la humanidad para la fabricación de objetos de metal como sus diferentes aleaciones.²³

El principal de los problemas con este método para la comprobación de objetos es que se requiere una cantidad de tiempo relativamente grande para la detección de imperfecciones en un objeto, la forma de emitir una señal de que existen imperfecciones es que cambia el sonido, debido a la longitud de onda del sonido cuando se encuentran con una imperfección en el cuerpo del objeto que se está analizando.

2.5.1 Requisitos y secuencia para el ensayo por ultrasonido.²⁴

Antes de iniciar una inspección por ultrasonido, es muy importante considerar algunos parámetros, con el propósito de hacer una correcta selección del equipo de trabajo.

- Cuál es el tipo de discontinuidad que puede encontrarse.
- Que extensión y orientación puede tener en el elemento.
- Que tolerancias se pueden aplicar para aceptar o rechazar la indicación.

Una vez definidas estos parámetros, el siguiente paso es decir que equipo de inspección será utilizado. Todas las normas establecen los requisitos mínimos que deben cumplir un instrumento de ensayo por ultrasonido y son:

[22] Chen, C. H. (2007). Ultrasonic And Advanced Methods For Nondestructive Testing And Material Characterization. World Scientific.

[23] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. Mcgraw-Hill.

[24] (Introduccion a los ensayo no destructivos)

- a) La ganancia, que es la capacidad de amplificación del instrumento y que debe ser de por lo menos 60 dB (decibeles) esto quiere decir que puede amplificar las señales del orden de 1000 veces como mínimo. Adicionalmente, la ganancia debe estar calibrada en pasos discretos de 2 dB.
- b) La pantalla debe estar grabada en la pantalla de tubo de rayos catódicos y debería estar graduada en valores no menores del 2% del total de la escala.
- c) El ruido del instrumento (señal de fondo) no debe exceder del 20 % del total de la escala vertical cuando la ganancia este al máximo de de operación. En el caso de emplear medidores con lecturas digitales o analógicas, la repetitividad del instrumento no deberá ser menor al 5%.

2.5.2 Principio del ensayo por ultrasonido.²⁵

Las ondas de sonido son simplemente las vibraciones de las partículas que componen un sólido, líquido, o gas. Como forma de energía, por lo tanto, un ejemplo de la energía mecánica, se deduce que, debe haber algo para que vibre, no pueden existir ondas de sonido en el vacío.

El único sentido humano que puede detectar las ondas de sonido es el oído y este sentido se limita a una gama relativamente estrecha de frecuencias de vibración llama de la gama audible. Esto se deduce que habrá frecuencias de vibración que son tan bajos o tan altos que no pueden ser detectados por el oído humano.

La unidad de frecuencia es el hertzio, abreviado como Hz, que se define como un ciclo de vibración por segundo. Suena por debajo de aproximadamente 16 Hz están por debajo del límite de audición humana y se llaman "vibraciones subsónicas " y los sonidos por encima de aproximadamente 20.000 Hz es

[25] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

demasiado alta para ser oídas y se llaman "vibraciones ultrasónicas. " Entre estos dos valores, en el rango audible, es más común el uso del término "lanzamiento " para referirse a la frecuencia, un highpitched significa sonido de alta frecuencia audible, y de tono bajo significa baja frecuencia audible.

Las abreviaturas se utilizan para altas frecuencias; 1000 Hz se acorta a 1 kHz (un kilohercios), 1000000 Hz convierte 1 MHz (un megahertz), y mil millones de ciclos por segundo se convierte en 1 GHz (un gigahertz). En la detección de defectos por ultrasonidos, la mayoría de las pruebas se lleva a cabo en el rango de MHz (0,5 MHz a 25 MHz).

Es una suerte que haya dispositivos llamados " transductores " que cambiarán las ondas sonoras en energía eléctrica que puede mostrarse como señales visuales en un tubo de rayos catódicos (CRT) o pantalla de visualización de cristal líquido (LCD). Esto permite que todos los sonidos, incluyendo aquellos fuera del rango audible, para ser detectado y estudiado. Un transductor se define como un dispositivo que se cambiar una forma de energía en otra, y viceversa. Materiales que exhiben el piezoeléctrico efecto se utilizan comúnmente para generar y detectar las ondas de sonido.

2.5.2.1 Vibración y movimiento periódico.

Una vibración es un ejemplo de movimiento periódico, un término que sugiere que el cuerpo o partícula cuestión está experimentando un cambio repetitivo de posición con el tiempo. Otro ejemplo es un péndulo que oscila hacia atrás y adelante a un ritmo o frecuencia constante. Estudiar la esencial requisitos para una vibración, considere la Figura 7-2. El peso, W , se suspende de una viga por un resorte. En reposo, dos fuerzas iguales y opuestas están actuando en el peso de gravedad (G), que actúan hacia abajo, se opone a la tensión (T) en la primavera. El peso se dice que está en un estado de equilibrio. Si el peso es levantado, aflojando la primavera, luego se libera, la gravedad tratar de restaurar el peso a su posición original. Si el peso es tira hacia abajo, la tensión

en el resorte se incrementará, y cuando se libera el peso, esta tensión extra tratar de restaurar el peso a su posición original.

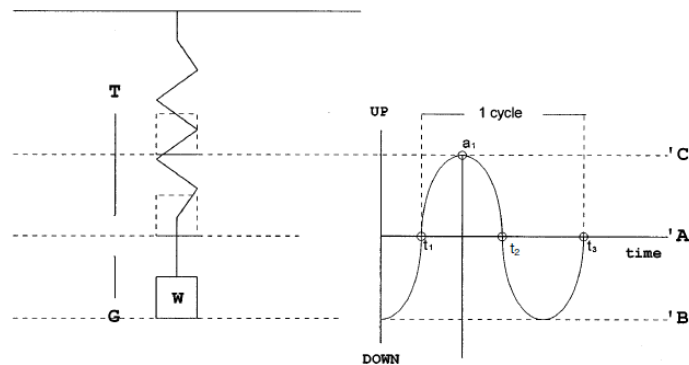


Fig. 2-3 Peso en el resorte extendido.

Fuente. Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

2.5.2.2 Las vibraciones de sonido.

Para las ondas de sonido en los sólidos, líquidos y gases, los cuerpos vibrantes son las partículas que la sustancia, y las fuerzas de recuperación son los lazos elásticos que sostienen la sustancia junta. Las partículas pueden ser imaginadas para ser unidas por resortes. Si una partícula se mueve hacia su vecino, el resorte se pone aplastado y tiende a empujar al invasor nuevo "Casa". Del mismo modo, si se aleja de su vecino, el resorte se estira y el partículas se tira en su lugar.

2.5.2.3 Modos de Propagación de sonido.

Cada partícula vibra a la frecuencia del sonido, oscilando de un lado a otro por una distancia que es la amplitud o la sonoridad del sonido. A medida que cada partícula oscila, aplasta la "Primavera" para el vecino y el vecino comienza a oscilar. Como la oscilación pasa de una partícula a la siguiente, y la siguiente, y así sucesivamente, se dice que la onda de sonido para viajar o "Propagar" a

través del material. Tenga en cuenta que las partículas individuales no migran a otro lugar, sino que sólo oscilan alrededor de una posición media.

Las diversas maneras en que el sonido puede propagarse se describen generalmente en términos de la dirección de movimiento de las partículas en relación a la dirección en la que viaja la onda de sonido.

Las ondas de compresión se pueden definir sobre esta base en forma de ondas en la que el movimiento de las partículas es en el mismo plano que la dirección de propagación.

2.5.3 Propiedades de las ondas de sonido.²⁶

Las ondas tienen sus características las cuales se describen a continuación.

2.5.3.1 Velocidad.

El sonido se desplaza a diferentes velocidades a través de diferentes materiales. Esto es notable cuando, por ejemplo, un trabajador del ferrocarril se observa desde una distancia sorprendente de un carril con un martillo.

Dado que la velocidad de la luz es mucho más rápida que la del sonido, el observador ve primero el martillo golpear el ferrocarril. Si el observador está de pie cerca de la barandilla, él o ella escucha el siguiente sonido del golpe procedente del ferrocarril.

Esto nos muestra que la velocidad del sonido en el tren es más rápido que la velocidad del sonido en el aire. Es cierto que el sonido viaja más rápido en líquidos que en gases y más rápido en los metales que en líquidos.

[26] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

La velocidad con la que el sonido se propaga a través de un material depende de la rapidez una bola puede llegar a su vecino para tomar la vibración, es decir, para transmitir el mensaje.

$$V_c = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1 - \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}}$$

Ecuación 2-1.

Donde.

$V_c \Rightarrow$ Velocidad de la onda de compresion.

$E \Rightarrow$ Modulo de elasticidad.

$\sigma \Rightarrow$ Densidad del material.

$\rho \Rightarrow$ Coeficiente de poisson.

Ondas de corte son capaces de existir en sólidos y que no viajan a la misma velocidad como la onda de compresión en un material dado. Esto es debido a que es el módulo de rigidez, en lugar de módulo de Young, que dicta la velocidad, y el módulo de rigidez es menor que el módulo de elasticidad. Esto significa que la velocidad de la onda de corte es siempre más lento que la velocidad de la onda de compresión en un material. Como regla general, la cizalla velocidad de la onda es más o menos la mitad de la velocidad de la onda de compresión. La velocidad se puede calcular de.

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1 + \sigma)}} \Rightarrow V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Ecuación 2-2

Donde:

$V_s \Rightarrow$ velocidad de onda de corte.

$G \Rightarrow$ Modulo de rigidez.

$\sigma \Rightarrow$ Densidad del material.

$\rho \Rightarrow$ Coeficiente de poisson.

2.5.3.2 Longitud de onda.

La distinción entre el movimiento de oscilación de las partículas que componen un sólido, líquido, o de gas y la velocidad del sonido en movimiento a través de la sustancia ya ha sido

Hecho. Cuando las partículas están completando cada ciclo de la vibración, la onda de sonido es pasar en la dirección de propagación de la velocidad característica para ese material.

De ello se desprende que durante el tiempo necesario para completar un ciclo de la vibración, el sonido la onda se moverá una distancia determinada en función de la velocidad en la que el material. Para los gases con velocidades bajas, que la distancia es pequeña en comparación con la distancia en metales, el cual tener altas velocidades. Esta distancia para un material dado y la frecuencia de vibración de sonido es llamada la longitud de onda.

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Ecuación 2-3

Donde.

$\lambda \Rightarrow$ Longitud de onda.

$V \Rightarrow$ Velocidad.

$f \Rightarrow$ Frecuencia.

2.5.4 Técnicas y procedimientos.²⁷

Las formas en que las ondas sonoras se propagan a través de materiales son atenuadas, reflejadas o transmitidas por diferentes métodos ultrasónicos o técnicas utilizadas para detectar los muchos tipos de discontinuidades que pueden existir en los materiales.

Estas técnicas se dividen en dos categorías principales, uno llamado "impulso-eco," y el otro llamado "a través de la transmisión." Cualquiera de las técnicas que se pueden utilizar requiere la calibración del sistema ultrasónico por lo que la base de tiempo puede tener algún significado en términos de espesor de material.

2.5.4.1 Técnicas de calibración.

El proceso de calibración tiene que ser tan disciplinado como la técnica de inspección. De hecho, toda la inspección se basa en el proceso de calibración. Algunas de las siguientes técnicas de calibración se refieren a la medición y documentación de las características del transductor y detector de defectos.

2.5.4.2 Características del transductor.

Las características de los transductores vienen dados directamente del fabricante, los cuales nos recomendarán para cada uno de los campos de aplicación.

[27] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

2.5.4.2.1 Transductores de ondas de compresión.

Resolución. El pulso ultrasónico consta de unos pocos ciclos de la energía del sonido en la frecuencia de prueba. Por lo tanto, el pulso ocupa un cierto espacio en el tiempo, o la distancia, dentro del material. La cantidad de espacio ocupado se llama el "**Ancho de pulso**". Físicamente, es el número de ciclos en el pulso multiplicado por la longitud de onda de esa frecuencia en el material de ensayo, matemáticamente:

$$W = n \times \lambda.$$

Ecuación 2-4

Dónde:

$n \Rightarrow$ El numero de ciclos en el pulso.

$\lambda \Rightarrow$ Longitud de onda.

$W \Rightarrow$ Ancho de pulso.

Ancho de pulso es importante porque mientras se está procesando un pulso, otro pulso cerca no puede ser procesado. Esto significa que dos reflectores que sólo tienen una pequeña separación en profundidad sólo se mostrarán como una única señal de desorden en la traza. Debido a que las dos señales se solapan, la diferencia de tiempo entre ellos no se puede medir. La capacidad de un sistema de ultrasonidos para discriminar entre dos reflectores que están muy juntos se llama "resolución".

Zona de pulso inicial. Cuando el uso de transductores de cristal único, el pulso inicial y timbre del cristal se conectan al circuito receptor y se muestran sobre la base de tiempo. Esta señal ocupa la primera parte de la traza, e indica la "zona muerta" en el material. Mientras que el cristal está transmitiendo, la traza no puede reproducir las señales recibidas claramente en esta región. Por esta razón, es habitual el uso de transductores de cristal doble para los componentes de menos de 0,5 in (12,5 mm) de espesor. La zona muerta se puede medir sobre una base de tiempo calibrada señalando el punto en el que

el pulso inicial se desvanece. Hay que recordar que el pulso inicial, de ahí la zona muerta, aumentarán a medida que se incrementa la ganancia. Por lo tanto, es necesario medir la zona muerta en el aumento de trabajo para la inspección.

2.5.4.3 Ángulo de haz cortante transductores de ondas.

Índice de la sonda (punto de salida). Con transductores angulares de haz para la exploración de contacto, el cristal está montado en una incidencia cuña de metacrilato con el fin de generar el deseado ángulo refractado en el componente. El centro del haz de sonido emerge de la cuña en una posición llamada el "índice de la sonda" o "punto de salida del haz." Esta posición está grabado en el lado de la cuña transductor y es la posición desde la cual se mide la distancia horizontal. Con el uso, la cuña puede desgastarse y el punto de salida real puede moverse. El nuevo índice de la sonda debe ser medido y marcado si la precisión debe ser preservada.

Uno de estos controles es para determinar el índice de la sonda real. La figura 2.23 muestra un transductor de ángulo de onda del haz 45° cortante posicionado en el bloque IIW-V1 de manera que el centro del haz está dirigido a la radio de 100 mm. La intersección de la ranura estrecha con la superficie de exploración marca el centro del radio de 100 mm. A medida que el transductor se mueve hacia delante o hacia atrás más allá de la ranura, el eco de la radio de 100 mm se verá a subir y bajar. Cuando se alcanza la amplitud máxima, el centro del haz está alineado con el centro de radio, y es perpendicular a la tangente al radio.

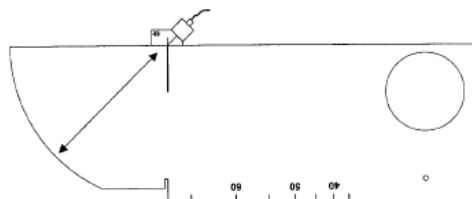


Fig. 2-4 Ángulo de haz en el bloque en el bloque 1.

Fuente. Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

Ángulo del haz. El ángulo de haz de un transductor de ángulo de haz se puede medir en el bloque V1 una vez que el índice de la sonda real ha sido establecido. El agujero de metacrilato lleno de grande en el bloque V1 proporciona la diana de medición ángulo de haz. Desde el centro de este agujero, ángulos se han proyectado a los bordes del bloque grabado y la intersección con el ángulo de cada cinco grados de 35 ° a 70 °.

Cuando un transductor de ángulo de haz se escanea hacia el agujero, como se muestra en la figura 2.24, la señal maximiza cuando el haz está apuntando directamente hacia el centro del agujero. Mientras esto ocurre, el índice de la sonda está alineado con la marca de ángulo del haz real en el borde del bloque.

El ángulo del haz real deberá cotejarse con el ángulo nominal; cualquier variación debe tenerse en cuenta y el ángulo real se debe utilizar cuando se realizan discontinuidad trazado y dimensionamiento técnicas.

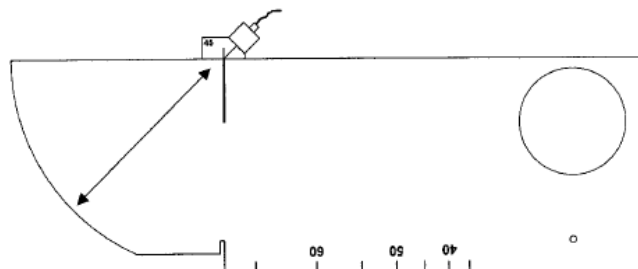


Fig. 2-5 Ángulo de haz en el bloque 2.

Fuente. Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

Apertura del haz Diagrama. Algunas discontinuidades de técnicas de dimensionamiento hacen uso de los diagramas de amplitud del haz para identificar los bordes de una discontinuidad. Para ello, un diagrama de dispersión del haz práctica debe establecerse para la sonda utilizada. Para obtener un diagrama de dispersión del haz exacta, se requiere la siguiente información:

- Apertura de haz de la sonda en cuestión.
- El haz límite a utilizar (-6 dB o -20 dB).

- El índice de la sonda exacto (punto de salida) para la sonda en cuestión.

La elección de los 20 dB o 6 dB será dictado por el código o norma de inspección pertinentes.

Una vez que la información anterior se ha obtenido, el siguiente paso es preparar la ayuda de punteo se muestra en la figura 7-52.

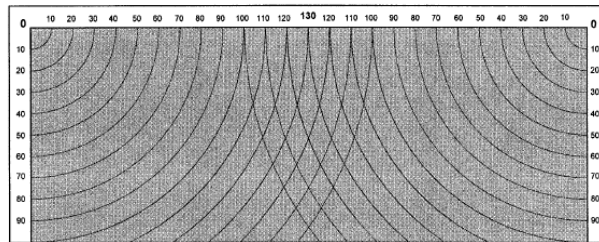


Fig. 2-6 Tarjeta de impresión.

Fuente. Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

El siguiente paso consiste en medir la dispersión del haz a varias profundidades de modo que un diagrama de dispersión del haz puede ser construido. Esto se realiza utilizando un bloque de calibración del haz.

En la figura 2.26, se muestra que las líneas se dibujan en paralelo a la escala horizontal en las profundidades de los agujeros que se van a utilizar para el diagrama de dispersión del haz. Sólo es necesario para trazar la dispersión del haz a la distancia máxima que se utilizará en la base de tiempo.

2.5.5 Variables.²⁸

Hay un número de variables que pueden influir en un examen por ultrasonidos. Debido a los diferentes materiales ensayados, la configuración de componentes, y las anomalías que pueden ocurrir durante una inspección ultrasónica, es imposible hacer una lista o predecir todas estas variables. Pero podemos algunas de las variables más comunes que pueden tener un efecto en los resultados de una prueba.

[28] . Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

2.5.5.1 Temperatura y velocidad.

La temperatura es un factor importante cuando se considera el examen ultrasónico. La temperatura afecta a la velocidad del sonido en la mayoría de los materiales a un mayor o menor grado dependiendo del material.

2.5.5.2 Atenuación.

Además del cambio en la velocidad, la temperatura también puede afectar a la cantidad de atenuación en algunos materiales. Los cambios aparentes en la atenuación pueden ser indicativos de cambios en la estructura del material.

2.5.5.3 Frecuencia y tamaño de grano.

Las ondas de sonido se reflejan desde las interfaces dentro del material que está siendo probado, y los límites de grano en sólidos son interfaces que pueden ser orientadas al azar al haz. Esto hace que algunos de los sonidos para reflejar en direcciones al azar o "dispersión". El grano muy fino en el material causa muy poca dispersión pero el material de grano grueso causa una considerable dispersión. Energía dispersa que no alcanza el transductor receptor se "pierde" energía.

2.5.5.4 Resolución.

Resolución para un transductor dada se puede determinar en una de varias maneras:

Por el cálculo de la anchura de impulso y expresar que en términos de distancia ocupada en el material de ensayo.

Mediante la medición de la anchura del impulso en la traza de calibrado. Si la base de tiempo ha sido calibrada para el material de prueba, cualquier señal de posición clara de cualquier otra puede usarse para medir el ancho de pulso.

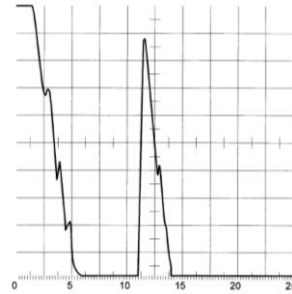


Fig. 2-7 Medición de anchura de impulso.

Fuente. Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

Al revisar la resolución sobre un bloque de calibración adecuada.

2.5.5.5 Condiciones de superficie.

Una variable importante es el de la condición de la superficie. Las diferencias en el acabado de la superficie pueden provocar grandes variaciones en los resultados de un examen. Pintura u otros recubrimientos pueden tener efectos similares. Fuertemente adheridas recubrimientos en la superficie generalmente permite una buena transferencia de la energía. Las capas sueltas o descamación son indeseables y deben ser retirados antes de realizar el examen.

2.5.5.6 Cambios Diámetro.

Los cambios en el diámetro de la superficie de ensayo pueden afectar en los cambios en la sensibilidad de la prueba. El tamaño efectivo del transductor se limita a su área de contacto. Es altamente deseable llevar a cabo la calibración del sistema sobre una superficie con un diámetro similar a la que se está escaneando en el componente sometido a prueba. Compensación por cambios de diámetro debe ser hecha por cualquiera de sumar o restar la ganancia después de la calibración, antes del examen del componente.

2.5.5.7 Presión de contacto y aplicación.

La cantidad de gel de acoplamiento utilizado y de la presión de contacto en el transductor pueden crear diferencias en la amplitud de la señal. Demasiado poco acoplante dejará la superficie seca y por lo tanto crear un límite de aire entre el transductor y la superficie del componente. Una presión excesiva puede exprimir el acoplador de debajo del transductor.

2.5.5.8 Las estructuras dendríticas

Las dendritas son los granos ramificados que existen en ciertas estructuras de metal y puede causar problemas, sobre todo en las soldaduras de acero inoxidable. Estas dendritas forman en la dirección de la disipación de calor durante el proceso de soldadura. Un solo grano puede crecer a partir de una pasada de soldadura a la siguiente, dejando los granos alargados que pueda redirigir eficazmente la energía del sonido.

2.5.5.9 Ganancia.

El uso de la ganancia excesiva puede exagerar las indicaciones de otra manera insignificante. Esto pone de relieve la necesidad de una calibración precisa.

2.5.5.10 Otros factores

Otros factores como la frecuencia del transductor, el diámetro y el ángulo pueden afectar los resultados del examen. Es necesario seguir un procedimiento cualificado en la realización de un examen, sobre todo cuando la repetitividad es un problema. Examen por ultrasonidos requiere una cuidadosa consideración de todas las variables. El profesional debe tener en cuenta estas variables y otras que puedan presentarse. La atención, conciencia, y la capacidad de reconocer anomalías son importantes.

2.5.6 Normativa.²⁹

Esta será el ente que regulara cada uno de los ensayos ya que no se pueden realizar sin tener una referencia que nos indique los parámetros adecuados de calibración de los equipos e interpretación de los resultados, ya que puede haber errores los cuales no pueden ser considerados como riesgosos y pueden pasar las pruebas.

2.5.6.1 Requisitos.

El personal que realice los exámenes de ultrasonido para esta práctica debe estar calificado y certificado de acuerdo con un procedimiento escrito, conforme a la práctica recomendada No. SNT-TC-1A (1988 o posterior) o con otra norma nacional que sea aceptable tanto para el comprador y el proveedor.

2.5.6.2 Preparación de la forja para el examen ultrasónico.

A menos que se especifique lo contrario en el pedido o contrato, el elemento se mecaniza para proporcionar superficies cilíndricas para su examen radial en el caso de piezas forjadas redondas; los extremos de las piezas forjadas se mecaniza perpendicular al eje de la forja para el examen axial. Caras de piezas forjadas de disco y rectangulares se pueden mecanizar plana y paralelos uno a otro.

La rugosidad de la superficie de acabados exteriores no excederá de 250 μin [6 μmm] a menos que se indique lo contrario en el plano de forjado o indicado en el pedido o contrato.

Las superficies de la forja de examinarse deben estar libres de materias extrañas, tales como escamas sueltas, pintura, suciedad, etc.

[29] Asme. (2010). Bolier And Pressure Vessel Code An International Code Nondestructive Examination Section V. Asme.

2.5.6.3 Método de referencia para la inspección de ultrasonidos de placa de aleación de aluminio para recipientes a presión.

Este método cubre pulso-eco inspección ultrasónica de la placa de aleación de aluminio de espesor igual o superior a 0,500 pulgadas (12,7 mm) para uso en la fabricación de recipientes a presión. La prueba ultrasónica se emplea para detectar discontinuidades internas brutas orientadas en una dirección paralela a la superficie del laminado, tales como grietas, rupturas, y laminaciones, y para proporcionar la seguridad de que sólo la placa que está libre de discontinuidades rechazables se acepta para la entrega.

El método de inspección y criterios de aceptación incluidas en esta norma se limitarán a la placa de las siguientes aleaciones de aluminio : 1060 , 1100, 3003 , Alclad 3003 , 3004, Alclad 3004, 5050, 5052 , 5083 , 5086 , 5154 , 5254 , 5454 , 5456 , 5652 , 6061 y 6061 Alclad .

Este método sólo se aplica a las pruebas ultrasónicas utilizando ondas longitudinales de impulsos que se transmiten y se reciben por una unidad de búsqueda que contiene ya sea un solo cristal o una combinación de cristales de múltiples interconectados eléctricamente. Pruebas de ultrasonido funcionen de acuerdo con el medio de transporte o las técnicas de ángulo del haz no están incluidos.

Este método se utiliza cuando la inspección ultrasónica según lo estipulado en este documento es requerido por el contrato, orden de compra o de especificaciones de la placa referenciada.

Los valores indicados en unidades pulgada - libra son la norma. Los valores de la SI entre paréntesis son sólo para información.

2.5.6.4 Requisitos del procedimiento escrito.

Requisitos. Examen ultrasónico deberá llevarse a cabo de conformidad con un procedimiento escrito, que será, como mínimo, contendrá los requisitos

enumerados en la tabla 2.15. El procedimiento escrito deberá establecer un solo valor o rango de valores para cada requisito.

Procedimiento de clasificación. Cuando procedimiento calificación se especifica por la sección de referencia del código, un cambio de un requisito en la tabla 2.15 identificado como un variable esencial del valor especificado, o el rango de valores, requerirán la recalificación de la fase escrita.

Un cambio de un requisito identificado como no esencial variable en el valor especificado, o el rango de valores, hace no requieren recalificación del procedimiento escrito. Todos los cambios de las variables esenciales o no esenciales del valor o rango de valores, especificados por el procedimiento escrito deberán someterse a una revisión, o una adición al escrito procedimiento.

Esencial	Variable esencial	Variables no esencial
Tipos de materiales y configuraciones para ser examinados, incluyendo el grosor, dimensiones y forma del producto (fundición, forja, placas, etc)	x	...
Requisitos de cualificación de personal	...	x
Requisitos de desempeño de personal, cuando sea necesario	x	...
Las superficies de las cuales se realiza el examen	x	...
Estado de la superficie (superficie de exploración, bloque de calibración)	...	x
Acoplador: nombre de marca o tipo	...	x
Técnica (s) (viga recta, ángulo de haz, contacto y / o inmersión)	x	...
Ángulo (s) y el modo (s) de propagación de la onda en el material	x	...
Buscar tipo de unidad (s), la frecuencia (es), y el tamaño de elemento (s) / forma (s)	x	...
Unidades especiales de búsqueda, cuñas, zapatos, sillas de montar, o cuando se utilizan	x	...
Instrumento ultrasónico (s)	x	...
Calibración [bloque de calibración (s) y la técnica (s)]	x	...
Direcciones y el alcance de la exploración	x	...
Automático de alarma y / o equipo de grabación, en su caso	...	x
Escaneo (manual vs automática)	x	...
Método para el dimensionamiento de indicaciones	x	...
Adquisición ordenador mejorada de datos, cuando se utiliza	x	...
Los registros, incluyendo los datos de calibración mínimos a registrar (por ejemplo, instrumentos ajustes)	...	x
Escanear superposición (sólo disminuirá)	x	...

Tabla. 2-8 Variables de un procedimiento de investigación por ultrasonido.

Fuente: ASME. (2010). Boiler and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

2.5.6.5 Equipo.

Instrumento. Un tipo de impulso-eco de instrumento ultrasónico se utiliza.

El instrumento es capaz de operar a frecuencias en el intervalo de al menos 1 MHz a 5 MHz, y será equipado con un control de ganancia escalonada en unidades de 2,0 dB o menos. Si el instrumento tiene un control de amortiguación, puede ser utilizado si no reduce la sensibilidad de la exploración.

El control deberá rechazar estar en la posición "off" para todos exámenes a menos que se pueda demostrar que no afecta a la linealidad de la exploración.

Búsqueda Unidades. La frecuencia nominal será de 1 MHz a 5 MHz menos variables como la estructura de grano material de producción requerir el uso de otras frecuencias para asegurar la adecuada la penetración o mejor resolución. Unidades de búsqueda con contorno cuñas de contacto pueden ser utilizados para ayudar acoplamiento ultrasónico.

2.5.6.6 Acoplador.

El acoplador, incluidos los aditivos, no debe ser perjudicial para el material que está siendo examinado.

- Acopladores se utilizan en aleaciones con base de níquel no contendrán más de 250 ppm de azufre.
- Acopladores utilizados en el acero inoxidable austenítico o titanio no deberá contener más de 250 ppm de haluros (cloruros además de fluoruros).

2.5.6.7 Calibración Requisitos Bloque

El material a partir del cual se fabrica el bloque deberá ser de la misma forma del producto, especificación de material o equivalente agrupación P-Número, y

el tratamiento térmico como la material que está siendo examinado. A los efectos del presente párrafo, P-Nos. 1, 3, 4, 5A a 5C, y 15A a través

Materiales 15F se consideran equivalentes. El acabado de la superficie del bloque de exploración será representativo del acabado de la superficie de barrido sobre el material a ser examinado.

2.5.6.8 Comprobaciones de linealidad.

Deberán cumplirse los requisitos de la T- 561.1 y T- 561.2 a intervalos que no excedan de tres meses para los de tipo analógico instrumentos y de un año para los instrumentos de tipo digital o antes de su uso primero a partir de entonces.

Screen Altura linealidad. El ultrasónica del instrumento (no incluye los instrumentos utilizados para la medición del espesor) altura de la pantalla linealidad se evaluó en acuerdo con el Apéndice I Obligatoria del artículo 4.

Amplitud de linealidad de control. El ultrasónica del instrumento (no incluye los instrumentos utilizados para la medición del espesor) linealidad control de amplitud se evaluará conformidad con el Anexo II Obligatoria del artículo 4.

2.5.6.9 Requisitos generales de calibración.

Sistema ultrasónico. Calibraciones incluirán se lleva a cabo el sistema ultrasónico completo y antes del uso del sistema en el rango de espesor bajo examen.

Superficie de calibración. Se realizarán calibraciones desde la superficie (revestido o sin revestimiento; convexa o cóncava) correspondiente a la superficie del material a partir que se llevará a cabo el examen.

Acoplador. El mismo medio de acoplamiento para ser utilizado durante este examen se utiliza para la calibración.

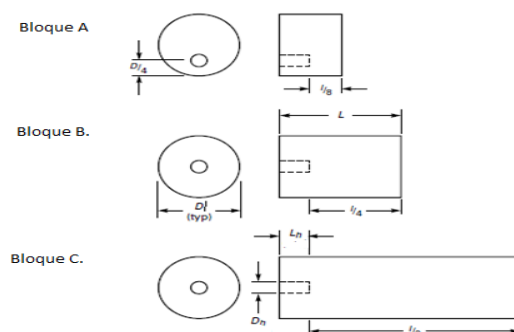


Fig. 2-8 Bloques de calibración.

Fuente: ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

NOMECLATURA.

d= diámetro del perno

D= diámetro bloque de calibración

Dh= diámetro del agujero de fondo plano

L= longitud del tornillo

L= calibración de longitud de bloque

Lh= calibración de longitud de bloque

Diámetro de la Fijación de material a ser examinado (d)	Calibración Diámetro Block (D)	Diámetro del orificio de fondo plano (Dh)
Up to 1 in. (25 mm)	$d \pm d/4$	1/16 pulg. (1.5 mm)
Superior 1 pulg. (25 mm) to 2 in. (50 mm)	$d \pm d/4$	1/8 pulg. (3 mm)
Superior 2 pulg. (50 mm) to 3 in. (75 mm)	$d \pm d/4$	3/16 pulg. (5 mm)
Superior 3 pulg. (75 mm) to 4 in. (100 mm)	$d \pm d/4$	5/16 pulg. (8 mm)
Superior 4 pulg. (100 mm)	$d \pm 1$ pulg. (25 mm)	3/8 pulg. (10 mm)

Tabla. 2-9 Diámetro de fijación del material a ser analizado

Fuente: ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

Designación del bloque de calibración.	De fondo plano Profundidad del Agujero (LH)
A	1.5 pulg. (38 mm)
B	0.5 pulg. (13 mm)
C	0.5 pulg. (13 mm)

Tabla. 2-10 Designación del bloque de calibración.

Fuente: ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

2.5.7 Aplicaciones.³⁰

Forma del producto comúnmente sometidas a inspección por ultrasonidos pueden ser forjado, fundido, soldado, compuestos, u otros materiales. Hay dos aplicaciones principales para ensayos no destructivos (NDT) en general. Estas son pruebas de tipo de producción ya sea de materias primas y / o nuevos componentes, y las inspecciones que se llevan a cabo en un momento en que el componente está en servicio.

Hoy prácticamente una infinita lista de áreas en las pruebas de ultrasonido se puede aplicar. Es, sin embargo prudente recordar que la forma y la orientación de una discontinuidad no siempre se presta en sí a la inspección ultrasónica.

2.5.7.1 Factores económicos.

La aplicación de casi cualquier método de ensayo no destructivo es dependiente de factores tales como la naturaleza del material, la accesibilidad a las áreas críticas, la geometría de componente, las discontinuidades que se buscan, y factores de costo. Desde un punto de vista económico, el coste de desmontar un sistema para NDT más el costo de la propia END tiene que ser considerado contra el costo de la sustitución del componente o sistema. La cantidad y el método de inspección necesarios para garantizar un producto o sistema, así como la probabilidad de detección de discontinuidad tienen que ser evaluado aceptable.

2.5.7.2 La medición de espesores.

Probablemente la aplicación más común UT es la medición de espesor de los componentes.

[30] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

La única condición de acceso para la medición de espesor por ultrasonidos es muy deseable. La medición de espesores de tubos que utilizan el acceso diámetro interior (D) puede ser llevado a cabo, ya sea con transductores de contacto o sistemas de tipo inmersión. Los sistemas de contacto por lo general incorporan un dispositivo en el que el transductor está accionado por resorte contra la pared del tubo. En el caso de sistemas de inmersión, ya sea estática o giratoria el transductor escanea la pared del tubo para el adelgazamiento o la corrosión.

2.5.7.3 Detección de discontinuidad.

Una discontinuidad es una imperfección que puede hacer que el componente en el que existe apto para el servicio. Es el momento de la formación de la discontinuidad que determina la categoría de inspección en la que cae, es decir, si se trata de producción o servicio relacionado. Los componentes que se presentan para la inspección antes de ser puesto en servicio se dice que están sometidos a la inspección pre-servicio (ISP). Esos componentes o sistemas que han de ser inspeccionados durante el servicio o durante la planta "apagar temporada" se dice que están sometidos a inspección en servicio.

2.5.7.4 Temperatura elevada.

En situaciones en las que el componente está en funcionamiento y apagar el sistema es costoso, pruebas de ultrasonido puede ser muy rentable, por ejemplo, en los casos en un recipiente a presión está funcionando a la temperatura y presión. Los transductores pueden ser diseñados, ya sea para la medición del espesor o de detección de discontinuidad a temperaturas elevadas.

2.5.7.5 Fragilidad por hidrógeno.

Fragilización por hidrógeno se produce en el acero durante el proceso de solidificación. Esto es generalmente debido a la acumulación de humedad y se manifiesta como extremadamente pequeñas rupturas cerca de los bordes de grano. Estas discontinuidades, por naturaleza, son extremadamente pequeñas y por lo general no puede ser detectado por la mayoría de los otros ensayos no destructivos. Con ultrasonidos, el efecto de fragilización por hidrógeno es dispersar la energía del sonido. Este aparece como el aumento de la atenuación.

La metodología de ultrasonidos incluye la comparación y la medición de las diferencias de atenuación aparentes en el componente. La atenuación se calcula en dB por medidas de longitud y la unidad se hace en los sitios sospechosos. Estas mediciones se comparan con una sección estándar de material que no contiene discontinuidades. Este proceso debe llevarse a cabo con cuidado. Medidas de atenuación se realizan mediante la observación de amplitud de la señal, por lo tanto, el contacto del transductor es crítico. Las variaciones en contacto o área de contacto pueden causar cambios en la amplitud de la señal.

2.5.7.6 Pruebas de Alcance.

Debido a que existe la reflexión en una interfaz, y puesto que la cantidad de reflexión varía con el material a cada lado de la interfaz, integridad de la unión se puede evaluar con técnicas de ultrasonidos. En su forma más simple, el aumento de la altura de la señal en una línea de unión será por lo general indican una falta de unión. Esto es debido a un cambio en la impedancia acústica entre las dos (o más) capas. Un cambio en la impedancia también provoca un cambio en la fase de la señal. Equipo especial está disponible que está diseñado específicamente para detectar estos cambios.

2.5.7.7 Componentes inaccesibles.

Componentes que son inaccesibles pueden ser inspeccionados remotas utilizando técnicas ultrasónicas uniendo transductores de varillas o manipuladores que se pueden insertar en una abertura para que alcancen el componente a ser examinado.

2.5.7.8 Medición de nivel de líquido.

Un método ideal de medición del nivel de un fluido en un recipiente, tubería, o contenedor es con ultrasonidos. De sonido que pasa a través del líquido se transmite al lado opuesto del recipiente, y el nivel del fluido se puede establecer mediante el control de la presencia o ausencia de una señal desde el lado opuesto del recipiente. (El lado opuesto, por supuesto, debe ser paralelo a la cara de escaneo.)

2.5.7.9 Las pruebas de tensión.

El seguimiento o medición de la tensión de los componentes, ya sea residual o inducida, se puede lograr con técnicas de ultrasonidos. Esto se debe a los cambios de velocidad del sonido en el material con la tensión mecánica. Debido a que estos cambios son relativamente pequeños, la instrumentación diseñada para este propósito incorpora dispositivos de tiempo de medición de velocidad extremadamente precisos. Medición de tensión puede hacerse ya sea a lo largo de la superficie de un componente de precisión con transductores de ondas de superficie, o a través de una sección, por lo general con el uso de transductores que oscilan en el eje "Y" y producen energía de onda de corte en el material. Dado que la energía de onda de corte es polarizada, la dirección de la tensión se puede determinar mediante la rotación del transductor y la observación de los cambios de velocidad en material anisótropo.

2.5.7.10 Extensómetros ultrasónicos.

Sujetadores de alta tecnología que tienen las especificaciones de precisión tensores pueden tensarse mediante ultrasonidos para medir este parámetro. Un transductor a veces se encuentra dentro de una llave de tubo y la extensión del perno está apretado se mide. Este es un dispositivo de medición de la tensión más precisa que una llave de torsión convencional, ya que no se ve afectado por la fricción hilo.

2.5.7.11 Caudal de líquido.

Normalmente se utiliza en aplicaciones médicas, esta técnica se utiliza industrialmente cuando deben controlarse las tasas de flujo de líquido en las tuberías. Esta técnica generalmente incorpora una configuración de transmisión a través de donde se controla la frecuencia del sonido. Las variaciones en la velocidad de flujo producen cambios en la frecuencia del sonido debido al "efecto Doppler."

2.5.8 Ventajas.³¹

- La energía del sonido se puede proyectar en un ángulo que responda favorablemente la orientación del reflector.
- La relación entre el tamaño de la discontinuidad y la estructura de grano del material permite para una señal a ruido aceptable.
- La inspección puede llevarse a cabo de una superficie.
- Discontinuidades pequeñas pueden ser detectados.
- Considerable control sobre las variables de ensayo.
- Las variedades de técnicas están disponibles utilizando los modos de ondas diversas.
- Examen de alta temperatura es posible con el equipo correcto.

[31] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. Mcgraw-Hill.

- Examen de piezas gruesas o largas.
- Inspección de piezas enterradas, por ejemplo, los ejes en cajas de cojinetes cautivados.
- Técnicas de clasificación precisos de la superficie de rotura interna y discontinuidades es posible.
- Información en profundidad discontinuidad.
- Superficiales y subterráneas discontinuidades pueden ser detectados.
- El escaneo de alta velocidad es posible con compuerta señal electrónica y sistema de alarma.
- Prueba de varias repeticiones.
- El equipo es ligero y portátil.
- Evacuación de su área de personal que no es necesario.
- Licencias especiales no están obligados al igual que con las fuentes de radiación.
- Número mínimo de consumibles.

2.5.9 Limitaciones.³²

- Por lo general no pueden detectar discontinuidades que están orientadas en paralelo con la energía del haz. Orientación de la discontinuidad (reflector) es el factor más importante en la detección de discontinuidades.
- Las discontinuidades que son similares o más pequeñas que la estructura de grano del material no se pueden detectar.
- Secciones delgadas pueden presentar problemas de resolución o exigir la aplicación de técnicas especiales.
- Superficies desiguales de exploración pueden reducir la eficacia de la prueba.
- Las señales pueden ser mal interpretadas. Esto incluye señales adulteradas de modo de conversión o cambio de dirección del haz, etc.

[32] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

- En general, este método requiere un alto nivel de habilidad y entrenamiento.
- Registro permanente de los resultados de los exámenes no es típico. Los registros se limitan a la documentación física en lugar de una reproducción real de la prueba, por ejemplo, cómo es posible con la radiografía.

2.6 Ensayos no destructivos volumétricos por radiografía Industrial.³³

El caso de la radiografía industrial (Testing Radiography RT), como prueba no destructiva es muy interesante, pues permite asegurar la integridad y la confiabilidad de un producto; además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular.

La interpretación RT se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades, macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuraciones físicas de un material.

Al aplicar RT, normalmente se obtiene una imagen de estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método se emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dichos materiales.

Dentro de los ensayos no destructivos (END), la radiografía es uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en la industria. Debido a esto, continuamente se realizan nuevos avances que modifican las técnicas de radiografía aplicadas al estudio no solo de materiales, sino también de partes y componentes; todo con el fin de hacer más confiables los resultados durante la aplicación técnica.

[33] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

El principio básico en el que se basa esta técnica es la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, siendo esta última de una longitud de onda muy corta y de alta energía.

Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos X o Gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material. Esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material o elemento inspeccionado.

Actualmente dentro del campo de la industria existen dos métodos o técnicas comúnmente empleadas para la inspección radiográfica.

2.6.1 Radiografía con Rayos-X.³⁴

Los equipos de rayos X consisten en un tubo eléctrico de alta tensión, en el que son acelerados haces de electrones a velocidades próximas a la de la luz y luego son frenadas, lo mas bruscamente posible, por choque contra un blanco. La energía cinética de los electrones se, transforma en luz, calor y una cierta cantidad de rayos X (aproximadamente, 1.8%), que es la aprovecha.

Sobre este esquema básico se han instrumentado soluciones, muy diversas en sus prestaciones y en su aspecto exterior. De un lado hay los poderosos aceleradores lineales y betatrones de varios millones de voltios, capaces de atravesar eficazmente espesores de muchos centímetros de acero, y por otro, los delicados instrumentos utilizados en micro radiografía industrial. En realidad con los que se trabajan con mayor frecuencia son equipos que son alimentados con tensiones entre 50 y 400 KV, y permiten resolver problemas de inspección en acero con espesores de hasta 8 – 10 cm.

Todos estos aparatos están sujetos a dependencias de suministro de energía eléctrica y de refrigeración que los hacen relativamente difíciles, aunque se tratan de equipos portátiles hay que tener en cuenta dos puntos importantes.

- Son más seguros que las fuentes isotópicas.
- Proporcionan resultados confiables.

[34] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

2.6.2 Radiografía con rayos Gamma.³⁵

Estos consisten en realidad de un pequeño fragmento de material radioactivo, en general no mayor que un pequeño fruto. Los átomos inestables de este material, al alcanzar su estado estable, emiten entre otras cosas que no tienen provecho radiográfico, rayos gama similares en naturaleza a los rayos X, pero con longitudes onda muy concentradas. El principal de los problemas, es que derivan casi todos los demás que prestan estas fuentes, consisten en la imposibilidad física de variar el proceso de emisión de la radiación; esto obliga a protegerse de esta del único modo posible: encerrando la fuente en una solida capsula que evite su dispersión y guardándole en un cofre de gruesas paredes de plomo o uranio.

Aplicaciones de las fuentes de radiación.									
	Radioterapia.	Radiodiagnosis.	Esterilización.	Irradiación.	Trazadores.	Medidores de flujo.	Metrología.	Análisis.	Datación.
Medicina y Biología.	x	x	X	x	x				
Industria.		x		x	x	x	x	X	
Alimentación.			X	x					
Arqueología.		x	X					X	x
Química.				x	x	x		X	
Policía.		x						X	x

Tabla. 2-11 Aplicación de fuentes de radiación.

Fuente, Delojo, M. G. (n.d.). Seguridad en la radiología industrial. Seguridad en el trabajo.

[35] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. Mcgraw-Hill.

2.6.3 Características de la radiación.

Estas características aplican a radiación-X y radiación gamma. La única diferencia entre estas dos radiaciones es su origen ya que los de rayos-X son producidos por tubos de radiografía y los de gamma vienen desde una fuente radioactiva que esta desintegrado.

2.6.4 Requisitos y secuencia de ensayos por radiografía.

Inicialmente, deben conocerse algunas características del material que se va a examinar, como son: tipo de metal, su configuración, espesor de la pared a ser radiografiada, etc. Todo esto con el fin de seleccionar el radioisótopo o el kilovoltaje más adecuado.

Una vez establecida la fuente de radiación, se debe calcular las distancias entre está, el objeto y la cinta, para así poder obtener la nitidez deseada.

Posteriormente se selecciona la cinta con ciertas características que permitan una exposición en un tiempo razonable y una calidad de imagen optima. Esta se coloca dentro de una porta cintas que sirve como protección para evitar que la luz dañe la emulsión fotográfica y además contiene las pantallas intensificadoras que sirven para reducir el tiempo de exposición, mejorando con esto la calidad de la imagen.

A continuación se procede a poner en práctica todas y cada una de las medidas de seguridad radiológica en el lugar donde se va a llevar a cabo el ensay, con el fin de evitar una sobredosis al operario, o personas que estén laborando cerca del lugar.

2.6.5 Preparación de la superficie.³⁶

Una de las principales recomendaciones para cualesquier tipo de ensayo END es que tengamos la superficie a la que vayamos a analizar, este completamente limpia para que no exista confusión de resultados los cuales nos pueden perjudicar nuestras intervenciones al momento de que vayamos a aplicar el mantenimiento correctivo.

2.6.5.1 Materiales incluido fundiciones.

Las superficies deberán cumplir los requisitos de la especificación de los materiales o en el apartado de referencia del código, con el acondicionamiento adicional, si es necesario, mediante cualquier procedimiento adecuado a tal grado que las imágenes de las irregularidades de la superficie no pueden enmascarar o ser confundida con la imagen de cualquier discontinuidad en la resultante radiografía.

2.6.5.2 Soldas.

Las ondas de soldadura o irregularidades de la superficie de soldadura, tanto en el interior (donde accesible) y fuera por eliminarla mediante cualquier procedimiento adecuado a tal grado que las imágenes de las irregularidades de la superficie no pueden enmascarar o ser confundida con la imagen de cualquier discontinuidad en la radiografía resultante.

La superficie terminada de todas las juntas soldadas a tope puede estar al ras con el material base o puede tener coronas razonablemente uniforme, con refuerzo de no sobrepasar la especificada en la sección de referencia del código.

[36] Asme. (2010). Boiler And Pressure Vessel Code An International Code Nondestructive Examination Section V. Asme.

2.6.6 Técnicas y procedimientos.³⁷

Para la realización de cada uno de este tipo de ensayo tendremos técnicas y procedimientos para cada ensayo los cuales dependerán exclusivamente del proceso el cual estemos aplicando, y la norma no indicara los parámetros adecuados.

2.6.6.1 Técnicas.

Las técnicas más efectivas que viene siendo utilizada en el método del ensayo no destructivo por radiografía es la que la radiación pasa por medio de un único espesor ya la cinta está en contacto con la superficie opuesta del lado del lado de la fuente de radiación. Esta técnica des conocida como la “exposición de pared simple, la técnica de vista simple”. La radiación pasa a través de una pared (un solo espesor) y que espesor es evaluado o visto.

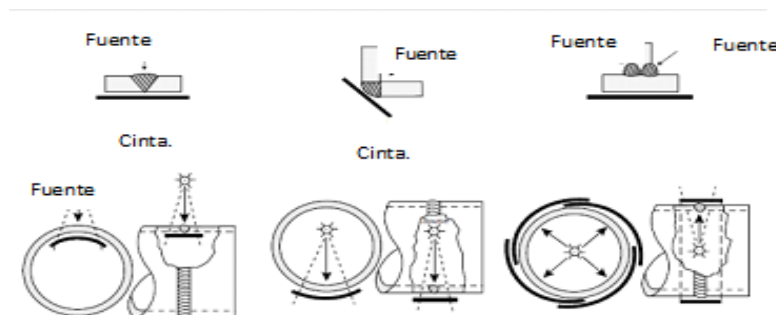


Fig. 2-9 La técnica de vista individual.

Fuente, Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

Otra de la técnica más utilizada es, la técnica conocida como “exposición de doble pared, la técnica de vista individual”. En este caso la radiación pasa a través de dos paredes, pero solo es evaluada la zona más cercana a la cinta.

[37] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

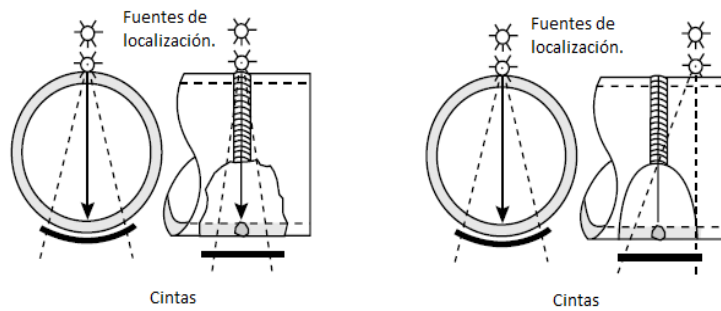


Fig. 2-10 La técnica de vista doble.

Fuente,Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation.McGraw-Hill.

Una tercera técnica más empleada es la que se hace pasar la radiación a través de las dos paredes y son evaluadas las dos. Esta técnica es conocida la doble pared o la técnica de vista doble y por lo generalmente se limita a elementos de diámetros pequeños por lo general iguales o menores de 3,5 pulgadas. En esta técnica, la fuente de radiación se puede colocar directamente sobre el área la cual va ha ser evaluada. Como una alternativa la fuente puede ser compensada por un ángulo de aproximadamente de 15° con el fin de observar tanto las paredes inferiores como las paredes superiores. Cuando se compensa la fuente, la técnica la técnica se refiere a menudo como la elipse o la técnica elíptica.

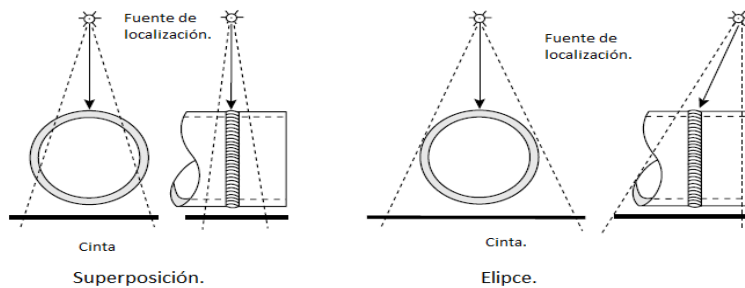


Fig. 2-11 La exposición de doble pared, la técnica de doble vista.

Fuente,Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation.McGraw-Hill.

2.6.6.2 Procedimientos.

Un procedimiento típico se describe a continuación para proporcionar orientación, especialmente cuando la radiografía de un objeto específico se intenta por primera vez.

- Entender los códigos, especificaciones y requerimientos por los que el cliente desea realizar el análisis.
- Desarrollar de una de las técnicas descritas, basándose en el espesor y tipo de material a ser analizado.
- Preparar un bosquejo para el lanzamiento del haz de luz.
- La cinta de rebelado debe ser colocada en un cuarto oscuro.
- Colocar la cinta de rebelado debajo del objeto el cual estamos realizando el análisis.
- Tener cuidado de utilizar la fuente de energía correcta.
- Colocar los emisores de marcación correcta y los números de identificación en el área de interés para asegurar la fácil correlación con una discontinuidad en caso de que se localice.
- Configurar los parámetros de exposición.
- Haga la exposición.
- En el cuarto oscuro, descargar y proceder el rebelado.
- Evaluar la cinta en busca de elementos o impurezas en el cuerpo analizado.
- Realizar un informe y almacenar la cinta.

2.6.7 Variables a tomar en cuenta en el ensayo.

De todos los métodos de ensayos no destructivos, el método de ensayo no destructivo END por radiografía posee con certeza la mayor cantidad de variables. Estos incluyen.

- Energía.
- Tiempo de exposición.

- mA (rayos-X).
- tipo de material y densidad.
- El espesor del material.
- El tipo de cinta.
- Pantallas usadas.
- La cinta de procedimiento (el tiempo de desarrollo del procedimiento y temperatura, etc.).
- Densidad de la cinta.
- Distancia de la fuente de radiación al objeto.
- Distancia del objeto a la cinta.
- Espacio físico designado (rayos-X).

Para un control de estas variables así como los beneficios pueden ser maximizadas para cada una, una técnica de mapa puede ser usada. Desafortunadamente, todavía hay muchas radiografías tomadas por la técnica “prueba erro”. Algunas radiografías toman tres, cuatro o más exposiciones usando diferentes técnicas, entonces, después del proceso la cinta mostrada se puede decidir cuál es la mejor imagen. La mejor manera de producir una radiografía de alta calidad es por el uso de planos expuestos. Esto puede entenderse de una mejor manera siguiendo algunos pasos lógicos.

Paso # 1. Verificar el tipo de material y encontrar su espesor en el eje horizontal.

Paso # 2. Proyecte una línea vertical recta desde la cima del espesor del material.

Paso # 3. Tal como se expuso en el paso # 2 una vez seleccionada la energía una línea es proyectada a partir del eje vertical, donde la exposición tiempo e intensidad son combinadas en unidades de mili amperios segundos (mAs). De este modo mA es la corriente aplicada al filamento que controla la cantidad de radiación. El tiempo, en este caso en unidades de segundos, y mA son valores inversamente proporcionales.

Rayos – X (KV).								Rayos Gamma		
	50	100	150	220	400	100	200	fr 192	CE-137	CO-60
Magnesio.	0.6	0.6	0.05	0.08				0.22	0.22	0.22
Aluminio.	1.0	1.0	0.12	0.18				0.34	0.34	0.34
Titanio.		8.0	0.63	0.71	0.71	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Acero.		12.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cobre.		18.0	1.6	1.4	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Zinc.			1.4	1.3	1.3	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0
Latón.			1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
Nota: Aluminio es tomada como el metal base a 50 KV - 100 KV, y el acero a voltajes superiores y con rayos gamma.										

Tabla. 2-12 Factores Equivalentes De Radiografía.
Fuente, Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation.McGraw-Hill.

2.6.8 Normativa.³⁸

En esta parte nuestro propósito es limitarnos, por razones de espacio, al tema de fuentes isotópicas de uso de radiología.

2.6.8.1 Procedimiento de la elaboración del ensayo.

Cada procedimiento para la realización de un ensayo deberá poseer al menos la siguiente información de cada uno de los elementos que se realizara ensayos de radiografía.

El tipo de material y el tipo de espesor.

El máximo voltaje de rayos – X que deberá ser utilizado.

El tipo de fuente y la distancia que deberá ser empleada para un ensayo.

Distancia de la fuente al objeto hacia la cinta donde será revelado el ensayo.

Tamaño de fuente.

Marca y denominación de la cinta reveladora en la cual será visualizada la imagen del ensayo.

[38] Asme. (2010). Bolier And Pressure Vessel Code An International Code Nondestructive Examination Section V. Asme.

Pantallas utilizadas.

$$U_g = \frac{Fd}{D}$$

Ecuación 2-5

Dónde.

$U_g \Rightarrow$ nitidez geométrica del ensayo.

$F \Rightarrow$ Tamaño de la fuente:

La dimensión máxima proyectada de la fuente de radiación en el plano perpendicular a la distancia D al elemento a ser ensayada por medio de este método.

$D \Rightarrow$ distancia de la fuente de radiación.

$d \Rightarrow$ distancia del lado de la fuente del ensayo u objeto radiografiado.

D y d se determinaran en el centro aproximado del área de ensayo.

2.6.8.2 Procedimiento escrito.

El examen de radiografía se realiza de acuerdo con un procedimiento escrito. Cada procedimiento incluirá voltaje usado en radiografía.

- La distancia de la fuente al objeto.
- Distancia para la fuente del lado de la película
- Calibración de la Fuente.
- Marca y designación de la cinta
- Pantallas utilizadas.

2.6.8.3 Documentación del procedimiento.

Demostración de la densidad y de la calidad de imagen [Q], los requerimientos de la calidad de la revelación de la imagen sobre el análisis o la técnica sobre la cual se está realizando el ensayo radiográfico serán considerados de prueba suficiente del cumplimiento de dicho procedimiento.

2.6.9 Equipamiento y materiales³⁹

Para los END volumétricos deberemos contar con equipos adecuados los cuales nos brinden confiabilidad al momento de emitir resultados ya que de estos dependerá el éxito de las reparaciones correctivas que se realicen en los elementos que se estén analizando.

2.6.9.1 Cinta.

La cinta de revelado radiográfico es la más importante en este ensayo ya que al no poseer no podrá ser concluido un ensayo, la cinta de revelado de radiografía industrial es estándar ya que posee dos caras de emulsiones uno a cada lado de la base de la cinta. Hay siete niveles que componen la sección transversal de la cinta la base que ocupa mayor parte del espesor está hecha de celulosa, triacetato o poliéster. Ambos lados de la base poseen una capa muy delgada que contiene un adhesivo, y la adhesión al adhesivo son las capas de emulsión.

La emulsión contiene muchos haluros pequeños de plata que están suspendido en gelatina. Aquí es donde los cambios se producen cuando la emulsión se expone a la radiación o la luz en las dos superficies exteriores, hay una capa muy delgada de gelatina endurecida, que está diseñado para proteger la emulsión.

[39] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

La emulsión es muy sensible a la manipulación, los productos químicos, la abrasión, y varios niveles de exposición a la luz, por lo que es esencial que la película deba tratar con sumo cuidado.

2.6.9.2 Transformación de cinta.

Después que la radiografía ha sido tomada, la película está lista para su procesamiento. Un sistema de procesamiento de película típico manual se ilustra en la figura 2.21 El primer paso en el proceso manual es colocar cuidadosamente la película sobre una mueble de acero inoxidable, que está diseñado para el procesamiento manual, o colocar con cuidado en la alimentación en final del procesador automático.



Fig. 2-12 Tanque de procesamiento manual de cinta radiográfica.

Fuente: Hillier, C. (2003). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill.

El primer paso que se someterá a la cinta en desarrollo. Los desarrolladores son soluciones alcalinas que cambian el latente o imagen almacenada químicamente en la emulsión radiográfica en una imagen visible, lo que resulta en varios tonos de gris o negro, dependiendo de la cantidad de exposición.

Agentes del desarrollador reducir el haluros de plata expuesto a la plata metálica. También hay un acelerador, que acelera el desarrollo; un conservante, que impide la oxidación del desarrollador, y un retenedor, que

ayuda a controlar y reducir la niebla química que puede ocurrir durante el procesamiento de la cinta. Es bastante común el uso de un tiempo de desarrollo de 5 a 8 minutos a una temperatura de 68 ° F (20 ° C). Algunos fabricantes de películas recomiendan 4 a 7 minutos a 68 ° F. Si la temperatura es más alta que 68 ° C, un tiempo de desarrollo más corto será apropiado.

Por otro lado, si la temperatura del revelador es menor que 68 ° C, será necesario un tiempo de desarrollo más largo. Del mismo modo que se neutraliza el revelador alcalino y protege la acidez del fijado, que es el siguiente.

2.6.9.3 Procedimiento.

La guía estándar para el control de calidad de cintas de procesos radiográficos industriales SE-999 o los apartados 23 al 26 de la guía de las norma par examinación por radiografía SE-94 deberán ser utilizadas como una guía para el proceso de examinación.

2.6.10 Indicador de calidad de imagen [Q]

Para este tipo de END será muy importante la buena calidad de imagen con la que contaremos y de esta manera diagnosticar la falla con la que contamos y el riesgo al que estamos expuestos si no se toma un adecuado proceso de mantenimiento.

2.6.10.1 Norma de designación [Q].

Esta deberá ser del tipo de agujero o del tipo de cable. Tipo de agujero [Q] deberá ser manufacturada e identificada en concordancia con los requerimientos o alternantes permitidas en SE-747, excepto que el numero de cable sea grande o el número de identificación pueda ser omitida. Según la norma ASME [Q] puede consistir de los que se denomina en la siguiente tabla.

[Q] Designación.	[Q] Espesores, in (mm)	1T diámetro de agujeros, in (mm)	2T diámetro de agujeros, in (mm)	4T diámetro de agujeros, in (mm).
5	0.005 (0.25)	0.010 (0.25)	0.020 (0.51)	0.040 (1.02)
7	0.0075 (0.19)	0.010 (0.25)	0.020 (0.51) 0.040	0.040 (1.02)
10	0.010 (0.25)	0.010 (0.25)	0.020 (0.51)	0.040 (1.02)
12	0.0125 (0.32)	0.0125 (0.32)	0.025 (0.64)	0.050 (1.27)
15	0.015 (0.38)	0.015 (0.38)	0.030 (0.76)	0.060 (1.52)
17	0.0175 (0.44)	0.0175 (0.44)	0.035 (0.89)	0.070 (1.78)
20	0.020 (0.51)	0.020 (0.51)	0.040 (1.02)	0.080 (2.03)
25	0.025 (0.64)	0.025 (0.64)	0.050 (1.27)	0.100 (2.54)
30	0.030 (0.76)	0.030 (0.76)	0.060 (1.52)	0.120 (3.05)
35	0.035 (0.89)	0.035 (0.89)	0.070 (1.78)	0.140 (3.56)
40	0.040 (1.02)	0.040 (1.02)	0.080 (2.03)	0.160 (4.06)
45	0.045 (1.14)	0.045 (1.14)	0.090 (2.29)	0.180 (4.57)
50	0.050 (1.27)	0.050 (1.27)	0.100 (2.54)	0.200 (5.08)
60	0.060 (1.52)	0.060 (1.52)	0.120 (3.05)	0.240 (6.10)
70	0.070 (1.78)	0.070 (1.78)	0.140 (3.56)	0.280 (7.11)
80	0.080 (2.03)	0.080 (2.03)	0.160 (4.06)	0.320 (8.13)
100	0.100 (2.54)	0.100 (2.54)	0.200 (5.08)	0.400 (10.16)
120	0.120 (3.05)	0.120 (3.05)	0.240 (6.10)	0.480 (12.19)
140	0.140 (3.56)	0.140 (3.56)	0.280 (7.11)	0.560 (14.22)
160	0.160 (4.06)	0.160 (4.06)	0.320 (8.13)	0.640 (16.26)
200	0.200 (5.08)	0.200 (5.08)	0.400 (10.16)	
240	0.240 (6.10)	0.240 (6.10)	0.480 (12.19)	
280	0.280 (7.11)	0.280 (7.11)	0.560 (14.22)	

Tabla. 2-13 Tipo de agujeros [Q], designación, espesores y diámetros de agujeros.
Fuente.ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

2.6.10.2 Alternativa [Q].

Esta deberá ser designada y manufacturada en acuerdo otras normas nacionales o internacionales estas pueden ser utilizadas provistas de los requerimientos, y los requerimientos del material

SET A.		SET B.	
Diámetro de cable, in (mm)	Identidad de cable.	Diámetro de cable, in (mm)	Identidad de cable.
0.0032 (0.08)	1	0.010 (0.25)	6
0.004 (0.10)	2	0.013 (0.33)	7
0.005 (0.13)	3	0.016 (0.41)	8
0.0063 (0.16)	4	0.020 (0.51)	9
0.008 (0.20)	5	0.025 (0.64)	10
0.010 (0.25)	6	0.032 (0.81)	11

Tabla. 2-14 Designación de Alambre [Q], Diámetro de alambre e identificación de alambre.
Fuente, ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

SET C.		SET D.	
Diámetro de cable, in (mm)	Identidad de cable.	Diámetro de cable, in (mm)	Identidad de cable.
0.032 (0.81)	11	0.100 (2.54)	16
0.04 (1.02)	12	0.126 (3.20)	17
0.05 (1.27)	13	0.160 (4.06)	18
0.063 (1.60)	14	0.200 (5.08)	19
0.08 (2.03)	15	0.250 (6.35)	20
0.100 (2.54)	16	0.320 (8.13)	21

Tabla. 2-15 Designación de Alambre [Q], Diámetro de alambre e identificación de alambre.
Fuente, ASME. (2010). Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. ASME.

2.6.11 Instalaciones para la visualización de radiografías.

Las instalaciones deberán facilitar moderada iluminación con una intensidad que no cause reflejos o sombras en la radiografía que interfiera con el proceso de interpretación. El equipo utilizado para la interpretación de las imágenes de radiografía deberá proporcionar con una fuente variable de luz suficiente para que el diámetro del agujero [Q] o cable designado sea el adecuado para el rango de densidad especificada.

2.6.12 Aplicaciones.

Este tipo de ensayo no destructivo puede ser aplicado a la gran mayoría de componentes metálicos y no metálicos, para la detección de imperfecciones internas del cuerpo de un elemento, estas imperfecciones pueden ser grietas (fisuras), poros ya sean estos de origen en el proceso de producción o en el montaje o mecanizado de un elemento.

- Generación de Energía
- Aeroespacial.
- Petroquímica.
- No metales.
- Medicina.

- Aplicación de la Ley y Seguridad.
- Alimentos.
- Objetos de arte o de valor histórico.

2.6.13 Ventajas.

- Estas pueden ser utilizadas en materiales ferrosos y no ferrosos.
- Con este tipo de ensayo es fácil poder detectar el tipo de imperfección que se encuentra en un cuerpo ya sea fisuras o poros.
- Revela discontinuidades estructurales (fabricación) o imperfecciones generadas en el ensamble o mecanizado.

2.6.14 Desventajas.

- Díficil aplicación en piezas de geometría compleja.
- El elemento a ser ensayado debe poseer acceso en lados opuestos.
- No detecta discontinuidades de tipo laminar, es decir cuando una fisura se encuentra una sobrepuesta a otra.
- Una de las más importantes es que requiere una primordial protección para el operario ya que la radiación generada es perjudicial para la salud.

2.6.15 Forma de reportar el examen realizado.

Para emitir un reporte de resultados e informar las fallas con las que contamos tendremos de manera primordial el método de ensayo el cual estamos realizando, posteriormente el nombre de la persona encargada del equipo, cabe recalcar que esta persona deberá tener una certificación bajo norma ya que no es posible realizar cualesquier profesional que conozca de la materia.

2.6.15.1 Documentación de la información.

Para garantizar que todo que todas las piezas ensayadas estén radiografiadas de manera sistemática deberán proporcionarse los datos de diseño como mínimo:

- Bocetos de los elementos a ser ensayadas, en otras tantas vistas como sea necesario, para mostrar la posición aproximada de cada anotador de ubicación.
- Ángulos de fuente si no es perpendiculares a la película.

Para ayudar a la correcta interpretación de los datos de los exámenes digitales, los detalles de la técnica utilizada acompañarán a los datos. Como mínimo, la información incluirá los elementos especificados: pag 57

- Técnica de documentación.
- Requisitos Procedimiento.
 - Gama de materiales y espesores
 - Calificaciones de equipos
 - Ensayo plano análisis de objetos
 - Parámetros de radioscopia
 - Parámetros de procesamiento de imagen
 - Parámetros de visualización de imágenes
 - Archivo de imágenes
- Requisitos de procedimiento.
 - Parámetros de digitalización de imagen.
 - Parámetros de mostrador de imagen.
 - Parámetros de procesamiento de imagen que se utilizan.
 - Deposito.
 - Formatos de salida analógica.

CAPITULO III

3 ANALISIS EXPERIMENTAL DE LOS TIPOS DE FALLAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”

3.1 Ensayos no destructivos superficiales por inspección visual.

En la actualidad la aplicación de ensayos no destructivos superficiales por inspección visual nos permite obtener una información de elementos mecánicos que se encuentran sometidos de esfuerzos en el funcionamiento de maquinaria.

3.1.1 Generalidades.

La oportunidad que nos brindan los ensayos no destructivos nos permite la verificación del material de ciertos componentes mecánicos ya que según su estructura y su uso pueden presentar fisuras o deformación que pueden hacer que nuestro sistema presente tipos de fallas en su funcionamiento.

En la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con un laboratorio de ensayos no destructivos lo cual aplicaremos este tipo de ensayos para la verificación de la estructura del material de los cabezotes automotrices de motores de combustión interna por lo cual aplicaremos dos técnicas de ensayos no destructivos: Inspección Visual y Tintas Penetrantes las cuales nos permitirán observar las fisuras que nuestra estructura en nuestro cabezotes automotrices de aluminio puedan presentar bajo la ayuda de estas técnica.

3.2 Aplicación de Técnicas de Inspección Visual.

Para la realización de la aplicación de las técnicas de ensayos no destructivos se procedió a identificar los cabezotes a que vehículo pertenece con todas sus características físicas y químicas para la elaboración de las técnicas de ensayos no destructivos.

3.2.1 Pasos para la aplicación de ensayos no destructivos.

Para cualesquier tipo de ensayos no destructivos se deberá seguir un procedimiento las cuales fueros descritas en el capítulo anterior tomadas de la norma.

3.2.1.1 Iluminación.

Debemos contar con un espacio físico debidamente iluminado para un buen ensayo ya que al no contar con este factor muy importante los resultados obtenidos podrían ser mal interpretados, por tal motivo una inadecuada recomendación de mantenimiento.

El laboratorio de END de la universidad politécnica salesiana cuenta con una iluminación adecuada para la elaboración de un ensayo de inspección visual con 100 footcandles o watts.

3.2.1.2 Identificación de los cabezotes de aluminio.



Fig. 3-1 Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores

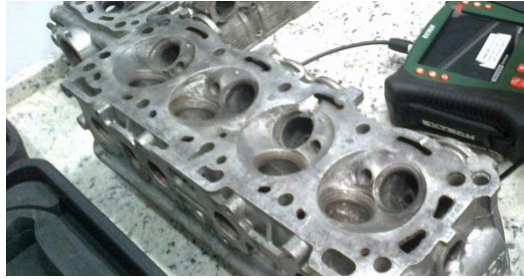


Fig. 3-2 Cabezote de Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores

3.2.1.3 Preparación y limpieza de los cabezotes.

Se procede a la respectiva limpieza de los cabezotes con líquido desengrasante para la realización del ensayo de inspección visual, ya que al no tener una superficie totalmente limpia también es otro de los factores que perjudican en la buena interpretación de resultados.



Fig. 3-3 Limpieza de Cabezotes con desengrasante.
Fuente: Autores



Fig. 3-4 Limpieza de Cabezotes con desengrasante.
Fuente: Autores

Pulverización de cavidades y alojamientos de guías para válvulas de admisión y escape, cámaras de refrigeración y lubricación.



Fig. 3-5 Pulverizado de Cabezotes de Chevrolet Swift con gasolina.
Fuente: Autores



Fig. 3-6 Pulverizado de Cabezote de Chevrolet Luv con gasolina.
Fuente: Autores

3.2.1.4 Laboratorio END e Instrumentos de Inspección.

La Universidad Politécnica Salesiana cuenta con un laboratorio (END) en la Carrera de Ingeniera Mecánica la cual nos permitirá realizar y hace posible utilizar estas técnicas no destructivas para la elaboración de estos procesos de inspección visual con instrumentación de acorde al tema.

La inspección visual se realiza mediante la aplicación de un instrumento de ensayos no destructivos del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana de la Carrera de Ingeniería Mecánica con la utilización del Boroscopio Industrial para visualización de fallas en la superficie de elementos mecánicos.



Fig. 3-7 Boroscopio Industrial Extech.
Fuente: Autores

3.2.1.5 Operación del Equipo de Inspección Visual Boroscopio Industrial Extech. ⁴⁰

Es una cámara de inspección de Videos copio de Alta Definición. Diseñados para su uso en casi cualquier entorno, es un videos copio industrial sólido, a prueba de agua y de caídas, transmiten imágenes y videos con extraordinaria claridad y nitidez.

Las cámaras de diámetro angosto HDV600 transmiten gran resolución de imágenes a sus monitores LCD 5,7" color de alta definición. Almacena tanto las imágenes y los videos en la tarjeta de memoria SD y se puede escoger entre un rango de sondas de cámara dependiendo de la aplicación que se requiera. Las sondas vienen en una variedad de tamaños para ajustarse a su aplicación y están disponibles en forma inalámbrica o por medio de cable. Algunas sondas están equipadas con una punta articulada de 320°.

Las cámaras han sido diseñadas para inspeccionar en lugares de acceso difícil tales como huecos de ventilación, interiores de máquinas, trayectos de cables.

Características.

- Incluye sonda flexible de 5.5 mm, FOV (campo de visión) de 60°, macros onda (1 m)

[40] Cristian Bernal, 2014. Diseño Técnico E Implementación Del Laboratorio De Ensayos No Destructivos Para El Área De Ciencia Y Tecnología De La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Tesis De Grado. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad De Ingenierías, Ingeniería Mecánica.

- Pantalla LCD de TFT de color de 5,7", de alta definición y definición 640 x 480
- Sonda para cámara resistente al agua, de alta resolución y tamaño compacto
- Cabezal para cámara con lámparas LED brillantes incorporadas con reductor de iluminación para iluminar el objeto visualizado
- Aproximación sin brillo y campo visual
- Se incluye una tarjeta de memoria SD para almacenar más de 14.600 imágenes
- Grabación en video (hasta 4 horas) con anotación de voz
- Salida AV para ver imágenes y video directamente en un monitor
- Los videos y las imágenes se pueden transferir a una PC mediante una tarjeta de memoria SD o una salida USB
- El transmisor inalámbrico opcional permite la transmisión de video hasta una distancia de 100 ft (30 m) desde el punto de medición que esté monitoreando
- Incluye tarjeta de memoria SD, batería recargable de litio polímero de 3.7 V, cable de conexión provisional, adaptador de CA, cables USB y AV, sonda para cámara y estuche rígido portátil.

Partes del Equipo.

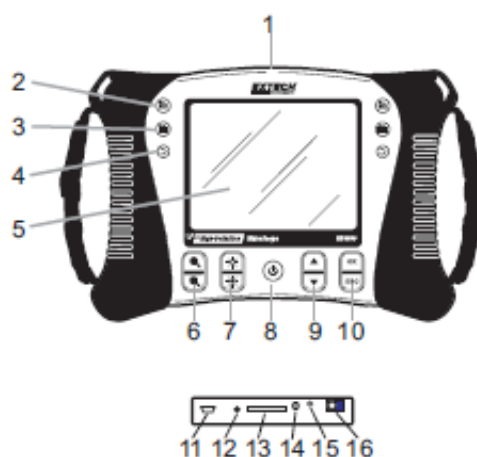


Fig. 3-8 Boroscopio Industrial Extech.
Fuente: Manual Boroscopio Industrial Extech.

1. Conector de la cámara
2. Botón cámara
3. Botón video
4. Botón girar imagen
5. Pantalla
6. Botones acercamiento (zoom)
7. Botones intensidad luminosa
8. Botón de encendido
9. Botones para deslizamiento
10. Botones de selección
11. Conector USB
12. Micrófono
13. Ranura para tarjeta SD
14. Enchufe para salida de video
15. Botón de reinicio
16. Conector del adaptador CA

Operación del Equipo.

- **Encendido del Equipo.**

1. Inserte la tarjeta SD en la ranura SD inferior
2. Presione el botón POWER para encender el medidor. El icono batería aparecerá brevemente para indicar la condición de la batería.
3. Presione OK para abrir el MENÚ de configuración
4. Presione el botón ▲ ó ▼ para desplazarse por las opciones del MENÚ.

5. Presione OK para abrir la opción resaltada.
6. Presione el botón ▲ ó ▼ para desplazarse por las opciones abiertas del MENÚ.
7. Presione el botón ▲ ó ▼ para aumentar o disminuir el valor seleccionado.
8. Después de hacer un cambio, presione el botón OK para guardar el cambio o el botón ESC para salir sin guardar el cambio.

Nota: Después de 10 segundos de inactividad, saldrá del menú de configuración sin guardar los cambios.

- **Operación.**

1. Conecte la extensión al monitor.
2. Presione el botón (POWER) para encender el medidor.
3. Maniobre la extensión en posición para ver el área que desea examinar. Puede flexionar el tubo a la forma deseada del área a examinar. La distancia de enfoque óptimo es de 2 a 6cm (0.79 a 2.3")
4. La distancia de enfoque óptimo depende de la cámara, pero el alcance habitual es de 2 a 6cm

Acercamiento (zoom)

Presione el botón   de acercamiento para aumentar o disminuir la resolución de pantalla de 1X a 2X.

Intensidad luminosa

Presione y suelte el botón   para aumentar o disminuir la intensidad luminosa del LED de la cámara

Nota: el LED de la cámara se calienta cuando se ajusta a la intensidad máxima.

Tomar una imagen

Presione el botón  para tomar y guardar una imagen en la memoria. El icono aparece en pantalla al tomar una foto.

Grabación de un video

Presione el botón  para iniciar la grabación del video. Los iconos REC aparecerán en la pantalla durante la grabación del video. Presione el botón para detener la grabación. El audio se grabará en el vídeo por el micrófono en la parte inferior del monitor

Nota: La cubierta de acceso inferior debe ser removido para la grabación de audio.

Rotación de la pantalla

Presione el botón  para girar la pantalla 90 grados.

Visualización en pantalla de un video o foto guardada

1. Presione el botón  para accesar las imágenes o videos guardados en la memoria. Cada presión de botón da un paso por los archivos y el número de archivo se ve en pantalla (por ej., IMG00005)
2. Las imágenes aparecen con el icono  foto en la pantalla.
3. Los videos aparecen con el icono  película en la pantalla.
4. Para reproducir un video, presione el botón  . El icono  aparece durante la reproducción. Presione de nuevo el botón  para pausar la reproducción. El icono  pausa aparece.

3.3 Inspección Visual de Cabezote de Chevrolet Swift.

Con la aplicación del boroscopio para la visualización de las superficies de las cámaras de lubricación, cámara de combustión y cámara de refrigeración de los cabezotes de Chevrolet Swift y Luv.



Fig. 3-9 Cabezote de Chevrolet Swift, Cabezote Chevrolet Luv y Boroscopio Industrial Extech.
Fuente: Autores

3.3.1 Inspección visual de las cámaras de lubricación en Cabezotes de Chevrolet Swift y Chevrolet Luv.

Para la realización de la inspección visual se realizó con la capacitación de alumno Cristian Bernal estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica encargado y capacitado para la elaboración de los ensayos no destructivos y por Bolívar Sanango y Jaime Vinicio Bacuilima elaboradores de la tesis presente.

Inspección visual con Boroscopio de la cámara de lubricación para la observación de tipos de fallas que presenta el cabezote por el uso del que se genera por el trabajo en el motor de vehículo y por los diferentes factores de trabajo que estos presentan en su funcionamiento en el motor.



Fig. 3-10 Inspección Visual de la cámara de lubricación del cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores



Fig. 3-11 Inspección Visual con el Boroscopio de la cámara de lubricación de cabezote Chevrolet Luv.
Fuente: Autores

3.3.2 Inspección visual de las cámaras de combustión en los Cabezote de Chevrolet Swift y Chevrolet Luv.

Inspección visual con boroscopio de la cámara de combustión para la visualización de los tipos de fallas que presenta por el uso que se realiza del cabezote en el motor del vehículo ya que en esta cámara se realiza la combustión que genera el movimiento a los elementos mecánicos del motor generando así su potencia ya que el grado de temperatura que se genera nos puede producir fallas tales como fisuras que nos generan un mal funcionamiento y pérdidas de presiones.



Fig. 3-12 Inspección Visual cámara de la combustión del cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores



Fig. 3-13 Inspección Visual de la cámara de combustión del cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores

3.3.3 Inspección visual de la cámara de refrigeración en Cabezote de Chevrolet Swift.

Inspección visual con Boroscopio de la cámara de refrigeración que nos permita ver como se encuentra el interior del material de nuestro cabezote inspeccionado ya que no se podría observar sin este instrumento de ensayo no destructivo. La importancia que posee esta cámara en el funcionamiento del motor ya que la circulación de fluido refrigerante para que mantenga a una temperatura para optimizar el funcionamiento del motor y mejorar el rendimiento



Fig. 3-14 Inspección Visual con el Boroscopio de la cámara de refrigeración del cabezote Chevrolet Swift.
Fuente: Autores



Fig. 3-15 Inspección Visual con el Boroscopio de la cámara de refrigeración del cabezote Chevrolet Swift.
Fuente: Autores

3.3.4 Fichas de ensayos no destructivos por inspección visual.

Las fichas de los ensayos nos presentan las imágenes en donde tenemos las fallas que nos presentan nuestros cabezotes y los lugares en donde tenemos que considerar de gran importancia para realizar un mantenimiento en nuestros cabezotes.

Las fichas nos dan la información suficiente para tener una idea clara de la falla que tenemos en el material del cabezote ya que este será proximate aplicado un mantenimiento para su correcto funcionamiento.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR INSPECCION VISUAL			
N° de ficha	1	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	29/01/2014.	Proceso de Identifiacion	Ensayo no destructivo
Técnica usada	Inspeccion Visual	Instrumentacion	Boroscopio Extech Industrial
Inspectores Visuales	Jaime Vinicio Bacuilima		
	Luis Bolivar Sanango		
	Cristian Fernado Bernal		
Elemento a Inspeccionar		Caracteristicas Tecnicas	Boroscopio Extech Industrial
		Tipo : Cabezote Automtriz	
		Marca: Chevrolet Switf	
		Material: Aluminio	
		Presenta: Mezcla de fluidos de lubracion y refrigeracion	
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
			
Camara de lubricacion		Fisura en la camara de lubricacion en el alojamiento de muelle	
			
Camara de combustion		Agrientamiento en la camara de combustion	
			
Camara de refrigeracion		Agrientamiento en la camara de refrigeracion	
Mediante el ensayo de inspeccion visual con el boroscopio de puede observar el diferente tipo de fallas que presnta nuestro cabezote q tenemos en estudio en sus diferentes camaras.			
Camara de lubricacion:	Se puede observar una visura en camara de lubricacion del alojamiento del muelle.		
Camara de combustion:	Se puede observar una grieta en la camara de combustion.		
Camara de refrigeracion:	Se puede observar una grieta en la camara de refrigeracion.		

Tabla. 3-1 Ficha de inspección visual en Cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR INSPECCION VISUAL			
N° de ficha	2	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	29/01/2014	Proceso de Identifiacion	Ensayo no destructivo
Técnica usada	Inspeccion Visual	Instrumentacion	Boroscopio Extech Industrial
Inspectores Visuales	Jaime Vinicio Bacuilima		
	Luis Bolivar Sanango		
	Cristian Fernado Bernal		
Elemento a Inspeccionar		Caracteristicas Tecnicas	Boroscopio Extech Industrial
		Tipo : Cabezote Automotriz	
		Marca: Chevrolet Luv	
		Material: Aluminio	
		Presenta: Mezcla de fluidos de lubricacion y refrigeracion	
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
			
Camara de lubricacion		No presenta ningun tipo de falla	
			
Camara de combustion		Fisura en la camara de combustion	
			
Camara de refrigeracion		No presenta ningun tipo de falla	
Mediante el ensayo de inspeccion visual con el boroscopio de puede observar el diferente tipo de fallas que presnta nuestro cabezote q tenemos en estudio en sus diferentes camaras.			
Camara de lubricacion:	Se puede observar que no presenta ningun tipo de falla en la camara.		
Camara de combustion:	Se puede observar una fisura en la camara de combustion.		
Camara de refrigeracion:	Se puede observar que no presenta ningun tipo de falla en la camara.		

Tabla. 3-2 Ficha de inspección visual en Cabezote de Chevrolet Luv.
Fuente: Autores.

3.4 Ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT)

Con este tipo de ensayos no destructivos podremos revelar imperfecciones superficiales las cuales no pueden ser identificados a simple vista o para la identificación del tipo de imperfección con la que contamos en la previa inspección visual.

3.4.1 Generalidades.

El ensayo por líquidos penetrantes es un método de ensayo no destructivo (END) que permite la detección de discontinuidades en materiales sólidos no porosos y siempre que las discontinuidades se encuentren abiertas a la superficie.

En comparación de otras técnicas de ensayos no destructivos (END) (radiografía, ultrasonido, corrientes inducidas, etc.) la aplicación práctica de este tipo de ensayo, en general, es menos compleja y no requiere de equipos sofisticados que resultan ser costosos y complejos en su manejo, pero no por este motivo debemos cometer el error de pensar que la ejecución de este método se realice de sin tener ningún tipo de cuidado ya que como cualesquier método tiene sus riesgos por menos complicados que sean. El método de ensayos no destructivos por tintas penetrantes permite detectar los defectos abiertos a la superficie que en ciertos casos, como en recipientes a presión o en piezas sometidas a esfuerzos pueden ser los más peligrosos y llegar a causar grandes daños al sufrir roturas.

3.4.2 Aplicación de ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT)

Para la aplicación de los ensayos por tintas penetrantes se realizan en base a un tipo de norma que tenemos en el laboratorio de la Universidad Politécnica

Salesiana el cual el laboratorio se encuentra certificado bajo la norma ASTM ET65, ASME. Por la Autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana.



Fig. 3-16 Tintas penetrantes marca Magnaflux.
Fuente: Autores

3.4.3 Pasos para la aplicación de ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT).

Para la aplicación de las tintas reveladoras debemos tener muy en cuenta lo que nos indica la norma ASME PBCV sección V, en donde nos indica que debemos tener una superficie libre impurezas.

3.4.3.1 Iluminación.

El laboratorio de END de la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con una iluminación adecuada para la elaboración de un ensayo de aplicación de ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes. (PT) y los equipos correspondientes para estos ensayos.

3.4.3.2 Identificación de los cabezotes de aluminio.



Fig. 3-17 Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores

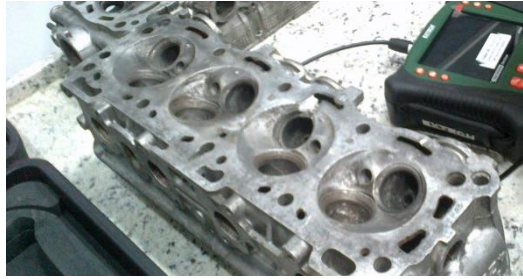


Fig. 3-18 Cabezote de Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores

3.4.3.3 Preparación y limpieza inicial del elemento.⁴¹

Para aplicar de manera adecuada este método, es necesario identificar claramente el elemento a inspeccionar. Se recomienda ensayar la pieza por lo menos una pulgada hacia las adyacencias de la zona de interés y proteger las demás zonas que no serán ensayadas.

La preparación o acondicionamiento superficial, es una de las fases críticas del proceso de ensayo por cuanto si esta no es idónea, las discontinuidades quedaran cegadas con suciedades y el penetrante no podrá hacer su trabajo. La elección del tipo de limpieza dependerá del tipo de contaminante que será removido, del tipo de material que será ensayado (propiedades termo mecánicas, dureza, aleación, y terminación superficial) y del tamaño de la pieza.

La superficie a ser ensayada deberá quedar libre de contaminantes tales como:

- Pintura.
- Grasa.
- Aceite.
- Óxidos.

Esto se puede lograr aplicando métodos de limpieza químicos, debido a que los métodos mecánicos, pueden obstruir la detección de defectos existentes. Entre

[41] Cano, M. M. (2007). Laboratorio De La Documentación Para La Certificación De Personal En Ensayos No Destructivos De Líquidos Penetrantes Con Base En Las Normas Iso 1702 Y Astm Cp 189-2001. Universidad Tecnológica De Pereira.

los métodos químicos más comunes se tiene: inmersión en caliente con soluciones detergentes, desengrase usando vapor o disolvente, desoxidación utilizando componentes alcalinos o ácidos y para eliminar pinturas se utilizan componentes cáusticos. Una vez realizada la limpieza la superficie debe quedar totalmente seca, esto se puede lograr por evaporación natural, recirculación de aire frío o caliente.



Fig. 3-19 Limpieza Cámara de Lubricación en Cabezote Chevrolet Swift.
Fuente: Autores



Fig. 3-20 Limpieza Cámara de Combustión en Cabezote Chevrolet Luv.
Fuente: Autores

3.4.3.4 Laboratorio END y Equipos de Inspección.

La Universidad Politécnica Salesiana cuenta con un laboratorio END en la Carrera de Ingeniería Mecánica la cual nos permitirá realizar y hacer posible la aplicación de ensayos no destructivos superficiales por Líquidos Penetrantes (PT). Utilizar estas técnicas no destructivas para la elaboración de estos ensayos con el equipo e instrumentación de acorde al tema.

El sistema de inspección por líquidos penetrantes de lavado de agua ZA-1633 de Ziglio es un sistema independiente de 6 estaciones diseñado para inspección por lotes y fluorescente de bajo volumen para partes pequeñas o medianas: sujetadores aeroespaciales, partes automotrices, implantes quirúrgicos, etc.

El sistema viene con una cabina de inspección independiente con luz negra, luz blanca, ventilador y un control calibrable digitalmente para el secador.⁴²



Fig. 3-21 Sistema de inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua, ZA-1633 Método A

Fuente: Manual Magnaflux – Ziglio.

3.4.3.5 Operación del Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua, ZA-1633 Método A.

El equipo consta de diferentes estaciones, las cuales es de mucha importancia conocer cuáles son estas, y para que se utilizan dentro del proceso de Inspección por Líquidos Penetrantes.

Las estaciones mencionadas anteriormente son:

- **Tanque de inmersión de Penetrantes**

Está situado en el extremo izquierdo de la unidad para aplicar el penetrante a las partes a ser inspeccionadas. Sus dimensiones interiores de trabajo son 15 $\frac{3}{4}$ "de izquierda a derecha x 33" delante y atrás x 14 $\frac{3}{4}$ "de profundidad. Veintisiete (27) galones van a llenar el tanque hasta aproximadamente 12 "de profundidad. Una válvula de drenaje está ubicada en la parte inferior del tanque.

- **Rejilla de Drenado.**
- **Tanque de Pre-Enjuague.**

[42] Cristian Bernal, 2014. Diseño Técnico E Implementación Del Laboratorio De Ensayos No Destructivos Para El Área De Ciencia Y Tecnología De La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Tesis De Grado. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad De Ingenierías, Ingeniería Mecánica.

- **Rejilla de drenado (sistemas hidrofílicos solamente)**
- **Tanque Extractor Hidrofílico (sistemas hidrofílicos solamente)**
- **Tanque de Enjuague Posterior**
- **Secado**
- **Estación de Revelado**
- **Cabina de Inspección**
- **Controles**
 - Lámpara indicadora Roja - Push / Pull Interruptor de potencia en "On" con el indicador en verde. Es necesario para reajustar el interruptor si se interrumpe la alimentación.
 - Interruptor selector para el secado "On-Off" - Este conmutador selector, actúa a través de un contactor y un termostato, controla los elementos de calefacción, secador y el ventilador de circulación.
 - Interruptor Selector Contraluz - Un "On-Off" interruptor selector de control de la luz negro se encuentra en la estación de enjuague. Otro "On-Off" interruptor está en la cabina de inspección.
 - Control de la Cabina de Inspección - La cabina de inspección contiene un panel de control con interruptores para la luz de mano negra, luz blanca y extractor de aire.
 - Interruptor para el Enjuague – Un interruptor "On-Off" selector de control activa a los temporizadores de encendido.
 - Presionar el botón de inicio de ciclo de enjuague para iniciar dicho ciclo en la estación de enjuague.

3.4.4 Aplicación del líquido penetrante LP y tiempo de penetración.

Los líquidos penetrantes LP se aplican por inmersión, con pincel o por spray. Pero cuando se aplique por spray se utiliza algún sistema o equipo de aire comprimido es indispensable colocar filtros en la entrada del aire para evitar contaminar el penetrante con partículas presentes en el circuito. El penetrante se vierte sobre el elemento cubriendo la superficie de inspección.

Para mejores resultados es necesario obtener una película fina y uniforme sobre la superficie de inspección y dejar transcurrir un tiempo prudente para que el líquido penetre en los defectos.

Dicho tiempo de penetración es crítico y dependerá de la temperatura de ensayo (16 °C a 52 °C), tipo de discontinuidad y material. Por tanto el mínimo del tiempo será el recomendado por normas o el que determine un procedimiento calificado. Las siguientes tablas indican los tiempos de penetración para diferentes tipos de penetrantes, según el tipo de defectos.



Fig. 3-22 Aplicación del penetrador Magnaflux la Cámara de Lubricación de Cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores.



Fig. 3-23 Aplicación del penetrador Magnaflux en la Cámara de Combustión de Cabezote de Chevrolet Luv.
Fuente: Autores

3.4.5 Lavado y removido del exceso de penetrantes.

La remoción dependerá del tipo de líquido penetrante (LP) utilizado. Se deberá remover el exceso de la superficie evitando extraer aquel que se encuentra dentro de las discontinuidades. El exceso es la cantidad de líquido penetrante que no se ha introducido en los defectos y que permanece sobrante en la superficie de la limpieza a inspeccionar.

Esta etapa de la inspección es crítica y dependerá de su correcta realización para la obtención de excelentes resultados después de concluir con este ensayo. Si no se han limpiado correctamente los excedentes posteriormente aparecerán manchas de penetrantes que alteraran los resultados dando indicaciones falsas e incluso, la ocultación de los defectos y discontinuidad. El resultado de estos ensayos deberán ser analizados bajo luz blanca para penetrantes coloreados y bajo luz ultravioleta para fluorescentes.

Es aconsejable remover en primer lugar la mayor parte del penetrante con trapos o papel absorbente y después remover lo demás utilizando un papel ligeramente impregnado con disolvente.

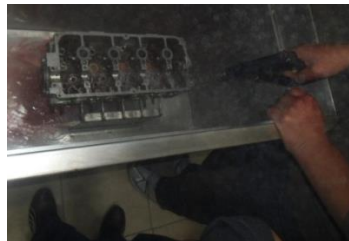


Fig. 3-24 Lavado con Agua el penetrador Cabezote de Chevrolet Swift Sistema de Inspección por líquidos penetrantes coloreados de lavado de agua.

Fuente: Autores



Fig. 3-25 Lavado con Agua el penetrador Cabezote de Chevrolet Luv Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores.

3.4.6 Secado de la tinta.

Para el secado depende de la técnica de aplicación del líquido penetrante, por lo tanto la remoción del mismo debe ser de una manera adecuada, y que el agente limpiador utilizado no debe quedar sobre la superficie que fue trabajada la inspección.



Fig. 3-26 Secado de Cabezote Chevrolet Swift en el Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores



Fig. 3-27 Secado de Cabezote Chevrolet Luv en el Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores

3.4.7 Aplicación del revelador.

Se aplica el revelador sobre la superficie previamente limpiada. El revelado es la operación que hace visible la posición del defecto que se encuentra en el elemento realizado el estudio, la aplicación del revelador debe ser realizada inmediatamente sea retirado el líquido penetrante y el secado del elemento.

El revelador es una sustancia en polvo de compuestos químicos blancos, inertes y con una granulometría tal que disponga de un gran poder de absorción. La aplicación del revelador puede ser en forma seca o en forma acuosa pulverizada en una suspensión alcohólica, que una vez evaporada, dejara una fina capa de polvo.

El tiempo de revelado depende del tipo de penetración, del revelador y del defecto o discontinuidad como ya se estableció en tablas anteriores, para que se obtenga una excelente revelación se deberá permitir transcurrir el tiempo

necesario indicado en las tablas. Para una excelente revelación dependerá también de la experiencia de la persona que esté realizando el ensayo.



Fig. 3-28 Aplicación del revelador Magnaflux en la Cámara de Lubricación de Cabezote de Chevrolet Swift.

Fuente: Autores



Fig. 3-29 Aplicación del revelador Magnaflux en la Cámara de Combustión en Cabezote de Chevrolet Luv.

Fuente: Autores.

3.4.8 Fichas de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SUPERFICIALES POR LIQUIDOS PENETRANTES			
N° de ficha	3	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	05/02/2014.	Proceso de Identifiacion	Ensayos por líquidos Penetrantes. (PT)
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima	Instrumentos.	Limpiador ASTM ET 65-ASME
	Luis Bolivar Sanango		Tinta ASTM ET 65-ASME
	Cristian Fernando Bernal		Revelador ASTM ET 65-ASME
Elemento a Inspeccionar 		Características Tecnicas Tipo : Cabezote Automotriz Marca: Chevrolet Swift Material: Aluminio Presenta: Mezcla de fluidos de lubricacion y refrigeracion	Condiciones de la Superficie. Por el tipo de construccion del Cabezote presenta porosidades por que es fundicion de aluminio y esta superfice en algunas de las camaras presenta rugosidades y en otras presenta acabado superficiales tales como fresados y madriandos.
TIPO Y TECNICA DE ENSAYO		ASTM ET 65-ASME	
Limpieza Inicial			
Tipo	Solvente	Marca	MAGNAFLUX ZIGLIO
Modo de Aplicación	Spray	Secado	30min
Líquido Penetrante			
Lavable con agua		X	
Coloreado			
Fluoresente			
Modo de Aplicación	Spray	Tipo : 30 minutos	Marca: MAGNAFLUX ZIGLIO
Limpieza Intermedia			
Procedimientos	Lavado en maquina con agua y secado		Marca: MAGNAFLUX ZIGLIO
Revelador			
Seco			
Tipo Acuoso		X	
Humedo no Acuoso			
Modo de Aplicación		Spray	
Marca		MAGNAFLUX ZIGLIO	
Tiempo de Observacion		3 Horas de observacion	
Inspectores			
Imágenes de Ensayos		Imágenes de Ensayos	
			
Limpieza Inicial		Secado	

 Aplicación de la Tinta	 Lavado de la tinta
 Secado	 Aplicación del Revelador
 Aplicación del Revelador	 Visualiacion de Fisura
 Visualizacion de Fisura	 Visualizacion de Fisura
Mediante el ensayo por tintas penetrantes se puede observar la falla que presnta nuestro cabezote que tenemos en estudio tomando en cuenta que el alojamiento de la guía nos presenta una fisura.	
Camara de lubricacion:	Se puede observar que presenta una falla por fisura la cual nos genera mezcla de fluidos de lubricacion y refrigeracion.

Tabla. 3-3 Ficha de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes en Cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SUPERFICIALES POR LIQUIDOS PENETRANTES			
N° de ficha	4	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	05/02/2014.	Proceso de Identifiacion	Ensayos por líquidos Penetrantes. (PT)
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima	Instrumentos.	Limpiador ASTM ET 65-ASME
	Luis Bolivar Sanango		Tinta ASTM ET 65-ASME
	Cristian Fernando Bernal		Revelador ASTM ET 65-ASME
Elemento a Inspeccionar 		Características Técnicas Tipo : Cabezote Automotriz Marca: Chevrolet Luv Materia: Aluminio Presenta: Mezcla de fluidos de lubricacion y refrigeracion	Condiciones de la Superficie. Por el tipo de construccion del Cabezote presenta porosidades por que es fundicion de alumino y esta superfice en algunas de las camaras presenta rugosidades y en otras presenta acabado superficiales tales como fresados y madiandos.
TIPO Y TECNICA DE ENSAYO		ASTM ET 65-ASME	
Limpieza Inicial			
Tipo	Solvente	Marca	ASTM ET 65-ASME
Modo de Aplicación	Spray	Secado	30min
Líquido Penetrante			
Lavable con agua		X	
Coloreado			
Fluorescente			
Modo de Aplicación	Spray	Tipo : 30 minutos	Marca: ASTM ET 65-ASME
Limpieza Intermedia			
Procedimientos	Lavado en maquina con agua y secado		Marca: Ziglio
Revelador			
Seco			
Tipo Acuoso		X	
Humedo no Acuoso			
Modo de Aplicación		Spray	
Marca		ASTM ET 65-ASME	
Tiempo de Observacion		3 Horas de observacion	
Inspectores			
Imágenes de Ensayos		Imágenes de Ensayos	
			
Limpieza Inicial		Secado	

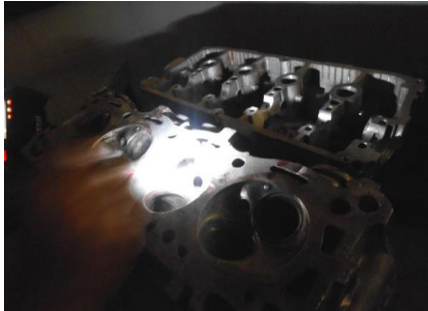
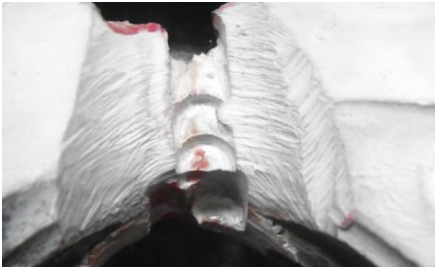
 Aplicación de la Tinta	 Lavado de la tinta
 Secado	 Aplicación del Revelador
 Aplicación del Revelador	 Visualización de Fisura
 Visualización de Fisura	 Visualización de Fisura
Mediante el ensayo por tintas penetrantes se puede observar la falla que presenta nuestro cabezote que tenemos en estudio tomando en cuenta que la falla se presenta en la camara de combustion.	
Camara de combustion:	Se puede observar que presenta una falla por fisura la cual nos genera mezcla de fluidos de lubricacion y refrigeracion.

Tabla. 3-4 Ficha de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes en Cabezote de Chevrolet Luv.
Fuente: Autores.

3.5 Ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

3.5.1 Generalidades.

La necesidad de los END fue aumentando dramáticamente en los últimos años por varias razones tales como, la seguridad en el producto, en la línea de diagnósticos, calidad de control, control de la salud, y la seguridad en los ensayos entre otras aplicaciones⁴³.

El uso del sonido para determinar la integridad de los objetos sólidos es probablemente demasiado antiguo como la capacidad de la humanidad para la fabricación de objetos de metal como sus diferentes aleaciones.⁴⁴

El principal de los problemas con este método para la comprobación de objetos es que se requiere una cantidad de tiempo relativamente grande para la detección de imperfecciones en un objeto, la forma de emitir una señal de que existen imperfecciones es que cambia el sonido, debido a la longitud de onda del sonido cuando se encuentran con una imperfección en el cuerpo del objeto que se está analizando.

Antes de iniciar una inspección por ultrasonido, es muy importante considerar algunos parámetros, con el propósito de hacer una correcta selección del equipo de trabajo.

- Cuál es el tipo de discontinuidad que puede encontrarse.
- Que extensión y orientación puede tener en el elemento.
- Que tolerancias se pueden aplicar para aceptar o rechazar la indicación.

Una vez definidas estos parámetros, el siguiente paso es decir que equipo de inspección será utilizado. Todas las normas establecen los requisitos mínimos que deben cumplir un instrumento de ensayo por ultrasonido y son:

[43] Chen, C. H. (2007). Ultrasonic And Advanced Methods For Nondestructive Testing And Material Characterization. World Scientific.

[44] Hillier, C. (2003). Handbook Of Nondestructive Evaluation. McGraw-Hill.

- d) La ganancia, que es la capacidad de amplificación del instrumento y que debe ser de por lo menos 60 dB (decibeles) esto quiere decir que puede amplificar las señales del orden de 1000 veces como mínimo. Adicionalmente, la ganancia debe estar calibrada en pasos discretos de 2 dB.
- e) La pantalla debe estar grabada en la pantalla de tubo de rayos catódicos y debería estar graduada en valores no menores del 2% del total de la escala.
- f) El ruido del instrumento (señal de fondo) no debe exceder del 20 % del total de la escala vertical cuando la ganancia este al máximo de de operación. En el caso de emplear medidores con lecturas digitales o analógicas, la repetitividad del instrumento no deberá ser menor al 5%.

3.5.2 Aplicación de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

El detector de defectos por ultrasonidos EPOCH™ XT está diseñado para ofrecer una gran flexibilidad de inspección durante condiciones rigurosas. Asimismo, es compacto, está dotado de herramientas eficaces de detección y medición de defectos, cuenta con una pantalla brillante LCD en colores, funciona con diferentes tipos de baterías y posee una gran capacidad de tratamiento de datos y numerosas herramientas software. Por si fuera poco, su caja sellada responde a las exigencias de la norma IP-67.



Fig. 3-30 Detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT
Fuente: Autores

El EPOCH XT también permite crear informes en pantalla. Es posible generar encabezados personalizados.

Características.

- Conforme a la norma europea EN 12668-1.
- Sometido a ensayos de resistencia contra choques, vibraciones y ambientes explosivos.
- Diseñado para satisfacer las exigencias de la norma IP67 y sellado para soportar condiciones rigurosas.
- Curvas dinámicas DAC/TVG estándares:
 - curvas DAC dinámicas;
 - curvas de advertencia personalizadas;
 - curvas de tipo ASME y JIS; y
 - tabla TVG de avanzada que permite configuraciones TVG personalizadas.
- Uso de varios tipos de baterías: Li-ion, NiMH y alcalinas de tipo C.
- Puerto USB servidor para la impresión directa y el almacenamiento en lectores USB.
- Puerto USB cliente para la comunicación con una PC.
- Tecnología PerfectSquare™: control electrónico de los flancos de bajada y subida de los impulsos para maximizar la prestación del palpador y la resolución cercana a la superficie.
- Potente registrador de datos alfanuméricos:
 - Los archivos se pueden ajustar en el medidor.
 - Archivos incrementales simples.
- Pantalla LCD color.
- Liviano (solamente 2,1 kg).

3.5.3 Pasos para la aplicación ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

3.5.3.1 Iluminación.

El laboratorio de END de la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con una iluminación adecuada para la elaboración de un ensayo de aplicación de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial y los equipos correspondientes para estos ensayos.

3.5.3.2 Identificación de los cabezotes de aluminio.



Fig. 3-31 Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores



Fig. 3-32 Cabezote de Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores.

3.5.3.3 Preparación y limpieza inicial del elemento.

Se debe dar una limpieza adecuada a los cabezotes que se realizaran para la realización del ensayo utilizando la técnica por ultrasonido ya que este ensayo

se lo realiza por medio de contacto del palpador el cual se deslizará por las superficies de los cabezotes que realizaremos los ensayos por ultrasonido.

3.5.3.4 Laboratorio END y Equipos de Inspección.

La Universidad Politécnica Salesiana cuenta con un laboratorio END en la Carrera de Ingeniería Mecánica la cual nos permitirá realizar y hacer posible la aplicación de los ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial. El laboratorio de la carrera nos permite la aplicación de este ensayo mediante el uso del Detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT y sus bloques de calibración y su respectivo gel de fricción.



Fig. 3-33 Detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT.
Fuente: Autores.

3.5.3.5 Operación del Sistema de Inspección por detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT.

El equipo consta de diferentes componentes los cuales son de mucha importancia conocer cuáles son estas, y para que se utilizan dentro del proceso de Inspección por medio del detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT.

- **Pantalla del equipo en el detector de fisuras EPOCH XT.**

El cual nos permite la colocar las características técnicas del material y tipo de dimensiones a las cuales vamos a realizar en nuestro ensayo de ultrasonido.

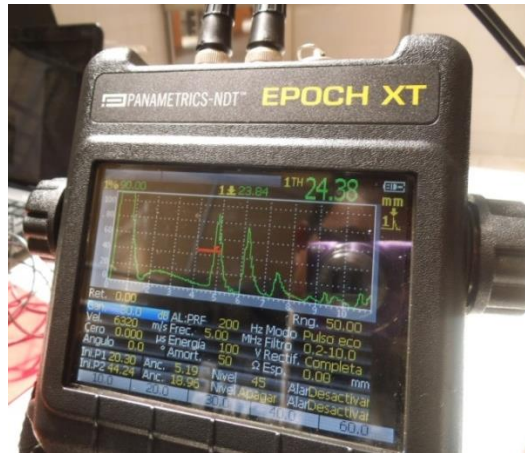


Fig. 3-34 Pantalla detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT.
Fuente: Autores.

En la cual colocaremos los siguientes datos para la realización de nuestro ensayo en los cabezotes de aluminio.

Datos para aluminio.

Velocidad del aluminio: 6320m/s dado en tablas de la velocidad de ultrasonido en materiales de aluminio.

Ganancia: 30.0 dB la ganancia daba para una calibración precisa del equipo de inspección.

Angulo: 0 el Angulo está dado por que el palpador del equipo trabajara de forma perpendicular en nuestra inspección.

- **Teclado del equipo en el detector de fisuras EPOCH XT.**

El teclado del equipo de ultrasonido nos permite cambiar los valores de acuerdo al tipo de ensayo que nosotros vayamos a realizar en nuestro caso se aplicara de acuerdo a materiales de aluminio que componen nuestros cabezotes ya colocados en la pantalla anteriormente.



Fig. 3-35 Teclado detector de defectos por ultrasonidos EPOCH XT.
Fuente: Autores.

- **Transductor del equipo en el detector de fisuras EPOCH XT.**

Es el palpador que se desplazara en las superficies del material emitiendo las ondas ultrasónicas para la detección de fallas y posibles discontinuidades que presenten nuestros cabezotes siendo estas ondas emitidas en la pantalla del equipo.



Fig. 3-36 Transductor de ultrasonido EPOCH XT.
Fuente: Autores.

- **Gel Sonotech.**

Es un acoplante ultrasónico utilizado para que se deslice el palpador sobre las superficies en las cuales se realizan la inspección son geles amigables con el

medio ambiente ya que evita la corrosión, medición de espesores, medición de flujo y pruebas de emisión acústica.



Fig. 3-37 Gel Sonotech, Magnaflux.
Fuente: Autores.

3.5.4 Aplicación de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

El ensayo por ultrasonido volumétrico nos permite analizar las imperfecciones que se pueden presentar en los cabezotes ya sean estos en las estructura de sus alecciones ya que los cabezotes están sometidos a esfuerzos térmicos, esfuerzos a compresión y esfuerzos mecánicos.

En los ensayos por ultrasonido las ondas de sonido son simplemente las vibraciones de las partículas que componen un sólido, líquido, o gas. Como forma de energía, por lo tanto, un ejemplo de la energía mecánica, se deduce que, debe haber algo para que vibre, no pueden existir ondas de sonido en el vacío.

La propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente el transductor vibra a altas frecuencias generando ultrasonido. Las vibraciones generadas son recibidas por el material que se va a inspeccionar, y durante el trayecto la intensidad de la energía sónica se atenúa exponencialmente con la distancia del recorrido. Al

alcanzar la frontera del material, el haz sónico es reflejado, y se recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada por el palpador.

3.5.5 Colocación del Gel Sonotech, Magnaflux en las superficies de los cabezotes.

Se procede a la colocación del gel para el deslizamiento del palpador sobre la superficie de la cámara de combustión que será nuestra superficie a examinar mediante el ensayo por ultrasonido de nuestros cabezotes de aluminio.



Fig. 3-38 Colocación de Gel Sonotech-Magnaflux en Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores.

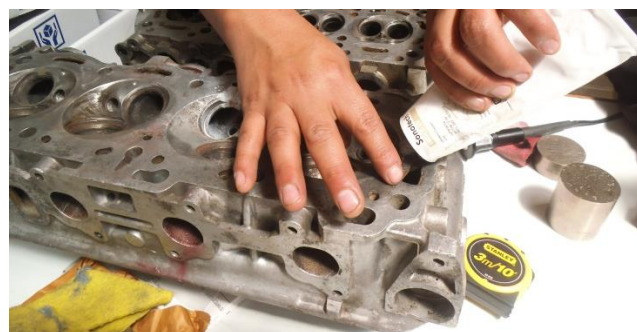


Fig. 3-39 Colocación de Gel Sonotech-Magnaflux en Cabezote de Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores.

3.5.6 Fichas de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido Industrial.

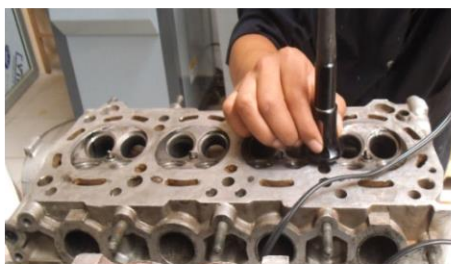
FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS VOLUMETRICOS POR ULTRASONIDO INDUSTRIAL			
N° de ficha	5	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	15/04/2014.	Proceso de Identifiacion	Ensayo no destructivo
Técnica usada	Ensayo por Ultrasonido	Instrumentaccion	Panametrics-NDT EPOCH XT
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima		
	Luis Bolivar Sanango Ing. Paul Pintado		
Elemento a Inspeccionar		Caracteristicas Tecnicas	Panametrics-NDT EPOCH XT
		Tipo : Cabezote Automtriz	
		Marca: Chevrolet Swift	
		Material: Aluminio	
		Presenta: Desformaciones leves en la camara de combustion por el funcionamiento en el motor del vehiculo.	
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
 Camara de combustion.		 Pantalla del equipo.	
 Camara de combustion.		 Pantalla del equipo.	
Mediante el ensayo por ultrasonido nos permite realizar una analisis minuciosos de como se encuentra nuestra estructura ya que se puede desplzar sin dificultad el palpador de transductor para emitir las ondas ultras onicas sobre el material.			
Camara de combustion:	Se puede observar que las camaras de combustion en donde genera la compresion de los pistones nos dan unas ondas similares definiendo que su estructura esta en condiciones para seguir trabajando a las condiciones de esfuerzos que se generan en el motor.		

Tabla. 3-5 Ficha de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido industrial en Cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS VOLUMETRICOS POR ULTRASONIDO INDUSTRIAL			
Nº de ficha	6	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	15/04/2014.	Proceso de Identifiacion	Ensayo no destructivo
Técnica usada	Ensayo por Ultrasonido	Instrumentaccion	Panametrics-NDT EPOCH XT
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima		
	Luis Bolivar Sanango		
	Ing. Paul Pintado		
Elemento a Inspeccionar		Panametrics-NDT EPOCH XT	
		Caracteristicas Tecnicas	
		Tipo : Cabezote Automtriz	
		Marca: Chevrolet Luv	
		Material: Aluminio	
		Presenta: Desformaciones leves en la camara de combustion por el funcionamiento en el motor del vehiculo.	
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
			
Camara de combustion.		Pantalla del equipo.	
			
Camara de combustion.		Pantalla del equipo.	
Mediante el ensayo por ultrasonido nos permite realizar una analisis minuciosos de como se encuentra nuestra estructura ya que se puede desplzar sin dificultad el palpador de transductor para emitir las ondas ultras sonicas sobre el material.			
Camara de combustion:	En las superficies del cabezote en donde actuan los pistones generando la combustion nos presenta curvas identicas idicando que la estructura de nuestro cabezote esta en excelentes condiciones y se podria realizar un mantenimiento correctivo que nos de buenos resultados.		

Tabla. 3-6 Ficha de ensayos no destructivos volumétricos por ultrasonido industrial en Cabezote de Chevrolet Luv.

Fuente: Autores.

CAPITULO IV

4 CREACION DE LOS PROCESOS PARA LA EVALUACIÓN Y CONTROL DE CABEZOTES DE “M.C.I.A”.

4.1 Generalidades.

En la creación de estos procesos para la evaluación nos basaremos a la experiencia tomada de los ensayos no destructivos realizados a nuestros cabezotes de aluminio en el Laboratorio de Ensayos no Destructivos en el Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cabe indicar que los procesos que se presentaran para la evaluación y el control de nuestros cabezotes se tratara de las más indicadas ya que se utilizó diferentes ensayos para definir el proceso más indicado y que nos brinde la mayor información posible para efectuar un mantenimiento correctivo a nuestro cabezote para ponerlo en funcionamiento garantizado que el proceso es el más indicado en la presencia de estas fallas.

También indicar que un proceso para el mantenimiento de fisuras es el proceso de soldadura tomando en cuenta muy minuciosa que este proceso de soldadura es de gran importancia ya que este proceso requiere de una gran experiencia para poder garantizar que nuestro cabezote se encuentra corregido las fisuras que generan fallas en el funcionamiento del motor.

4.2 El aluminio sus aleaciones y su soldabilidad.

El aluminio es un metal el cual puede ser aleado con una gran variedad de metales para mejorar sus propiedades mecánicas ya que se requiere maquinabilidad lo que no se encuentra con aluminio puro.

4.2.1 Características.

El aluminio es un material liviano muy resistente a la corrosión, de alta conductividad térmica y eléctrica muy maquinable y moldeable posee muchas propiedades de gran importancia para las necesidades actuales.

Básicamente podemos dos tipos de aluminio:

1. Aluminio laminado, este nos viene en formas de planchas, laminas tubos, perfiles diversos que poseen las mismas características en cuanto a soldabilidad.
2. Aluminio fundido, es el que se presenta en forma de bloques o piezas de diferente conformación de esta manera conseguimos que las aleaciones con propiedades contengan características de soldabilidad y esta puede variar de acuerdo a sus componentes que se alearon.

Este es el tipo de material al cual estaremos enfocando nuestro estudio.

4.2.2 Soldabilidad.

En los inicios de la soldadura de aluminio se utilizaba el aluminio casi puro, cuya aplicación fue muy baja. Posteriormente se descubrió que al tener una aleación con otros elementos, mejoraban sus características químicas y mecánicas a raíz de estas aleaciones hoy en día encontramos aluminio para diferentes aplicaciones.

Dentro de las aleaciones más aplicadas tenemos las siguientes.

4.2.2.1 Aluminio – manganeso.

Este tipo de aleación es aplicado cuando se requiere una resistencia mecánica superior a la del aluminio puro, este aluminio es soldable con electrodos compuestos con aluminio silicio, este tipo de aleación no se puede tratar térmicamente.

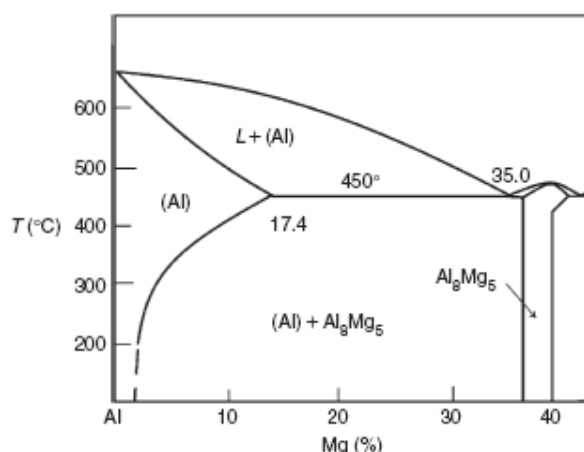


Fig. 4-1 Diagrama Fase Al – Mg.
Fuente. Vadim S Zolotarevsky.

4.2.2.2 Aluminio – magnesio.

Este tipo de aleación posee características mecánicas muy superiores a la aleación antes mencionada. Es más sensible a la aplicación de calor, cuando este se enfría pueden sufrir grietas internas por la llamada impacto térmico el principal causante para fisuras internas las cuales afloran posteriormente causando el desecho del componente mecánico. De igual manera como en la aleación anterior mencionada el electrodo de Al-Si podremos superar este inconveniente.

4.2.2.3 Aluminio – silicio – magnesio.

La resistencia de esta aleación está basada en el adecuado tratamiento térmico. Al soldarlas, el efecto de choque térmico puede destruir las características debido a que altera el tratamiento térmico inicial. La soldadura eléctrica con electrodo metálico es un procedimiento, que se puede aplicar bajo ciertas condiciones para no calentar la pieza demasiado. Se utiliza un electrodo de aleación aluminio-silicio.

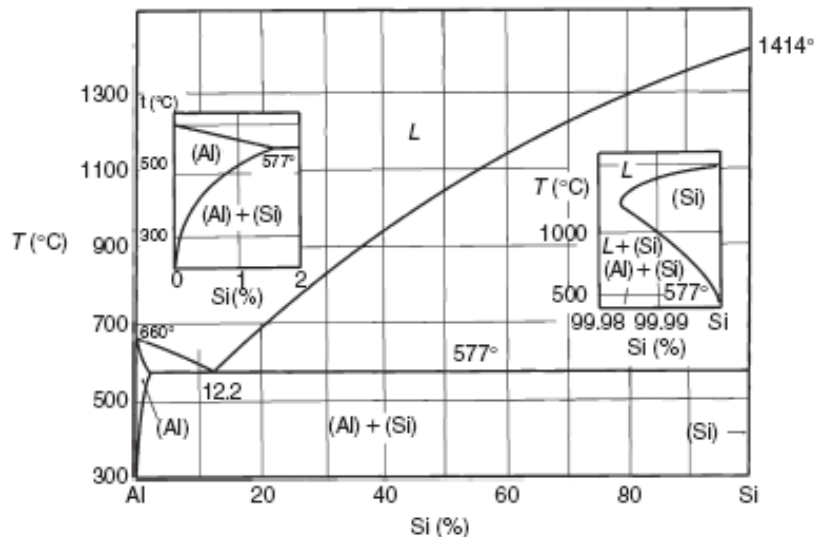


Fig. 4-2 Diagrama Fase Al – Si.
Fuente. Vadim S Zolotarevsky.

4.2.2.4 Aluminio – cobre – magnesio – manganeso.

La resistencia mecánica de esta aleación es incrementada al máximo por el tratamiento térmico. No suele soldarlas, ya que estas operaciones reducen su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión. Sin embargo cuando, cuando las tenciones de servicio son bajas, se puede soldar con arco eléctrico.

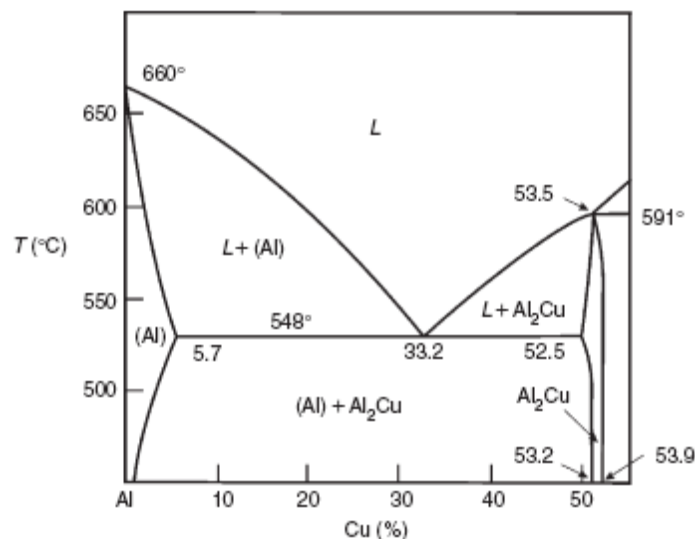


Fig. 4-3 Fase diagrama. Al – Cu.
Fuente. Vadim S Zolotarevsky.

Sistema.	Strength.	Formabilidad.	Estabilidad térmica.	Resistencia a la corrosión.	Propiedades de casting.	Soldabilidad.
Al – Si.	1	2	1	2	3	3
Al – Si – Mg.	2	1 – 2.	1	2	3	3
Al – Si – Cu.	2	1 – 2.	2	1	2 – 3.	3
Al – Si – Cu – Mg.	2 – 3.	1	2	1	2 – 3.	3
Al – Cu.	3	3	3	1	1	1 – 2.
Al – Mg.	1 – 2.	3	1	3	1 – 2.	3
Al – Mg – Zn.	2 – 3.	2	1	3	1	2
Al – Zn – Mg – Cu.	3	2	1	1	1	1

Tabla. 4-1 Comparación cualitativa del nivel de key de las propiedades de la aleación del aluminio.
Fuente. Vadim S Zolotarevsky.

4.2.3 Electrodo para aleaciones de aluminio.

Para el proceso de soldadura en aleaciones de se recomienda utilizar un electrodo de un revestimiento grande de fundente. El revestimiento deberá tener una característica especial, la cual es de tener la capacidad romper el óxido formado sobre el aluminio.

El revestimiento deberá formar una escoria muy fundible que cubriendo el cordón de soldadura ejecutando, lo proteja contra la oxidación mientras se enfría.

4.2.4 Procedimiento de soldadura.⁴⁵

Reglas a tener en cuenta.

1. Para soldar aluminio se requiere de una máquina de corriente continua usando polaridad invertida con el electrodo en el polo positivo.

[45] Manual De Soldadura & Catalogo De Productos. Exsa Oerlicon.

2. El diámetro del electrodo dependerá exclusivamente del espesor del elemento a ser reparado por este proceso.
3. No es recomendable soldar planchas por arco eléctrico cuando tiene menos de 1/8 de espesor.
4. La elevada velocidad de fusión el electrodo de aluminio exige una gran velocidad⁴⁶ de depósito, lo que en ocasiones puede construir cierta dificultad para alcanzar suficiente temperatura en la pieza. Por esta razón puede ser necesario precalentar la pieza; en algunos casos, según el espesor entre 204 y 216 grados Celsius. Un calentamiento deficiente se traduce en porosidad a lo largo de la línea de fusión, así como en una falsa adherencia del metal de aporte.
5. En uniones largas se recomienda una soldadura intermitente. Si se trata de planchas delgadas se debe reducir paulatinamente el amperaje cada cierto número de deposiciones.
6. El electrodo se debe mantener en posición casi perpendicular a la pieza.
7. El arco debe dirigirse de tal manera, que ambos bordes de la junta de soldar se caliente adecuada y uniformemente.
8. La velocidad de soldar debe ser tal, quede como resultado un cordón uniforme.
9. Antes de empezar un nuevo electrodo, debe eliminarse la escoria del carácter aproximado 1" de longitud detrás de dicho cráter. Al comenzar con el nuevo electrodo, el arco se debe encender en el cráter del cordón anterior para luego retroceder rápidamente sobre la soldadura ya depositada por 1/2" y una vez que el cráter este totalmente fundido de nuevo se prosigue con la soldadura hacia adelante.
10. Por general para eliminar la escoria se comienza por romper mecánicamente en trozos; después se empapa la soldadura con una solución caliente de ácido nítrico al 3% o con una solución caliente de ácido sulfúrico al 10% durante corto tiempo, finalmente se enjuaga la soldadura con agua caliente.
11. Para evitar deformaciones, frecuentemente se emplea fijadores para sostener la pieza y placas de cobre en el dorso de la junta.

12. Para soldar cualquier lamina, sea a tope, solapa o en “T” en todo tipo de juntas es necesario limpiar la sección donde va a soldarse, si es posible con un agente limpiador, a fin de eliminar todo tipo de residuo de aceite o grasa que pudiere perjudicar la soldadura.

4.3 Aleaciones de aluminio en culatas automotrices⁴⁷.

El aluminio es un metal que se puede alear principalmente con el cobre (Cu), magnesio (Mg), silicio (Si) y zinc (Zn), también se puede agregar pequeñas cantidades de cromo (Cr) Hierro (Fe), Níquel (Ni) y Titanio (Ti). Existen grandes cantidades de aleaciones de aluminio con la ventaja de que cada una poseerá características diferentes una con resistencia diferente para varias aplicaciones algo que no se podrá alcanzar con aluminio puro.

Los componentes de aleación de aluminio pueden obtenerse de por moldeo, consiguiendo así piezas de formas variadas o mediante procesos que conllevan una deformación como en este caso como las culatas automotrices

El tratamiento térmico de bonificado consiste en elevar la temperatura a aproximadamente 500 grados centígrados con enfriamiento rápido; posteriormente y dependiendo del tipo de aleación se realizara una maduración natural o artificial. La maduración natural consiste en mantener a temperatura ambiente, y la artificial en mantener a una temperatura de 200 °C.

Si se realizara este tratamiento sobre las aleaciones bonificables, aumentarían su dureza y resistencia mecánica, mientras que sobre las aleaciones no bonificables, no experimentarían ningún cambio significativo sobre sus propiedades.

4.3.1 Temperatura de fusión del aluminio.

El aluminio puro se funde a unos 600 grados Celsius y las aleaciones de aluminio 560grados Celsius estas temperaturas en comparación con la

[47]Soldeo De Aluminio Y Sus Aleaciones , Departamento De Formación Lincoln-Kd, S.A

temperatura de fundición del acero son bajas ya que el acero se funde 1535 grados Celsius y la del cobre que es 1082 grados Celsius. Las aleaciones de aluminio no cambian de color durante el calentamiento por lo que corre el riesgo de fundir el metal.

4.3.2 Conductividad térmica.

Las aleaciones de aluminio conduce el calor tres veces más rápido que el acero, por lo que el aporte térmico es más elevado para el proceso de soldadura de aluminio en comparación con la soldadura de acero, aunque tengas las dos las mismas dimensiones, para conseguir una buena fusión cuando la pieza tenga un gran espesor, es necesario realizar un proceso de precalentamiento antes del proceso de soldadura.

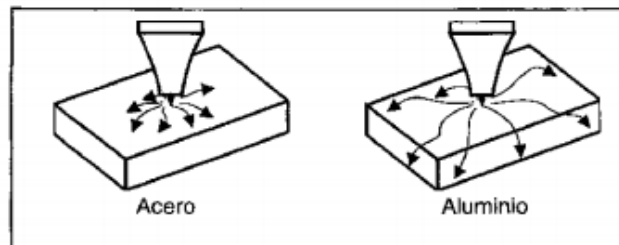


Fig. 4-4 Conductividad Térmica.
Fuente: solysol.com.es

4.3.3 Dilatación térmica.

Las aleaciones de aluminio se dilatan dos veces más que el acero, las cuales pueden producir grandes tensiones internas y deformaciones durante el soldeo.

También es mayor la tendencia a la disminución de la separación en la raíz en las piezas a tope. El soldeo a velocidad baja y con una cantidad grande de material de aportación incrementa las deformaciones y por ende la tendencia a sufrir fisuras es mayor.

4.3.4 Oxido de aluminio.

En las aleaciones de aluminio con la presencia de aire se forma alúmina (óxido de aluminio) con gran facilidad. Este óxido tiene una temperatura de fusión muy elevada, entre 1200 y 2000 grados Celsius mayor que la temperatura de fusión del aluminio. Por lo tanto el aluminio se funde antes que su óxido, cuando esto sucede, la película de óxido impide la fusión entre el metal base y el metal de aportación, por lo que es importante eliminar la capa de óxido mediante un decapado químico, un fundente, amolado o mediante la acción decapante de arco eléctrico.

El proceso de soldadura MIG y TIG con (CC+ o CA) respectivamente el arco eléctrico decapa la superficie del componente eliminando el óxido y la envoltura del gas inerte previene la contaminación del baño.

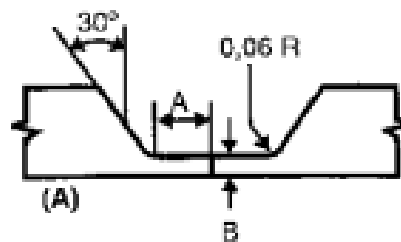
En algunas ocasiones debido a una mala limpieza se puede quedar atrapado algún óxido es por esta razón que se debe limpiar correctamente la superficie a ser soldada ya que de esta manera garantizaremos una unión perfecta entre piezas y sin dejar imperfecciones internas tales como porosidades que pueden provocar agrietamiento posterior.

4.3.5 Recomendaciones en los procesos de soldadura.

Para una buena soldadura debemos tener en cuenta varios parámetros los cuales están recomendados bajo la norma AWS D1.1 en donde nos explica muy claramente las condiciones a las que se pueden aplicar un cordón tanto como preparación del metal base como los parámetros del equipo el cual utilizaremos para este procedimiento.

4.3.5.1 Geometría de la unión.

Para la soldadura en uniones de aluminio se puede emplear un tipo de diseño especial fig. 4.2 cuando solo se puede realizar en procesos de soldadura MIG o TIG por una sola cara y sea imprescindible obtener una raíz blanda y lisa. Este proceso se puede utilizar en espesores mayores de 3 mm y en cualesquier posición.



Proceso	Dimensiones (mm)	
	A	B
TIG	5	1,5 - 2
MIG	1,5	1,5

Fig. 4-5 Geometría de la unión con soldadura de aluminio.
Fuente: Soldeo de Aluminio y sus Aleaciones departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A

En las uniones en V no se recomiendan ángulos de chaflán menores de 60 grados. Para espesores gruesos se puede emplear una geometría como la de la (fig.4.3)

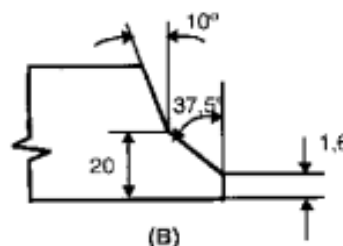


Fig. 4-6 Geometría de la unión con soldadura de aluminio.
Fuente: Soldeo de Aluminio y sus Aleaciones Departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A

4.3.5.2 Precalentamiento del elemento a soldar.⁴⁸

No suele ser necesario el precalentamiento. Como excepción se consideran las piezas de un gran espesor, en las que un precalentamiento adecuado puede disminuir el aporte térmico requerido para conseguir la fusión y penetración adecuada.

No se debe abusar del precalentamiento ya que después puede ser muy perjudicial para el aluminio. En las aleaciones bonificables como la AA 6061 un precalentamiento a temperaturas elevadas disminuirá las propiedades mecánicas. Las aleaciones con 3 – 5.5% de magnesio (Mg), como las 5xxx no deben precalentarse por encima de los 115 grados Celsius y la temperatura de entre pasadas deberá ser inferior a 150 grados Celsius.

En muchas ocasiones se tiene que emplear lápices térmicos para definir la temperatura del material base en el precalentamiento.

A continuación se indican las temperaturas de precalentamiento recomendadas.

4.3.6 Metales de aportación.

Se pueden utilizar tanto varillas como alambres y electrones recubiertos.

4.3.6.1 Clasificación.

La designación más utilizada es la de la AWS. En la especificación AWS A5.3 se indica la designación de los electrodos recubiertos y en la AWS A5.10 se indica la designación de las varillas y alambres para el soldeo TIG y MIG. La designación de los metales de aportación está representada en la siguiente figura.

[48] [Http://Solysol.Com.Es/Data/Documents/Soldadura=20aluminio.Doc.Pdf](http://Solysol.Com.Es/Data/Documents/Soldadura=20aluminio.Doc.Pdf)

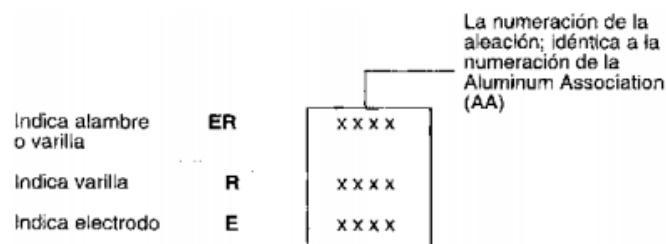


Fig. 4-7 Designación de los de los metales de aportación conforme a AWS.
Fuente: Soldeo de Aluminio y sus Aleaciones Departamento de Formación
 Lincoln-KD, S.A

4.3.6.2 Electrodos recubiertos.

Todos ellos se utilizan con corriente continua polaridad inversa (CC+). Su revestimiento tiene tendencia a absorber humedad, por lo que deberán almacenarse en lugares con temperatura y humedad controladas, debiéndose realizar un secado antes del soldeo, ya que un electrodo húmedo producirá poros en la soldadura.

Designación	Composición química
E 1100	Aluminio puro
E 3003	Aluminio – 1% Manganeseo
E 4043	Aluminio – 5,2% Silicio (Aleación destinada a la fabricación de electrodos y varillas para soldeo)

Tabla. 4-2 Electrodos recubiertos para aluminio y sus aleaciones de acuerdo con AWS A5.3
Fuente: Soldeo de Aluminio y sus Aleaciones Departamento de Formación
 Lincoln-KD, S.A

4.3.6.3 Alambres y varillas.

Los alambres y varillas empleados son los de la siguiente tabla, siendo los más comunes los que aparecen en negrita.

Designación	Composición química
ER 1100	Aluminio puro
ER 2319	Aluminio – 6% Cobre – 0,3% Manganeseo (Es una variante de la 2219)
ER 4043	Aluminio – 5,2% Silicio (Aleación destinada a la fabricación de electrodos y varillas)
ER 4047	Aluminio – 12% Silicio
ER 4145	Aluminio – 10% Silicio – 4% Cobre
ER 5183	Aluminio – 4,5% Magnesio – 0,65% Manganeseo (Es una variante de la 5083)
ER 5356	Aluminio – 5% Magnesio – 0,3% (Manganeseo + Cromo)
ER 5554	Aluminio – 2,9% Magnesio – 0,65% Manganeseo
ER 5556	Aluminio – 5% Magnesio – 0,7% Manganeseo
ER 5654	Aluminio – 3,5% Magnesio

Tabla. 4-3 Alambres y varillas para el soldeo de aluminio de acuerdo con AWS A5.10.

Fuente: Soldero de Aluminio y sus Aleaciones Departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A

4.3.7 Tratamiento térmico después de la soldadura.

En algunas ocasiones se realiza el tratamiento térmico de bonificado a las piezas soldadas de aleaciones de aluminio tratables térmicamente.

En otras ocasiones se realizan tratamientos para disminuir las tensiones internas. Puede ser beneficioso realizar un martilleado de las soldaduras, que solo se realizara en las soldaduras de gran espesor.

4.4 Soldero con Tig.

Este proceso de soldadura es el que hoy en día se utiliza con gran frecuencia debido a su efectividad ya que cuenta con un gas de recubrimiento el cual nos permite un buen acabado superficial y una excelente fusión con el metal base y aportación.

4.4.1 Corriente continua polaridad inversa CC+.

Con este proceso de soldadura se produce un calentamiento excesivo del electrodo y una gran intensidad de arco.

Esto se debe a que se produce un bombardeo de iones positivos, que se produce en electrodo y que impacta con el elemento que se está elaborando la unión por soldadura, el electrodo tiene posee un buen efecto decapante sobre el baño de fusión lo que origina la ruptura de la capa de óxido llamada alúmina.

4.4.2 Corriente continua polaridad directa CC-.

Esto se debe a que la pieza de ánodo (polo positivo) no existe decapante sobre ella pues los iones positivos son emitidos por la pieza y no impactan sobre este elemento reparado.

La capa de alúmina no se disuelve y la soldadura posee tendencia a incorporar óxidos. Para un proceso de soldadura en estas condiciones requiere de una excelente limpieza del elemento que se va a realizar la soldadura.

4.4.3 Corriente Alterna.

Para el proceso de soldadura TIG este tipo de corriente utilizada para el soldeo en aluminio.

La limpieza de la pieza tiene lugar cuando el electrodo se encuentra en el hemisiciclo positivo aunque en este la penetración es reducida y el electrodo se calienta.

Pero cuando se actúa el semiciclo negativo, el electrodo se enfría y no se produce el decapado de la pieza, pero la penetración es buena.

Como resulta, en corriente alterna se consigue una penetración y limpieza intermedias.

4.4.4 Soldaduras con TIG corriente alterna.

En el soldeo con proceso TIG con corriente alterna se suele utilizar una corriente de alta frecuencia para facilitar el cavado del arco si tener la necesidad que el electrodo toque la pieza, así como también para reinicia el arranque de un nuevo cordón.

Se suele emplear fuentes de energía de onda cuadrada con control de balance de la onda, de la forma que se puede alargar el periodo de tiempo en el que electrodo es positivo y produce el decaído de la pieza.

4.4.5 Electrodo de wolframio.

En el proceso de soldadura con corriente alterna se emplean electrodos de wolframio puro pero aunque en muchas de las ocasiones se utiliza wolframio con óxidos de zirconio. En el caso de la onda cuadrada también se puede utilizar electrodos de wolframio con torio.

Después del proceso de soldadura el electrodo quedara con una punta en forma de media esfera brillante. En el soldeo con corriente alterna, el extremo del electrodo debe ser ligeramente redondeado.

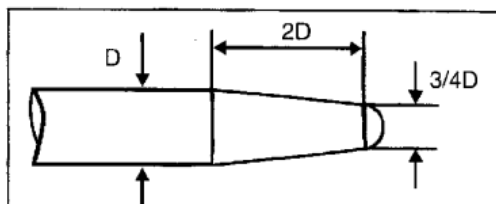


Fig. 4-8 El electrodo sobresaldrá de la tobera una longitud aproximadamente igual a la mitad del diámetro de la tobera

Fuente: Soldeo de Aluminio y sus Aleaciones Departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A



Fig. 4-9 Proceso de soldadura Tig.
Fuente: www.actiweb.es

4.5 Soldadura por arco eléctrico con electro revestido.

Este es un proceso de soldeo poco utilizado por la falta de homogeneidad en el cordón realizado. Este es empleado para la realización de pequeñas soldaduras y de poca exigencia de buen terminado.

Los aspectos más importantes en tener en cuenta durante y después del proceso de soldadura son: el contenido de humedad en los electrodos, estos deberán permanecer en un ambiente seco, limpieza del metal base y del electrodo.

El precalentamiento del metal base es necesario en el soldeo de espesores grandes y de piezas complicadas.

Eliminación de la escoria tanto, entre pasadas como al final del soldeo ya que si permanecería tras el soldeo favorecería a la corrosión del aluminio, por lo que se eliminara por medios mecánicos y mediante agua caliente o algún disolvente.

El espeso mínimo recomendado para el soldeo por arco revestido es de 3 mm, en elementos de más de 6 mm se les realizara un chaflán en V de 60 a 90°. Para espesores mayores se recomienda preparaciones especiales en U, en función del espesor el talón será de 1,5 hasta 6 mm y la separación en la raíz será de 0,7 hasta 1,5 mm.

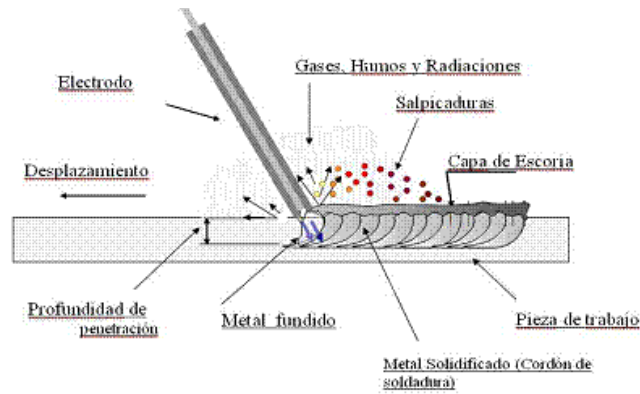


Fig. 4-10 Soldadura con electrodo revestido.

Fuente: www.monografias.com/trabajos82/soldadura-con-electrodo-revestido/soldadura-con-electrodo-revestido.shtml

4.6 Proceso de soldadura en cabezotes de Cabezote de Chevrolet Swift y Cabezote de Chevrolet Luv Automotrices.

Mediante los procesos de soldadura investigados se recomienda que son los que mejores resultados nos darán ya que los procesos se los realizan estos nos pueden dar buenos resultados al efectuar los ensayos no destructivos por tintas penetrantes e inspección visual de nuestros cabezotes a los cuales les daremos un mantenimiento correctivo.

4.7 Soldadura por Electrodo Revestido.

Este proceso de soldadura efectuaremos ya que tenemos una fisura puntual en la cámara de lubricación en donde se encuentra la fisura la cual tiene que ser reparada por un proceso de soldadura mediante los procesos de ensayos no destructivos.

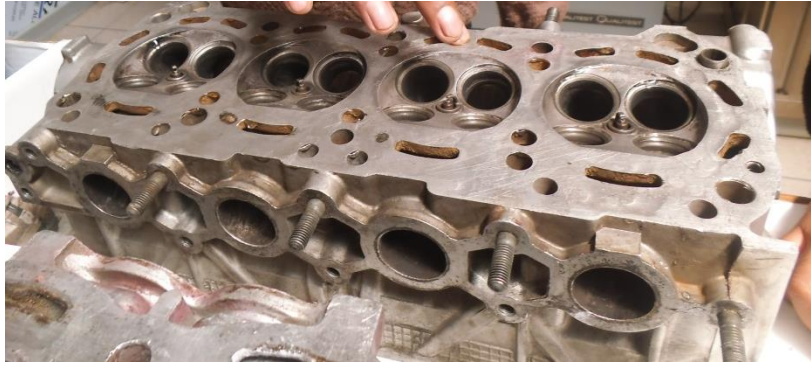


Fig. 4-11 Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz revelado por tintas penetrantes vista superior.
Fuente: Autores.

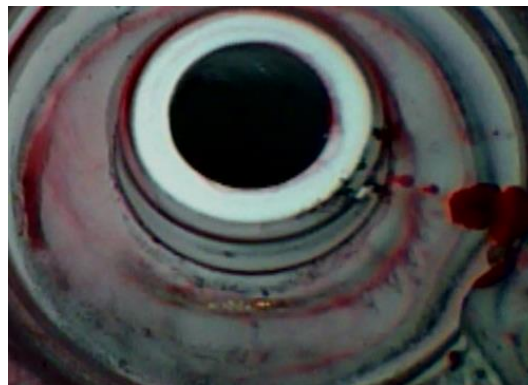


Fig. 4-12 Fisura en Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz revelado por tintas penetrantes vista superior.
Fuente: Autores.

4.7.1 Pasos del proceso de soldadura por electrodo revestido.

Para la realización de un proceso de soldadura es recomendable realizar un proceso adecuado siguiendo paso para obtener los resultados más óptimos en el proceso de soldadura en los cabezotes que tendremos que realizar un proceso de mantenimiento correctivo por proceso de soldadura con electrodo revestido.

4.7.2 Junta de la soldadura.

La junta en donde se colocara la soldadura para la reparación de la cámara de lubricación en donde nos presenta la falla en nuestro cabezote cabe indicar que por la forma tan irregular de la cámara se realizó la junta con un rosalin abrasivo.



Fig. 4-13 Junta para la realización del proceso de soldadura con electrodo revestido.
Fuente: Autores.

4.7.2.1 Limpieza del cabezote a soldar.

La importancia de una limpieza adecuada en el material que será soldado es de una gran importancia ya que las impurezas no permiten que se realice un buen proceso de soldadura ya puedan ser estos aceites o grasas en importante realizar esta limpieza con disolvente o con alcohol y posteriormente un pulverizado.



Fig. 4-14 Limpieza de Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz para el proceso de soldadura con electrodo revestido.
Fuente: Autores.

4.7.2.2 Precalentamiento del cabezote.

En el proceso de soldadura de aluminio es de gran importancia realizar un proceso de precalentamiento al elemento en el realizara el proceso es de gran

importancia indicar que el electrodo de soldadura debe tener un precalentamiento para extraer la humedad del mismo.



Fig. 4-15 Precalentamiento para el proceso de soldadura.

Fuente: Autores.

4.7.2.3 Material de Aportación electrodo de aluminio AW 2201 E-4043.

Buena soldabilidad, encendido y reiniciando rápido, poco salpique, remoción de óxidos, características de uniones sobresalientes. Buenas propiedades de liga y fluidez capilar. Utilizar C.D. P.I.

Para uniones y revestimientos en aleaciones y fundición de los tipos Al-Si. Pailera en aluminio, estructuras arquitectónicas, fabricación y reparación de moldes, corrección de defectos de fundición, tanques y recipientes para la industria papelera y aceitera.⁴⁹



Fig. 4-16 Electrodo de Aluminio AW 2201 E-4043.

Fuente: Autores.

[49] Www.Infra.Com.Mx/Selector/Materialesdeaporte/92

4.7.2.4 Soldadura con electrodo de Aluminio AW 2201 E-4043.

La soldadura de aluminio en nuestro cabezote es importante el procedimiento llevado a cabo para obtener buenos resultados en nuestros ensayos no destructivos que realizaremos en nuestro cabezote, es importante indicar que para obtener los mejores resultados posibles depende única y exclusivamente de nuestro soldador en el cual estará su capacitación y experiencia como soldador en soldaduras especiales.



Fig. 4-17 Soldadura con electrodo de Aluminio AW 2201 E-4043.
Fuente: Autores.

4.7.2.5 Limpieza luego del proceso de soldadura.

La realización de una limpieza de las escoria de los humos que se dan luego del proceso de soldadura se realizara única y exclusivamente con un cepillo de acero solo para aluminio y se deja que el proceso de enfriamiento sede al ambiente sin efectuar procesos de enfriamientos bruscos.



Fig. 4-18 Limpieza de escorias luego del proceso de soldadura.
Fuente: Autores.

4.7.3 Tratamiento térmico luego del proceso de soldadura.

Proceso de tratamiento miento térmico para aliviar esfuerzos internos en la estructura que se producen durante la soldadura y dejar enfriar a temperatura ambiente sin enfriamientos bruscos.



Fig. 4-19 Tratamiento térmico en de Cabezote de Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores.

4.7.4 Pasos para el proceso de soldadura Tig.

4.7.4.1 Junta de la soldadura.

La junta para el proceso de soldadura es realizada con la ayuda de un rotalin abrasivo para poder hacer la junta en la fisura del cabezote ya que luego de los ensayos se logró detectar en donde se encuentra la fisura.



Fig. 4-20 Junta para la realización del proceso de soldadura Tig.
Fuente: Autores.

4.7.4.2 Limpieza del cabezote a soldar.

La importancia de una limpieza adecuada en el material que será soldado es de una gran importancia ya que las impurezas no permiten que se realice un buen proceso de soldadura ya puedan ser estos aceites o grasas en importante realizar esta limpieza con disolvente o con alcohol y posteriormente un pulverizado ya que el proceso Tig es un proceso en donde debe existir una gran limpieza en la zona en donde se va a realizar el proceso de soldadura.



Fig. 4-21 Limpieza de Cabezote de Chevrolet Luv para el proceso de soldadura.
Fuente: Autores.

4.7.4.3 Precalentamiento del cabezote.

La realización de un precalentamiento en la zona de en donde se realizada la soldadura es adecuado realizar para que la humedad existente se evapore ya que tenemos que tener en cuenta que este precalentamiento, cabe indicar que la temperatura de precalentamiento del cabezote debe ser de 170-750 grados Celsius nosotros utilizaremos 174.4 grados Celsius.



Fig. 4-22 Precalentamiento para el proceso de soldadura.
Fuente: Autores.



Fig. 4-23 Control de Temperatura en cabezote con termómetro.
Fuente: Autores.

4.7.4.4 Material de Aportación.

Excelente aleación de magnesio para usarse con proceso TIG. Se usa en fundiciones automotrices de magnesio, cabezotes, carcasas. En monoblocks VW para reconstruir bancadas, reparar roturas y grietas. También se usa en la industria automotriz y aeronáutica.

Tiene excelente soldabilidad, se aplica fácilmente, iguala el color y mejora las características de las fundiciones de magnesio, Es altamente resistente a la fisuración y no deja poros.



Fig. 4-24 Soldadura de Magnesio AZ-61.
Fuente: Soldaduraszelecta.com/productos/soldadura-de-magnesio-az61-p-192.html.

4.7.4.5 Soldadura Tig de aluminio.

El proceso de soldadura Tig se empleó una soldadora Miller Syncrowave 350 lx en el cual empleamos un voltaje de 14.1 y un amperaje 125 para la realización de este proceso, Cabe indicar que el éxito del proceso de soldadura depende

mucho de capacitación y experiencia que tenga nuestro soldador ya que este es la parte más fundamental de los resultados de los procesos de soldadura.



Fig. 4-25 Soldadura con proceso Tig de aluminio.
Fuente: Autores.

4.7.4.6 Limpieza luego del proceso de soldadura.

Luego del proceso de soldadura es importante realizar una limpieza con un cepillo de acero que se ha usado solo para limpieza de en aluminio ya que otros procesos de soldadura no se han afectados por grasas u otros factores de impurezas presentes en el cepillo.



Fig. 4-26 Limpieza de escorias luego del proceso de soldadura.
Fuente: Autores.

4.7.4.7 Tratamiento térmico luego del proceso de soldadura.

Luego del proceso de soldadura es bueno indicar que se debe realizar un proceso de alivio de tensión en el material para eliminar esfuerzos de

de la soldadura mediante un calentamiento leve y dejándolo que se enfríe a temperatura ambiente por si solo el cabezote.



Fig. 4-27 Tratamiento térmico en de Cabezote de Chevrolet Luv luego del proceso de soldadura con Tig.
Fuente: Autores.

4.8 Procedimiento de planeado de superficie del cabezote.

Para la realización del ensayo por tintas penetrantes en los cabezotes se realiza un proceso de cepillado para igualar las superficies de soldadura con la del cabezote.

Para lo cual se procederá a realizar un cepillado de 20 micras es decir 0.20mm que es lo que se recomienda como parte del mantenimiento de los cabezotes, cabe indicar que la rugosidad de la superficie es de gran importancia ya que en esta superficie se aloja un empaque para la unión con el block.



Fig. 4-28 Proceso de cepillado de Cabezote Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores.



Fig. 4-29 Proceso de cepillado de Cabezote Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores.

4.9 Limpieza de los cabezotes para la realización de ensayos no destructivos.

La limpieza antes de la aplicación de los ensayos destructivos es de gran importancia ya que las impurezas por los procesos de soldadura y de maquinado pueden generar que por sus diversas formas y cavidades se alojen impurezas y no se pueda realizar de la forma más óptima los ensayos.



Fig. 4-30 Limpieza de Cabezote Chevrolet Swift Automotriz.
Fuente: Autores.

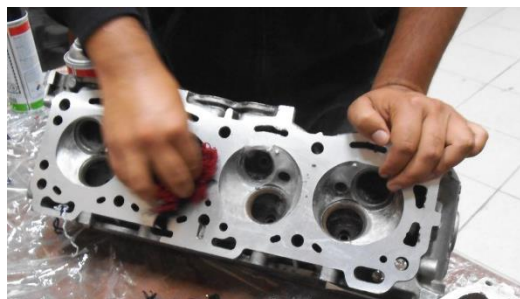


Fig. 4-31 Limpieza de Cabezote Chevrolet Luv Automotriz.
Fuente: Autores.

4.10 Ensayos no destructivos superficiales por líquidos Penetrantes de los procesos de soldadura.

En la aplicación de nuestros cabezotes después de realizar los procesos de soldadura por electrodo revestido y por proceso Tig.

El método más indicado e idóneo para realizar una inspección de nuestros procesos de soldadura de aluminio en nuestros cabezotes que tenemos a prueba es el ensayo no destructivo por tintas penetrantes ya que por las formas complejas que tienes con cabezotes de sus diferentes tipos de cámaras de lubricación, refrigeración y combustión nos dificulta la utilización de otro tipo de ensayo para verificar los procesos de soldadura realizado.

En comparación de otras técnicas de ensayos no destructivos (END) (inspección visual, ultrasonido, etc.) la aplicación práctica de este tipo de ensayo, en general, es menos compleja y no requiere de equipos sofisticados que resultan ser costosos y complejos en su manejo, pero no por este motivo debemos cometer el error de pensar que la ejecución de este método se realice de sin tener ningún tipo de cuidado ya que como cualesquier método tiene sus riesgos por menos complicados que sean. El método de ensayos no destructivos por tintas penetrantes permite detectar los defectos abiertos a la superficie que en ciertos casos, como en recipientes a presión o en piezas sometidas a esfuerzos pueden ser los más peligrosos y llegar a causar grandes daños al sufrir roturas.

4.10.1 Aplicación del líquido penetrante LP y tiempo de penetración.

Los líquidos penetrantes LP se aplican por spray. Pero cuando se aplique por spray se utiliza algún sistema o equipo de aire comprimido es indispensable colocar filtros en la entrada del aire para evitar contaminar el penetrante con partículas presentes en el circuito. El penetrante se vierte sobre el elemento cubriendo la superficie de inspección.

Para mejores resultados es necesario obtener una película fina y uniforme sobre la superficie de inspección y dejar transcurrir un tiempo prudente para que el líquido penetre en los defectos.

Dicho tiempo de penetración es crítico y dependerá de la temperatura de ensayo (16 °C a 52 °C), tipo de discontinuidad y material. Por tanto el mínimo del tiempo será el recomendado por normas o el que determine un procedimiento calificado. Las siguientes tablas indican los tiempos de penetración para diferentes tipos de penetrantes, según el tipo de defectos.



Fig. 4-32 Aplicación del penetrador Magnaflux en la Cámara de Lubricación de Cabezote de Chevrolet Swift.

Fuente: Autores.



Fig. 4-33 Aplicación del penetrador Magnaflux en la Cámara de Combustión de Cabezote de Chevrolet Luv.

Fuente: Autores

4.10.2 Lavado y removido del exceso de penetrantes.

La remoción dependerá del tipo de líquido penetrante (LP) utilizado. Se deberá remover el exceso de la superficie evitando extraer aquel que se encuentra dentro de las discontinuidades. El exceso es la cantidad de líquido penetrante

que no se ha introducido en los defectos y que permanece sobrante en la superficie de la limpieza a inspeccionar.

Esta etapa de la inspección es crítica y dependerá de su correcta realización para la obtención de excelentes resultados después de concluir con este ensayo. Si no se han limpiado correctamente los excedentes posteriormente aparecerán manchas de penetrantes que alteraran los resultados dando indicaciones falsas e incluso, la ocultación de los defectos y discontinuidad. El resultado de estos ensayos deberán ser analizados bajo luz blanca para penetrantes coloreados y bajo luz ultravioleta para fluorescentes.

Es aconsejable remover en primer lugar la mayor parte del penetrante con trapos o papel absorbente y después remover lo demás utilizando un papel ligeramente impregnado con disolvente.



Fig. 4-34 Lavado con Agua el penetrador Cabezote de Chevrolet Swift Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores



Fig. 4-35 Lavado con Agua el penetrador Cabezote de Chevrolet Luv Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores

4.10.3 Secado de la tinta.

Para el secado depende de la técnica de aplicación del líquido penetrante, por lo tanto la remoción del mismo debe ser de una manera adecuada, y que el agente limpiador utilizado no debe quedar sobre la superficie que fue trabajada la inspección.



Fig.4.27 Secado de Cabezote Chevrolet Swift en el Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores



Fig. 4-36 Secado de Cabezote Chevrolet Luv en el Sistema de Inspección por líquidos penetrantes fluorescentes de lavado de agua.

Fuente: Autores

4.10.4 Aplicación del revelador.

Se aplica el revelador sobre la superficie previamente limpiada. El revelado es la operación que hace visible la posición del defecto que se encuentra en el elemento realizado el estudio, la aplicación del revelador debe ser realizada inmediatamente sea retirado el líquido penetrante y el secado del elemento.

El revelador es una sustancia en polvo de compuestos químicos blancos, inertes y con una granulometría tal que disponga de un gran poder de absorción. La aplicación del revelador puede ser en forma seca o en forma acuosa pulverizada en una suspensión alcohólica, que una vez evaporada, dejara una fina capa de polvo.

El tiempo de revelado depende del tipo de penetración, del revelador y del defecto o discontinuidad como ya se estableció en tablas anteriores, para que se obtenga una excelente revelación se deberá permitir transcurrir el tiempo necesario indicado en las tablas. Para una excelente revelación dependerá también de la experiencia de la persona que esté realizando el ensayo.



Fig. 4-37 Aplicación del revelador Magnaflux en la Cámara de Lubricación de Cabezote de Chevrolet Swift.

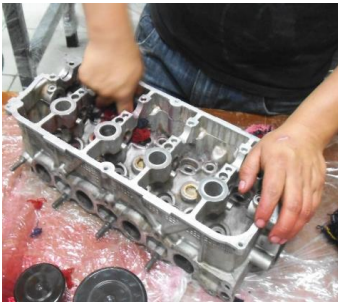
Fuente: Autores



Fig. 4-38 Aplicación del revelador Magnaflux en la Cámara de Combustión en Cabezote de Chevrolet Luv.

Fuente: Autores

4.11 Fichas de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SUPERFICIALES POR LIQUIDOS PENETRANTES			
N° de ficha	7	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	28/05/2014.	Proceso de Identifiación	Ensayos por líquidos Penetrantes. (PT)
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima	Instrumentos.	Limpiador ASTM ET 65-ASME
	Luis Bolivar Sanango		Tinta ASTM ET 65-ASME
	Ing. Paul Pintado		Revelador ASTM ET 65-ASME
Elemento a Inspeccionar 		Características Técnicas Tipo : Cabezote Automotriz Marca: Chevrolet Swift Material: Aluminio Presenta: Mantenimiento correctivo con proceso de soldadura con electrodo revestido.	Condiciones de la Superficie. Despues de la realizacion de los procesos de soldadura del cabezote realizado un mantenimiento correctivo, ya que la fisura se encontraba en la camara de lubricacion en donde encontramos una grna cantidad de rugosidad.
TIPO Y TECNICA DE ENSAYO		ASTM ET 65-ASME	
Limpieza Inicial			
Tipo	Solvente	Marca	MAGNAFUX ZIGLIO
Modo de Aplicación	Spray	Secado	30min
Líquido Penetrante			
Lavable con agua		X	
Coloreado			
Fluorescente			
Modo de Aplicación	Spray	Tipo : 30 minutos	Marca: MAGNAFLUX ZIGLIO
Limpieza Intermedia			
Procedimientos	Lavado en maquina con agua y secado		Marca: MAGNAFLUX ZIGLIO
Revelador			
Seco			
Tipo Acuoso		X	
Humedo no Acuoso			
Modo de Aplicación		Spray	
Marca		MAGNAFLUX ZIGLIO	
Tiempo de Observacion		3 Horas de observacion	
Inspectores			
Imágenes de Ensayos		Imágenes de Ensayos	
			
Limpieza Inicial		Secado	

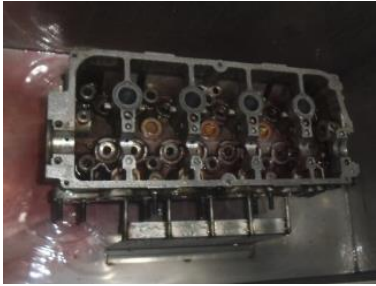
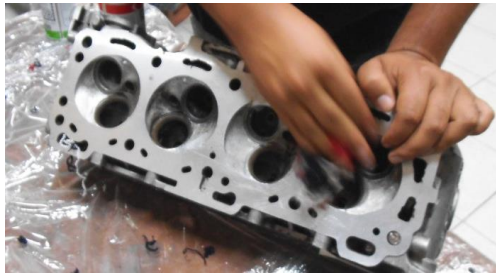
 Aplicación de la Tinta	 Lavado de la tinta
 Secado	 Aplicación del Revelador
 Aplicación del Revelador	 Visualiacion de Fisura
 Visualizacion de Fisura	 Visualizacion de Fisura
Mediante el ensayo por tintas penetrantes en los procesos de soldadura de nuestro cabezote tenemos que este proceso de soldadura no es el mas indicado ya que la aleccion del material no permite que exista una buena fusion.	
Camara de lubricacion:	En el enasayo nos revela que la fisura no se logro que sea corregida y nos podria dar problemas en el funcionamiento se recomienda descartar el cabezote.

Tabla. 4-4 Ficha de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes en Cabezote de Chevrolet Swift.
Fuente: Autores.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SUPERFICIALES POR LIQUIDOS PENETRANTES			
N° de ficha	8	Solicitante	Tesis de Pregrado
Fecha	28/05/2014.	Proceso de Identificación	Ensayos por Líquidos Penetrantes. (PT)
Inspectores	Jaime Vinicio Bacuilima	Instrumentos.	Limpiador ASTM ET 65-ASME
	Luis Bolivar Sanango		Tinta ASTM ET 65-ASME
	Ing. Paul Pintado		Revelador ASTM ET 65-ASME
Elemento a Inspeccionar 		Características Técnicas Tipo : Cabezote Automotriz Marca: Chevrolet Luv Material: Aluminio Presenta: Mezcla de fluidos de lubricación y refrigeración	Condiciones de la Superficie. Por el tipo de construcción del Cabezote presenta porosidades por que es fundición de aluminio y esta superficie en algunas de las cámaras presenta rugosidades y en otras presenta acabado superficiales tales como fresados y maderandos.
TIPO Y TECNICA DE ENSAYO		ASTM ET 65-ASME	
Limpieza Inicial			
Tipo	Solvente	Marca	ASTM ET 65-ASME
Modo de Aplicación	Spray	Secado	30min
Líquido Penetrante			
Lavable con agua		X	
Coloreado			
Fluorescente			
Modo de Aplicación	Spray	Tipo : 30 minutos	Marca: ASTM ET 65-ASME
Limpieza Intermedia			
Procedimientos	Lavado en máquina con agua y secado		Marca: Ziglio
Revelador			
Seco			
Tipo Acuoso		X	
Humedo no Acuoso			
Modo de Aplicación		Spray	
Marca		ASTM ET 65-ASME	
Tiempo de Observación		3 Horas de observación	
Inspectores			
Imágenes de Ensayos		Imágenes de Ensayos	
			
Limpieza Inicial		Secado	

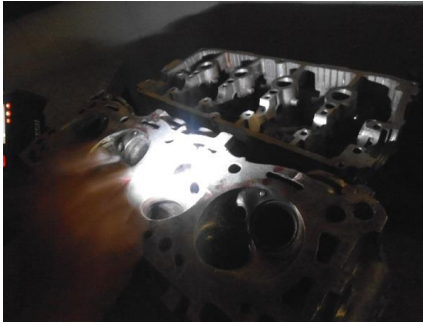
 Aplicación de la Tinta	 Lavado de la tinta
 Secado	 Aplicación del Revelador
 Aplicación del Revelador	 Visualización de Fisura
 Visualización de Fisura	 Visualización de Fisura
Mediante el ensayo por tintas penetrantes en el proceso de soldadura Tig nos da una mejor fusion del material de aporte permitiendonos realizar un optimo mantenimiento correctivo	
Camara de combustion:	Se puede observar que presenta una falla esta corregida mediante la aplicación de un proceso de soldadura Tig el cual nos garantiza que la fusion del material base y de aporte.

Tabla. 4-5 Ficha de ensayos no destructivos superficiales por líquidos penetrantes en Cabezote de Chevrolet Luv.

Fuente: Autores.

CAPITULO V

5 PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA AVERÍAS EN CABEZOTES DE “M.C.I.A”.

5.1 Generalidades.

Luego de los procesos de ensayos no destructivos en nuestros cabezotes de motores de combustión interna es importante la definición de un proceso de mantenimiento correctivo el más adecuado para cabezotes que presentan fisuras.

Cabe indicar que el proceso de mantenimiento que definiremos serán basándonos netamente en los procesos para la elaboración de nuestro proyecto de tesis titulado “EVALUACIÓN Y CONTROL DE CABEZOTES EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS “M.C.I.A” MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS “solventando en los procesos de mantenimiento correctivo realizados y ensayos no destructivos realizados en la Laboratorio de END de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

La importancia de un proceso de mantenimiento correctivo puede garantizar un óptimo funcionamiento y brindarnos la oportunidad de generar una gran cantidad de ahorros en la reparación de motores de combustión interna alternativos (M.C.I.A) y generar fuentes de trabajo.

La importancia que tienen los procesos de soldadura de aluminio que tiene en la actualidad nos permite realizar procesos óptimos garantizando que el proceso se encuentra en las mejores condiciones para proceder colocar los elementos mecánicos en funcionamiento.

5.2 Mantenimiento Correctivo en cabezotes de combustión interna alternativos que presentan fisuras.

5.2.1 Proceso de Soldadura en Cabezotes de Aluminio.

Cabe indicar que mediante los procesos de soldadura de aluminio por proceso de electrodo revestido y proceso Tig mediante los procesos realizados en nuestros ensayos no destructivos por inspección visual, tintas penetrantes y ultrasonido.

Cabe indicar que se puede valorizar que la soldadura de aluminio en cabezotes automotrices de combustión interna alternativos son procesos que se deben realizar con mucha técnica y experiencia ya que estas aleaciones de los cabezotes de aluminio y características que este material tiene se debe a su aleación que compone de El duraluminio contiene pequeñas cantidades de cobre (Cu) (3 - 5%), magnesio (Mg) (0,5 - 2%), manganeso (Mn) (0,25 - 1%) y Zinc (3,5 - 5%).

Los procesos usados para la soldadura de nuestros cabezotes son las que encontramos en nuestro medio ya que este proceso de soldadura no es muy utilizado en nuestra ciudad ya que se trata de un proceso complejo que muchos talleres no poseen los equipos y el personal capacitado para estos procesos ya que las gran mayoría de estos procesos se utiliza de forma industrial y que no existe para facilidad del público.

La importancia de los procesos realizados en nuestros cabezotes para la corrección de fisuras nos brinda la experiencia de poder definir un proceso que nos brinde los mejores resultados para el mantenimiento de cabezotes de aluminio.

5.2.2 Equipos utilizados en los procesos de soldadura de aluminio.

Los equipos utilizados en los procesos de soldadura para aluminio en nuestros cabezotes son los que podemos encontrar en nuestro medio en el cual se da mantenimiento con soldadura a diferentes tipos de elementos mecánicos y en donde no hay una gran cantidad de talleres que presten estos servicios con soldadura de aluminio.

La importancia de la elección de un buen equipo para la realización de un óptimo procedimiento de soldadura de aluminio básicamente depende del equipo con el equipo que contemos para la realización de nuestro proceso de mantenimiento correctivo en cabezotes de aluminio donde se presenta fallas por fisuras antes inspeccionadas por ensayos no destructivos.

Los equipos empleados en nuestros procedimientos son los que se pueden ser utilizados en el medio ya que los procesos de soldadura no se tienen mucha disponibilidad para su uso al público para reparación de elementos mecánicos de precisión ya que son equipo muy costosos y que los talleres no tienen la iniciativa de realizar un tipo de implementación de estos procesos por falta de capacitación técnica de estos procesos y de estos equipos.

EQUIPOS PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN CABEZOTES DE ALUMINIO AUTOMOTRICES	
Equipos para procesos de soldadura de aluminio	La importancia de un buen equipo de soldadura y un buen uso tecnico nos puede dar grandes resultados para la correccion de fallas por fisura en nuestros cabezotes.
EQUIPO CEBORA EURO.WELD 300	MILLER SYNCROWARE 350 LX.
	
Parametros Tecnicos	Parametros Tecnicos.
Alimentacion electrica dual 110 V/220 V, 1 fase, 60 Hz.	Monofasica de 220 V.
Salida nominal a ciclo de servicio 180 Amperios.	Rango de Amperaje 3-310 Amperios.
Rango de amperaje 40-180 Amperios.	Salida nominal 250 a 40 por ciento ciclo de trabajo.
Alto rendimiento y portabilidad.	Gas de proteccion Argon.
Electrodos utilizables de 1/8(3,2mm) y 3/32(2,4mm).	Electrodo Magnesio AZ-61.
Fabriacion Italiana.	Fabricacion Estados Unidos.
Aplicaciones	Aplicaciones
Para reparaciones aluminio y fundicion gris.	Mantenimiento y repracion de materiales de aluminio.
Soldadura en lugares incomodos.	Automotriz
Uso practico en taller de mantenimiento.	Fabricacion de liviana a pesada
Facil encendido de arco.	Reparacion elementos mecanicos de precision.
Ventajas	Ventajas
Facil de transportar.	Buenos resultados del proceso.
De facil uso.	Aplicable en varios varios campos Automotriz, Industrial etc.
De bajo costo de utilizacion.	Facil uso.
Aplicable en varios campos Automotriz, Industrial etc.	
Desventajas	Desventajas
No da un buen terminado en el proceso de soldadura con aluminio.	Alto costo de utilizacion por el equipo y por la carga de argon el gas protector en el proceso de soldadura de aluminio.

Tabla. 5-1 Equipos para procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices.

Fuente: Autores.

5.2.3 Procedimiento para procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices.

Los procesos de soldadura de aluminio deben ser comparados para seleccionar el que mejor resultados nos brinde en el mantenimiento correctivo que definiremos para nuestros cabezotes.

Es importante considerar parámetros de los equipos, procesos, terminados y calidad del proceso seleccionado para el mantenimiento con soldadura de aluminio ya que son parámetros de gran importancia a considerar para ser tomados en cuenta.

PROCEDIMIENTO PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN CABEZOTES DE ALUMINIO AUTOMOTRICES	
Pasos para los procesos de soldadura.	Es importante indicar que para realizar un correcto proceso de soldadura hay que relizar unos pasos previo durante y despues del proceso de soldadura.
Soldadura con electrodo revestido.	Soldadura Tig.
Pasos para el procedimiento.	Pasos para el procedimiento.
1 Limpieza de Cabezote.	1 Limpieza de Cabezote.
2 Precalentamiento del Cabezote temperatura 174°C	2 Precalentamiento del Cabezote temperatura 174°C
3 Precalentamiento del Electrodo de Aportacion 20 °C	3 Soldadura dependera de la experiencia del soldador
4 Soldadura dependera de la experiencia del soldador	4 Tratamiento termico alivio de tensiones
5 Tratamiento termico alivio de tensiones	

Tabla. 5-2 Procedimiento para procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices
Fuente: Autores.

5.2.4 Calidad de la soldadura de los procesos realizados.

Es importante considerar que nuestros procesos de soldadura realizados nos debe dar un cuadro comparativo en donde se pueda valorizar los resultados de nuestro mantenimiento correctivo que estamos realizando en nuestros cabezotes, es importante tomar en cuenta que el terminado de la soldadura y calidad de la misma nos permite garantizar que nuestro mantenimiento empleado con el proceso más indicado nos permite realizar un correcto manteniendo correctivo en nuestros cabezotes automotrices que presentan fallas por fisuras.

Ya que la soldadura de aluminio requiere de una gran técnica de soldeo y de experiencia del soldador que va ejecutar el procedimiento.

En estos procesos es importante indicar que una inspección visual realizada en las soldaduras nos puede dar un amplio conocimiento de cómo se encuentra el proceso en lo que nos referimos en la fusión de los materiales la generación de escoria y porosidad del mismo ya que como anteriormente mencionábamos son elementos mecánicos que se encuentran sometidos a diferentes tipos de esfuerzos dentro motor ya sean estos esfuerzos térmicos y mecánicos ya revisados en el capítulo 1.

CALIDAD EN PROCESOS DE SOLDADURA EN CABEZOTES DE ALUMINIO AUTOMOTRICES	
Calidad de soldadura de aluminio	Es importante que en nuestro proceso de mantenimiento correctivo por soldadura nos permita garantizar un buen terminado y una optima calidad ya que son elemntos mecanicos que se encuentran sometidos a diferentes tipos de esfuerzos al interior del motor.
Soldadura con electrodo revestido.	Soldadura Tig.
Terminados y calidad.	Terminados y calidad.
1 La fusion no es muy homgenia con el material base.	1 La fusion es homogenia conel material base.
2 La fusion del electrodo no es homogenia por la aleaccion	2 La fusion de electrodo es homogenia.
3 El proceso genera escoria.	3 El proceso no genera escoria.
5 Presenta porosidad de diametro de 1mm	4 No presenta porosidad.

Tabla. 5-3 Calidad en procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices.
Fuente: Autores.

5.2.5 Terminado de la soldadura.

La soldadura realizada con los dos procesos de soldadura con electrodo revestido y con proceso Tig son de diferente forma ya antes mencionados ya que la calidad de cada uno es diferente ya que influyen muchos factores como los equipos empleados en el mantenimiento en la experiencia del soldador y la aleación de los cabezotes.

Cabe indicar que los resultados que se realizó en los ensayos por tintas penetrantes nos da la oportunidad de observar que los procesos de soldadura realizados son óptimos para el funcionamiento de los cabezotes.

VISIBILIDAD DEL PROCESOS DE SOLDADURA EN CABEZOTES DE ALUMINIO AUTOMOTRICES	
Visibilidad de los procesos de soldadura.	Los procesos de soldadura realizados nos presentan mediante las fotografías tomadas en el laboratorio que el proceso de soldadura mas optimo es el realizado mediante el proceso tig.
Soldadura con electrodo revestido.	Soldadura Tig.
Terminados y calidad.	Terminados y calidad.
	
No presenta un buen acabado en el proceso de soldadura	Presenta un buen acabado en el proceso de soldadura.

Tabla. 5-4 Visibilidad del en procesos de soldadura en cabezotes de aluminio automotrices.
Fuente: Autores.

5.2.6 Establecimiento del proceso correctivo para cabezotes de aluminio que presentan averías por fisuras empleado procesos de soldadura.

Mediante la experiencia realizada a lo largo del desarrollo de nuestro proyecto de tesis luego de la aplicación de Ensayos no Destructivos y aplicación de Procesos de Soldadura para la corrección de fallas por fisuras en nuestros cabezotes.

Tenemos que establecer un proceso de soldadura que nos permita realizar un óptimo mantenimiento correctivo para nuestros cabezotes permitiéndonos garantizar que es el más indicado tomando en cuenta parámetros técnicos y experimentales realizados.

Costo de Equipo	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
Dolarés Americanos	2000	5000

Tabla. 5-5 Tabla valores de equipos de soldadura en el mercado
Fuente: Autores.

La economía cumple un rol importante al momento de la elección de un equipo para soldadura de aleaciones de aluminio de alta precisión tomando en cuenta

que este equipo debe garantizarnos unos óptimos resultados de mantenimiento con procesos de soldadura de alta calidad en donde no hay una gran influencia en el valor del equipo.

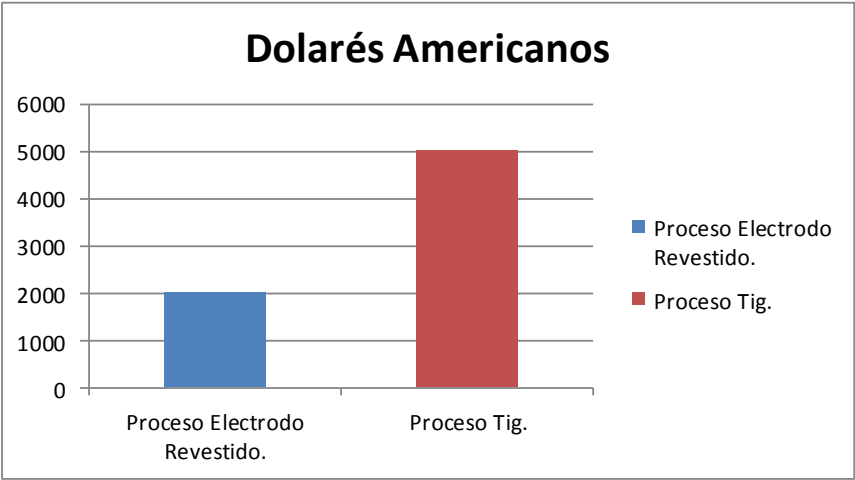


Fig. 5-1 Comparación de valores de precios en dólares americanos de equipos de soldadura.
Fuente: Autores.

Porosidad	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
En porcentaje	15%	0,1%

Tabla. 5-6 Valores de porcentaje de porosidad en la soldadura.
Fuente: Autores.

La porosidad puede ser un factor que no nos permita tener buenos resultados en nuestros procesos de soldadura ya que estos poros pueden generar fallas en el funcionamiento del motor ya que los cabezotes están sometidos a esfuerzos térmicos y mecánicos, la importancia del proceso Tig en tener un bajo porcentaje de porosidad nos garantiza que nuestro proceso se encuentra en óptimas condiciones.

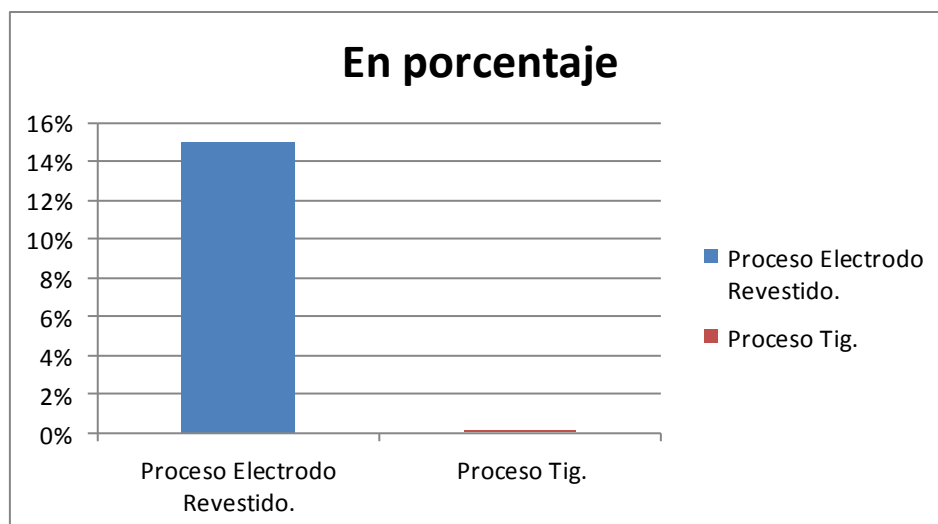


Fig. 5-2 Comparación de valores en porcentaje de porosidad en los procesos de soldadura.
Fuente: Autores.

Utilización del proceso	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
Escala del 1-10	3	7

Tabla. 5-7 Dificultad del proceso de soldadura.
Fuente: Autores.

Los procesos de soldadura con electrodo revestido y proceso Tig cada uno tiene un grado de dificultad en el uso de estas técnicas ya que se necesita previamente una capacitación para el uso de estos procesos cada uno con un grado de dificultad pero cabe indicar que depende únicamente de la experiencia del soldador.

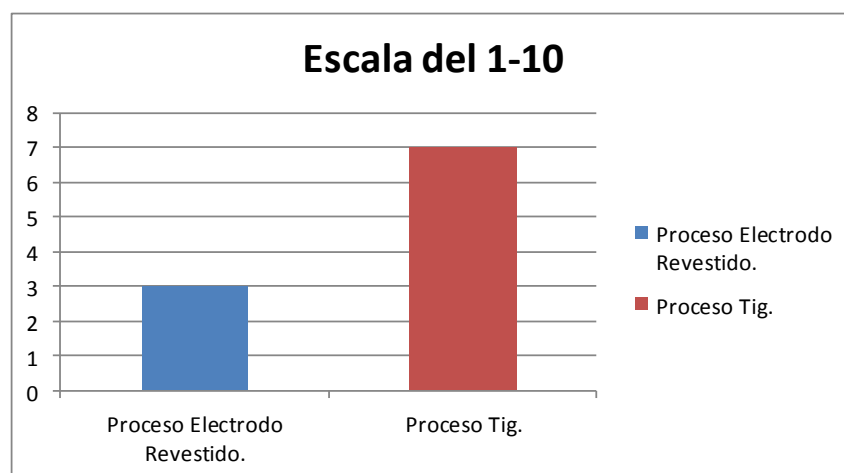


Fig. 4.3. Grado de dificultad de la utilización de los procesos de soldadura.
Fuente: Autores.

Acabado	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
En porcentaje	70%	99%

Tabla. 5-8 Porcentaje de la calidad de acabado de la superficie soldada.
Fuente: Autores.

La calidad del acabado de los procesos depende del óptimo funcionamiento ya que la presencia de poros ya mencionados anteriormente nos genera que no exista una confianza en los procesos ya que los poros pueden generar fallas.

El proceso Tig es el que mejor acabado nos brinda teniendo un porcentaje alto en el acabado a comparación del proceso por electrodo revestido.

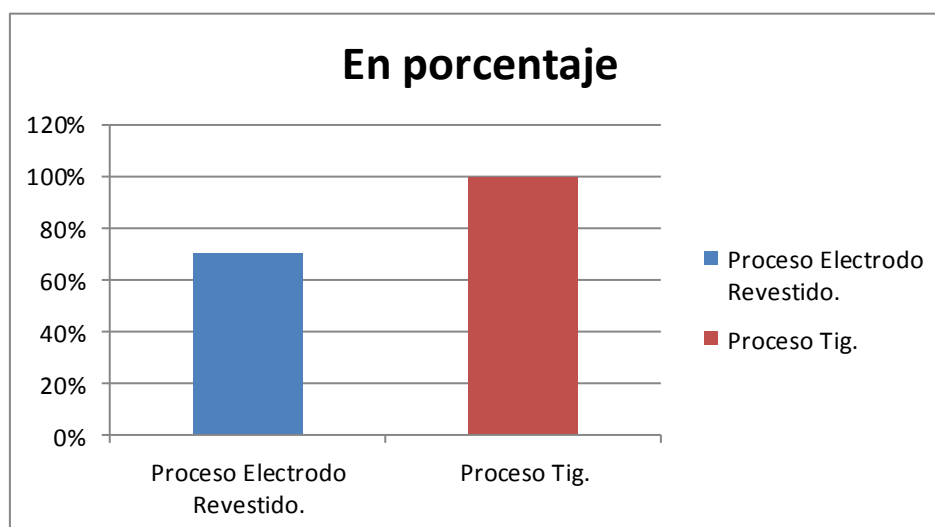


Fig. 5-3 Calidad de acabo de los procesos de soldadura.
Fuente: Autores.

Costo de Utilizacion	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
Escala del 1-10	2	7

Tabla. 5-9 Costo de utilización de los procesos de soldadura en escala del 1-10.
Fuente: Autores.

El costo de utilización de los procesos depende únicamente de los materiales de aporte ya que al tratarse de soldaduras especiales tienen costos considerables que en dinero no se puede definir por que se trataría de los procesos que se realizaría en un mes. La utilización de los procesos da como

apreciación que el proceso Tig es más costoso por el gas de protección argón ya que la carga de argón tiene el valor 300 dólares americanos.

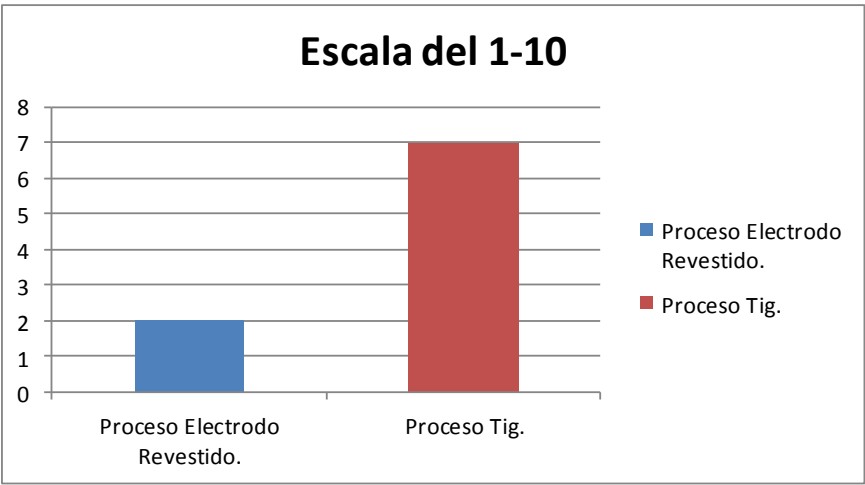


Tabla. 5-10Costo de utilización de los procesos de soldadura escala 1-10.
Fuente: Autores.

Costo de Mantenimiento	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
Escala 1-10	2	2

Tabla. 5-11Costo de mantenimiento de los procesos de soldadura en escala del 1-10.
Fuente: Autores.

El mantenimiento de estos equipos de gran importancia pero no tienen un valor económico representativo ya que son equipos que están diseñados para largas horas de funcionamiento, el buen uso de los equipos son los que alargan la vida útil de los mismos.

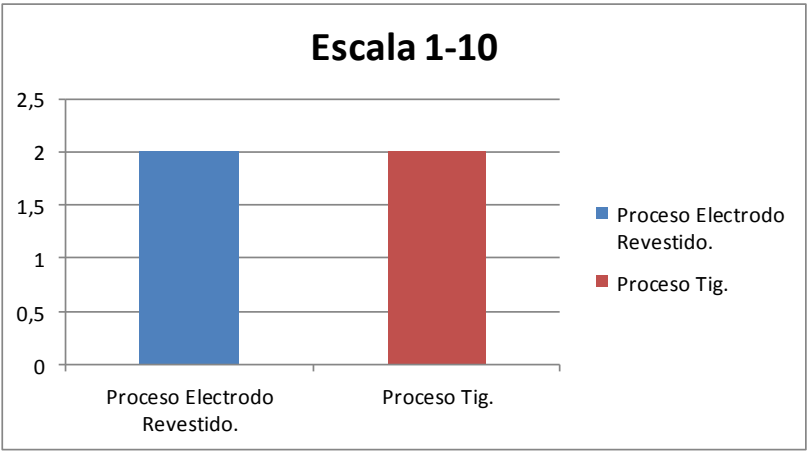


Tabla. 5-12 Costo de mantenimiento de los procesos de soldadura escala 1-10.
Fuente: Autores.

5.2.7 Proceso Tig de soldadura de aluminio.

La importancia de los procesos que se han aplicado son de gran ayuda para tomar en cuenta varios factores de calidad del proceso y factores económicos por lo que lo más fundamental será que este proceso cumpla con las expectativas planteadas y nos permita solucionar este tipo de fallas que son muy comunes en cabezotes de vehículos automotrices livianos y pesados además cabe indicar que por la gran cantidad de aleaciones que existen en las diferentes campos de la Ingeniería estos procesos pueden ser implantados para su utilización en otros campos obteniendo buenos resultados óptimos ya que los cabezotes que realizo los diferentes procesos de mantenimiento son de una gran precisión ya que ese encuentran a factores de esfuerzos internos dentro del motor del vehículo.

COMPARACION DE PROCESOS DE SOLDADURA.		
Factores	Proceso Electrodo Revestido.	Proceso Tig.
Costo del equipo	2000 dolares americanos	5000 dolares americanos
Porosidad	Media	Baja
Utilizacion	Facil	Media
Acabado	Calidad media	Calidad Alta
Costo de Utilizacion	Costo bajo de utilizacion	Costo alto de utilizacion
Mantenimiento	Bajo	Alto carga de Argon.
Factores de resultados de calidad y factores economicos que definen que el proceso mas indicado es el proceso tig.		

Tabla. 5-13 Comparación de los procesos de soldadura.
Fuente: Autores.

El proceso más indicado es el proceso Tig ya que este proceso tiene la característica que proceso de alta calidad ya que permite que los controles de Ensayos no Destructivos pasen las prueba garantizando así que el proceso es el más indicado ya que los ensayos realizados en el capítulo cuatro nos presenta que el ensayo realizado en el Cabezote de Chevrolet Luv nos da muy bueno resultados.

Este ensayo se realizó mediante la aplicación de tintas penetrantes aplicadas en el capítulo tres y cuatro.

Conclusiones.

- Mediante el estudio de normas en aplicación de técnicas de ensayos no destructivos obtenemos una gran información para la realización de ensayos cabezotes automotrices de aluminio.
- Se desarrolló y validó ensayos no destructivos: Inspección visual, Tintas penetrantes y Ultrasonido para la detección de fallas en las cuales se pueden observar fallas por fisuras en los cabezotes.
- El proceso de soldadura Tig nos permite obtener mejores resultados en el acabado de la soldadura ya que el grado de porosidad es bajo en relación con otros procesos por los que nos permite realizar óptimos ensayos no destructivos y obtener los mejores resultados.
- Los ensayos superficiales por líquidos Penetrantes (PT) permiten evaluar defectos superficiales en soldaduras de aluminio permitiéndonos obtener los mejores resultados para la detección de fallas en estos procesos de inspección.
- La aplicación de estas técnicas de inspección de ensayos destructivos realizados en la elaboración del proyecto es de gran aplicación en el campo de la Ingeniería Mecánica e Ingeniería Automotriz ya que tienen un gran campo de aplicación.
- Los procesos por superficiales por líquidos Penetrantes (PT) y proceso de soldadura Tig con los parámetros realizados en la elaboración del proyecto pueden ser aplicados, en el campo de reconstrucción de motores ya que existen gran cantidad los componentes de aleación aluminio en los motores de vehículos.

Recomendaciones.

- Una de las principales recomendaciones que podemos realizar después de concluir con este tema de tesis y por las investigaciones realizadas para descartar una fisura en un cabezote de los motores de combustión

interna alternativos, es la verificación de que no exista la caída de presión en el motor y que no exista la emanación de humo blanco por el escape ya que al tener la presencia de este es que existiría la posibilidad de fisuras en las cavidades de refrigeración, o la presencia de humo negro que podría existir fisuras en las cavidades de lubricación.

- Para la elaboración de ensayos no destructivos debemos contar con la superficie completamente libre de impurezas, ya que al no con una superficie libre de impurezas los resultados podrían ser mal interpretados y tomar decisiones incorrectas para la reparación o dar mantenimiento preventivo.
- Los ensayos no destructivos deben ser realizados por un profesional con una certificación la cual le permita desempeñar esta labor por la dificultad en la interpretación de resultados que se obtendrán, pero también con una persona con la suficiente experiencia en el campo laboral como es en esta caso en soldadura.

Anexos.

Anexo A. Ficha de reporte de ensayos no destructivos superficiales.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR INSPECCION VISUAL			
N° de ficha		Solicitante	
Fecha		Proceso de Identifiacion	
Técnica usada		Instrumentacion	
Inspectores Visuales			
Elemento a Inspeccionar	Caracteristicas Tecnicas		Boroscopio Extech Industrial
	Tipo :		
	Marca:		
	Material:		
	Presenta:		
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
IMAGEN 1		IMAGEN 2	
IMAGEN 3		IMAGEN 4	
IMAGEN 5		IMAGEN 6	
Camara de lubricacion:			
Camara de combustion:			
Camara de refrigeracion:			

Anexo B. Ficha de reporte de ensayos no superficiales por tintas penetrantes.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SUPERFICIALES POR LIQUIDOS PENETRANTES			
N° de ficha		Solicitante	
Fecha		Proceso de Identifiacion	
Inspectores		Instrumentos.	
Elemento a Inspeccionar	Caracteristicas Tecnicas		Condiciones de la Superficie.
	Tipo :		
	Marca:		
	Material:		
	Presenta:		
TIPO Y TECNICA DE ENSAYO			
Limpieza Inicial			
Tipo			
Modo de Aplicación			
Liquido Penetrante			
Limpieza Intermedia			
Revelador			
Imágenes de Ensayos		Imágenes de Ensayos	
IMAGEN 1		IMAGEN 2	
IMAGEN 3		IMAGEN 4	
Camara de lubricacion:			

Anexo C. Fichas de reporte de ensayos volumétricos.

FICHA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS VOLUMETRICOS POR ULTRASONIDO INDUSTRIAL			
N° de ficha		Solicitante	
Fecha		Proceso de Identifiacion	
Técnica usada		Instrumentacion	
Inspectores			
Elemento a Inspeccionar		Caracteristicas Tecnicas	
		Tipo :	
		Marca:	
		Material:	
		Presenta:	
Tomadas con camara fotografica		Tomadas con boroscopio Industrial	
IMAGEN 1		IMAGEN 2	
IMAGEN 3		IMAGEN 3	
Camara de combustion:			

Anexo D. Tipos de electrodos para aleaciones aluminio.

EXSA 4043

Soldaduras de Aluminio y Aleaciones

Color de Revestimiento: Platillo	Electrodo de aluminio al 3% de silicio de buena fuerza, para la soldadura del aluminio y sus aleaciones.	Extremo : Marrón Punto : -- Grupo : --
-------------------------------------	---	--

Normas

AWS/ASME/SAF-S.3	DIN 1732
E 4043	EL - Al Si 5

Análisis Químico del Metal

Si	Fe	Cu	Al
4,5 - 6,0	0,8 máx.	0,30 máx.	Puro

Deposición (%):

Características

- Aleación de aluminio al 3% de silicio de bajo punto de fusión.
- Su depósito es libre de poros y fisuras.
- Su arco es estable y presenta alta velocidad de fusión.
- El contenido de silicio le eleva su resistencia a la tracción, le reduce su temperatura de fusión y le mejora sus características de soldabilidad incrementándole su fuerza.
- Se recomienda llevar el electrodo perpendicular (90°) a la superficie que se está soldando.

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Dureza	Deformación (1=50)
150 - 200 N/mm²	90 - 100 N/mm²	40 - 55 HB	15 - 25%

Posiciones de Soldar:

R, Rr, H, V

Resaca:

- Electrodo altamente higroscópico, es importante el uso de electrodos secos.
- En caso que los electrodos hayan estado expuestos excesivamente a la intemperie, resaca entre 110 a 120°C/2 horas.

Corriente y Polaridad:

Para corriente continua - Electrodo al polo positivo				
Ø (mm)	Longitud (mm)	Amperaje(A)		Presentación
		Mín.	Máx.	
3,25	350	80	130	Lata de 5 kg
4,00	350	100	160	Lata de 5 kg

Aplicaciones:

- Para la soldadura de unión y relleno de Al puro, Al - Si y Al - Si - Mg, con un contenido de silicio menor al 7%, con o sin adición de cobre, ya sean en estado fundido, laminado o estirado.
- Permite soldar aleaciones de aluminio difíciles.
- Ideal para la fabricación y reparación de piezas de aluminio como pernos de leñe, carter, monoblocks, carcasas de motores eléctricos, cámaras de refrigeración, cabinas, compuertas, moldes para plásticos, tuberías, tanques y muchas otras estructuras de aluminio.
- Se recomienda precalentar las piezas a soldar a una temperatura entre 150 a 200°C.
- Durante el soldo mantener el arco lo mas corto posible y llevar el electrodo perpendicular a la pieza de trabajo.

CHAMFERCORD

Electrodos de Corte y Biselado

Color de Revestimiento: Beige	Electrodo para biselar y ranurar cualquier metal	Extremo : -- Punto : -- Grupo : --
----------------------------------	--	--

Características:

- Electrodo diseñado para biselar y a chafar todos los metales, usando cualquier equipo convencional de arco eléctrico de corriente continua o alterna.
- No requiere equipo de oxígeno.
- De muy fácil aplicación. Debe colocarse en posición casi paralela a la pieza o plancha que se desea biselar, como se hace con un formón sobre madera.
- Avanzar continuamente para evitar un sobre calentamiento y obtener un canal limpio, listo para soldar.
- La profundidad del canal depende del ángulo en que se aplica el electrodo; a mayor ángulo de inclinación, mayor profundidad.

Corriente y Polaridad:

Para corriente continua - Electrodo al polo positivo				
Ø	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
	2,5 mm	3,25 mm	4,0 mm	5,0 mm
Amp. mín.	150	180	300	340
Amp. máx.	180	220	380	450 máx.

Aplicaciones

- Para biselar, esquivar, ranurar y aplanar cualquier metal, tanto ferroso como no-ferroso.
- Para reparar secciones a soldar, eliminar depósitos viejos o débiles, ranurar rajaduras de motores o maquinaria pesada, sin necesidad de desmontarla.
- Con precauciones es usado para biselar piezas de fierro fundido y aceros inoxidables.
- Ideal para eliminar exceso de material soldado o remaches.
- En planchas de aceros al carbono convencionales es usado para eliminar pasas de raíz defectuosas.
- Para biselar piezas o planchas de aceros aleados que no puedan ser cortadas con máquinas de oxi-corte.

Bibliografía

- [1.] **DR, Ing, Wladyslaw R, Pawlak.** Funcionamiento de motores de combustion interna . Nuevo Leon , Mexico : EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON, 1984.
- [2.] **Muñoz, V A G, and Revelo, R H R.** Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos verificador de fisuras de culatas de motores de combustion interna, mediante pruebas hidrostáticas y neumáticas. 2009.
- [3.] Desensamble y diagnóstico de motores. Para Bachilleres y escuelas tecnológicas. s.l. : Mecánica Automotriz Fácil.
- [4.] **Ramírez, S, G, M.** Detección de las fallas operacionales en motores de combustion interna mediante el uso del análisis de Vibraciones. Guayaquil, Guayas, Ecuador : Universidad Politécnica Del Litoral, 1991.
- [5.] **YUNUS CENGEL, A.** Transferencia de calor segunda edición. s.l. : Mc Graw-Hill.
- [6.] La culata. [Online] Noviembre 28, 2011. <http://jamonmecaniciadesellaculata.blogspot.com/>.
- [7.] **AUNARMCI.** Pruebas antes de desmontar la culata. <http://es.scribd.com/>. [Online] <http://es.scribd.com/doc/36652066/Culata-Pruebas-Antes-de-Desmontar-La-Culata>.
- [8.] **Miguel.** 2008. <http://www.slideshare.net/LuisAlbertoAcuaAvalos/verificacin-de-culatas>.
- [9.] **Tucocheytu.** <http://www.tucocheytu.com/foro/showthread.php/2723-Comprobaci%C3%B3n-de-gui%C3%A1s-de-asientos-de-v%C3%A1lvulas-Holguras-y-medici%C3%B3n-de-holgura?s=b86bb1a222d8d828fa479656d938904d>.
- [10.] **Busines.** Slideshare. Automoción Motores térmicos y sus componentes.
- [11.] Los Cubos. [Online] 2010. <http://los-cubos.blogspot.com/2010/03/sistema-de-lubricacion.html>.
- [12.] **MAQUINAS.** Blogspot. [Online] <http://solucionar-problemas-maquinaria.blogspot.com/>.
- [13.] **ESTRACTOTESIS.** CAPITULO 1 EL MOTOR.
- [14.] **Villacis, V, A, E and Villalba, C, D, A.** determinación de los sitios de inspección mediante elementos finitos, evaluación de la inspección con

ensayos no destructivos. Quito, Pichincha, Ecuador : Escuela Politecnica Nacional, 2011.

[15.] **Cano, M, M.** Laboratorio de la documentacion para la certificacion de personal en ensayos no destructivos de liquidos penetrantes con base en las normas ISO 1702 y ASTN CP 189-2001. s.l. : Universidad tecnologica de Pereira, 2007.

[16.] microsiervos. [Online] <http://www.microsiervos.com/archivo/arte-y-diseno/morpho-towers-escultura-ferrofluido.html>.

[17.] **Hillier, Ch.** Handbook of nondestructive evaluation. s.l. : McGraw-Hill, 2003.

[18.] **ASME.** Bolier and Pressure Vessel Code An international code Nondestructive Examination Section V. s.l. : ASME, 2010.

[19.] Seguridad en la radiología industrial. **Delojo, M, G.** Seguridad en el trabajo.

[20.] **Ensayos, END.** Ciencia y Tecnología de Materiales.

[21.] Introduccion a los ensayo no destructivos.

[22.] **Feurza, Aerea.** Liquidos penetrantes. s.l. : Servicio de Mantenimiento_Dpto de Ingenieria.

[23.] **Peter, J, Sh.** Nondestructive Evaluation, Theory, techniques, and Aplications. s.l. : Marcel Dekker, Inc, 2002.

[24.] **CHEN, C, H.** ULTRASONIC AND ADVANCED METHODS FOR NONDESTRUCTIVE TESTING AND MATERIAL CHARACTERIZATION. s.l. : World scientific, 2007.

[25.] <http://itzamna.bnct.ipn.mx/>.

[26.] **Geronnimo, Perera.** <http://es.scribd.com/>. /Manual-de-Procedimiento-de-Ensayos-No-Destructivos-Por-El-Metodo-de-Ultrasonido.

[27.] **Conocimientos, de mecánica.** SPORTMINI. WWW.SPORTMINI.ES.