



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL
MOTOR OPEL - CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES”

LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO
VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIÁN

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO

VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL - CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES ”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, junio del 2012.

LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO
C.I. 1716753445

VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN
C.I. 1718330077

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO.

ING. OSCAR ARTEAGA (DIRECTOR)

ING. FÉLIX MANJARRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo “**ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL - CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES**”, realizado por el señor **LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO** y el señor **VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN** ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimiento y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de **UN** empastado y **UN** disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al señor **LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO** y el señor **VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN** que lo entregue al **ING. JUAN CASTRO**, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, junio del 2012.

Ing. Oscar Arteaga

DIRECTOR

Ing. Félix Manjarres

CODIRECTOR

CERTIFICACIÓN.

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO y VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIÁN, bajo nuestra supervisión.

ING. OSCAR ARTEAGA
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. FÉLIX MANJARRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO

VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN

Autorizamos a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL - CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, junio del 2012.

LLANGARÍ ARIZO JOSÉ ALBERTO
C.I. 1716753445

VALLE VÁSQUEZ DAVID SEBASTIAN
C.I. 1718330077

DEDICATORIA.

La culminación de este proyecto va dedicado con todo mi cariño a mis Padres, Milton Valle y Marlene Vásquez quienes siempre me han impulsado a seguir adelante, gracias a sus valores, empuje y dedicación , han sido de un gran apoyo y guía durante toda mi carrera universitaria y vida personal, me han dejado caer y siempre me han brindado una mano cuando lo he necesitado, A mis hermanos y hermana que siempre me han brindado su apoyo a todos ellos quienes han sido la fuerza que me ha llevado adelante.

SEBASTIAN VALLE VÁSQUEZ

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico con todo amor y cariño.

A mi MADRE, Marina Arizo que me a enseñado con su ejemplo a ser una mejor persona, y a mi PADRE, José Llangarí que con humildad y respeto me han brindado su apoyo incondicional para lograr terminar con éxito mis estudios universitarios.

A mi Familia, en especial a mis hermanos, Felipe y Luz Marina que con su confianza en mí me han ayudado a salir adelanté.

JOSÉ LLANGARÍ ARIZO.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primero es a Dios por permitirme vivir cada al máximo e ir en busca de mis metas e ideales. Pero ante todo siempre brindarme todas las herramientas necesarias para culminar este capítulo de mi vida.

A mis Padres, Milton y Marlene, por estar ahí en los buenos y malos momentos siempre con sus consejos y alientos para salir adelante.

A mis hermanos y hermana, familia, amigos ingenieros por todo su apoyo en mi carrera y vida universitaria.

SEBASTIAN VALLE VÁSQUEZ

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme unos excelentes padres, y una familia que siempre me han brindando su apoyo incondicional.

A mis padres, Marina y José por estar ahí siempre con sus consejos y palabras de alientos para lograr solucionar con éxito los problemas que se presentan en la vida.

A mis amigos e ingenieros por su apoyo en mi carrera y vida universitaria.

JOSÉ LLANGARÍ ARIZO.

ÍNDICE.

Caratula.....	i
Declaración de responsabilidad.....	ii
Certificado.....	iii
Certificación.....	iv
Autorización.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	viii
Índice.....	x
Índice de tablas.....	xviii
Índice de figuras.....	xx
Índice de gráficas.....	xxiv
Resumen.....	1
Summary.....	3

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Mecanismo biela – manivela.....	5
1.2 Descripción general del motor 4 en línea gasolina 1600cc.....	5
1.3 Terminología relacionada al motor de combustión Interna Opel corsa 1600cc.---	7

1.3.1 Cilindrada, calibre y carrera.	7
1.3.2 Cámara de compresión.	8
1.3.3 Tiempos del motor.	8
1.3.4 Reglajes del motor.	10
1.3.5 Orden de explosiones.	12
1.4 Características notables del motor cuatro en línea gasolina 1600cc.	14
1.5 Partes dinámicas del motor cuatro en línea Gasolina 1600cc.	14
1.5.1 Pistón.	14
1.5.2 Segmentos.	16
1.5.3 Bielas.	17
1.5.4 Cigüeñal.	17
1.5.5 Volante de inercia.	19
1.5.6 Válvulas.	19
1.5.7 Árbol de levas y elementos de mando.	20
1.5.8 Balancines.	21

CAPÍTULO 2

2. ESTUDIO DE CAMPO.	22
2.1 Fallas presentadas en los pistones del motor Opel corsa cuatro en línea 1600cc.	22

2.1.1 Datos reales obtenidos en la encuesta.-----	22
2.1.2 Análisis estadístico de las fallas presentadas en el pistón.-----	23
a. Recalentamiento.-----	22
b. Demasiado caudal de combustible.-----	24
c. Desgaste.-----	25
d. Ovalamiento.-----	25
e. Porosidades.-----	26
f. Rotura.-----	27
g. Picado.-----	27
h. Cascabeleo.-----	28
i. Rayadura.-----	29
h. Carbonilla.-----	29
2.1.3 Delimitación de las fallas a analizar en los pistones del motor Opel corsa 1600cc.-----	31
2.2 Fallas presentadas en las bielas del motor Opel corsa cuatro en línea 1600cc.-----	33
2.2.1 Datos reales obtenidos en la encuesta.-----	33
2.2.2 Análisis estadístico de las fallas presentadas en la biela.-----	34
a. Torceduras.-----	34
b. Desgaste.-----	35

c.	Recalentamiento.-----	35
d.	Rotura.-----	36
e.	Remordido.-----	37
f.	Rayadura.-----	37
g.	Se pega al brazo el cojinete.-----	38
h.	Desalinenamiento.-----	39
i.	Fundición biela.-----	39
j.	Juego en las chaquetas.-----	40
j.	Se da la vuelta las chaquetas.-----	41
2.2.3 Delimitación de las fallas a analizar en la biela del motor Opel corsa		
	1600cc.-----	42
2.3 Fallas presentadas en el cigüeñal del motor Opel corsa cuatro en línea		
	1600cc.-----	44
2.3.1 Datos reales obtenidos en la encuesta.-----		
		44
2.3.2 Análisis estadístico de las fallas presentadas en el cigüeñal.-----		
		45
a.	Torceduras.-----	45
b.	Ruptura.-----	46
c.	Se gira la chaqueta.-----	46
d.	Desgate.-----	47

e.	Rayadura.-----	48
f.	Desalineamiento.-----	48
g.	Recalentamiento.-----	49
2.3.3	Delimitación de las fallas a analizar en el cigüeñal del motor Opel corsa 1600cc.-----	50

CAPÍTULO 3

3.	ANÁLISIS DE ESFUERZOS.-----	52
3.1	Cálculos en el ciclo de explosión.-----	52
3.1.1	Corsa Opel 1600.-----	52
a.	Datos del Automóvil .-----	52
b.	Cilindrada Unitaria.-----	53
c.	Cilindrada Total.-----	53
d.	Volumen De La Cámara.-----	53
e.	Volumen Total De Los Cilindros.-----	54
f.	Área Del Pistón.-----	54
g.	Presión de admisión.-----	54
h.	Temperatura en admisión.-----	57
i.	Presión de compresión.-----	59

j.	Temperatura en compresión .-----	60
k.	Temperatura en explosión.-----	60
l.	Presión en la explosión.-----	61
m.	Fuerza producida en la parte superior del pistón (fe). -----	62
3.2	Análisis en condiciones de columna.-----	62
a.	Datos.-----	62
b.	Sección transversal.-----	63
c.	Cálculo de la inercia.-----	63
d.	Cálculo del radio de giro.-----	64
e.	Longitud efectiva de la columna.-----	64
f.	Constante de la columna.-----	65
g.	Analizamos si es columna larga o corta.-----	65
h.	Ecuación de J.B. Johnson.-----	65
3.3	Análisis de fatiga.-----	66
a.	Esfuerzo vida vs Tensión vida.-----	67

CAPITULO 4

4.	MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS ASISTIDO POR COMPUTADORA.-----	73
4.1	Modelización de elementos mecánicos asistido por computadora (CAD).-----	73

4.1.1	Diseño asistido por computador.	73
4.1.2.	Asistencia del software Inventor.	73
4.1.3	Procedimientos de la modelización.	74
a.	Bocetos de las piezas.	74
4.2	El análisis computacional asistido (CAE).	79
4.2.1	Análisis asistido por computador.	79
4.2.2	Descripción de la interfaz de Workbench.	79
1.	Design assessment.	81
2.	Electric.	81
3.	Explicit Dynamics.	81
4.	Fluid Flow-Blow Modeling.	81
5.	Fluid Flow-CFX.	81
6.	Fluid Flow –(FLUENT).	81
7.	Harmonic response.	82
8.	Hydrodynamic Diffraction.	82
9.	Hydrodynamic Time Response.	82
10.	Linear Buckling.	82
11.	Magnetostatic.	82
12.	Modal y Modal (SAMCEF).	82

13.	Random Vibration.	83
14.	Response Vibration.	83
15.	Rigid Dynamics.	83
16.	Shape Optimization.	83
17.	Static Structural.	83
18.	Steady-State Thermal.	83
19.	Thermal – electric.	83
20.	Transient Structural.	84
21.	Transient Thermal.	84
4.3	Modulo de cálculo a utilizar en el proyecto.	84
4.3.1	Características e información TransientStructural.	84
4.4.	Ensamblado del tren alternativo en TransientStructural.	85
4.5.	Análisis de fallas.	88
4.5.1	Fallas en cigüeñales.	88
a.	Falla a analizar: Fractura.	88
1.	Descripción.	88
2.	Análisis.	88
4.5.2	Fallas en bielas.	97
a.	Falla a analizar: Torcedura.	97
1.	Descripción.	97
2.	Análisis.	97

4.5.3 Fallas en pistones. -----	106
a. Falla a analizar: Recalentamiento. -----	106
1. Descripción. -----	106
2. Análisis. -----	107
4.6 Conceptualización de las Fallas. -----	116
4.6.1 Conceptualización de la falla del cigüeñal. -----	116
4.6.2 Conceptualización de la falla de la biela. -----	117
4.6.3 Conceptualización de la falla del pistón. -----	118

CAPITULO 5

5. Conclusiones y Recomendaciones. -----	120
5.1 Conclusiones. -----	120
5.2 Recomendaciones. -----	122
Biografía. -----	124
Anexos. -----	125
Anexo A “Formato Encuesta Realizada”. -----	126
Anexo B “Planos del Tren Alternativo”. -----	129
Lámina 1 de 3: Planos del Pistón. -----	130
Lámina 2 de 3: Planos de la Biela. -----	131
Lámina 3 de 3: Planos del Cigüeñal. -----	132

INDICE DE TABLAS

Tabla no. 1: Orden de los tiempos del motor Opel corsa 1600 cc. -----	12
Tabla no. 2: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en pistones. -----	23
Tabla No. 3: Recalentamiento. -----	23
Tabla No. 4: Demasiado caudal de combustible. -----	24
Tabla No. 5: Desgaste. -----	25
Tabla No. 6 Ovalamiento. -----	25
Tabla No. 7: Porosidades. -----	26
Tabla No. 8: Rotura. -----	27
Tabla No. 9: Picado. -----	27
Tabla No. 10: Cascabeleo. -----	28
Tabla No. 11: Rayadura. -----	29
Tabla No. 12: Carbonilla. -----	29
Tabla No. 13: Delimitación de las fallas a analizar en los pistones.-----	31
Tabla No. 14: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en pistones.-----	33
Tabla No. 15: Torcedura.-----	34
Tabla No. 16: Desgaste. -----	35
Tabla No. 17: Recalentamiento. -----	35
Tabla No. 18: Rotura.-----	36
Tabla No. 20: Remordido. -----	37
Tabla No. 19: Rayadura. -----	37
Tabla No. 21: Se pega al brazo el cojinete. -----	38

Tabla No. 22: Desalineamiento. -----	39
Tabla No. 23: Fundición biela. -----	39
Tabla No. 24: Juego en las Chaquetas. -----	40
Tabla No. 25: Se da vuelta las chaquetas. -----	41
Tabla No. 26: Delimitación de las fallas a analizar en las bielas. -----	42
Tabla No. 27: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en cigüeñales. -----	44
Tabla No. 28: Torcedura. -----	45
Tabla No. 29: Ruptura. -----	46
Tabla No. 30: Se gira la Chaqueta. -----	46
Tabla No. 31: Desgaste. -----	47
Tabla No. 32: Rayadura. -----	48
Tabla No. 33: Desalineamiento. -----	48
Tabla No. 34: Recalentamiento. -----	49
Tabla No. 35: Delimitación de las fallas a analizar en los cigüeñales. -----	50
Tabla No. 36: Valores Para Realizar El Análisis Cigüeñal. -----	88
Tabla No. 37: Resultados del Análisis en Ansys Cigüeñal. -----	97
Tabla No. 38: Valores Para Realizar El Análisis Biela. -----	97
Tabla No. 39: Resultados del Análisis en Ansys Biela. -----	106
Tabla No. 40: Posibles causas Pistón. -----	106
Tabla No. 41: Valores Para Realizar El Análisis. -----	107
Tabla No. 42: Resultados del Análisis en Ansys Pistón. -----	116

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Mecanismo biela-manivela. -----	5
Figura No. 2: Partes de un motor 4 en línea de 4 tiempos. -----	6
Figura No. 3: P.M.S. Y P.M.I. -----	7
Figura No. 4: Tiempos del motor. -----	9
Figura No. 5: Diagrama del ciclo Otto P-V. -----	10
Figura No. 6: Orden de explosión. -----	13
Figura No. 7: Pistón. -----	15
Figura No. 8: Segmentos. -----	16
Figura No. 9: Biela. -----	17
Figura No. 10: Cigüeñal. -----	18
Figura No. 11: Volante de Inercia. -----	19
Figura No. 12: Válvula. -----	20
Figura No. 13: Árbol de levas. -----	20
Figura No. 14: Balancines. -----	21
Figura No. 15: Recalentamiento Pistón. -----	24
Figura No. 16: Demasiado caudal de combustible Pistón. -----	24
Figura No. 17: Desgaste Pistón. -----	25
Figura No. 18: Ovalamiento Pistón. -----	26
Figura No. 19: Porosidades Pistón. -----	26
Figura No. 20: Rotura Pistón. -----	27

Figura No. 21: Picado Pistón. -----	28
Figura No. 22: Cascabeleo Pistón. -----	28
Figura No. 23:Rayadura Pistón. -----	29
Figura No. 24: Carbonilla Pistón. -----	30
Figura No. 25: Porcentaje de fallas a analizar Pistón. -----	32
Figura No. 26: Torcedura Biela. -----	34
Figura No. 27: Desgaste Biela. -----	35
Figura No. 28: Recalentamiento Biela. -----	36
Figura No. 29: Rotura Biela. -----	36
Figura No. 30: Remordido Biela. -----	37
Figura No. 31:Rayadura Biela. -----	38
Figura No. 32: Se pega al brazo el cojinete Biela. -----	38
Figura No. 33:Desalineamiento Biela. -----	39
Figura No. 34: Fundición Biela. -----	40
Figura No. 35: Juego en las Chaquetas Biela. -----	40
Figura No. 36: Se da vuelta las chaquetas Biela. -----	41
Figura No. 37: Porcentaje de fallas a analizar Biela. -----	43
Figura No. 38: Torcedura Cigüeñal. -----	45
Figura No. 39: Ruptura Cigüeñal. -----	46
Figura No. 40: Se gira la Chaqueta Cigüeñal. -----	47
Figura No. 41: Desgaste Cigüeñal. -----	47

Figura No. 42:Rayadura Cigüeñal. -----	48
Figura No. 43:Desalineamiento Cigüeñal. -----	49
Figura No. 44: Recalentamiento Cigüeñal. -----	49
Figura No. 45: Porcentaje de fallas a analizar Cigüeñal. -----	51
Figura No. 46:Fuerzas que Actúan en el Tren Alternativo. -----	52
Figura No. 47:Sección Transversal Punto Medio de la Biela Chevrolet Corsa. -----	63
Figura No. 48:Árbol Simplificado Del Análisis De Fatiga -----	66
Figura No. 49: Árbol De Decisión de Esfuerzo Vida. -----	70
Figura No. 50: Árbol De Decisión de Esfuerzo Vida. -----	71
Figura No. 51: Boceto. -----	74
Figura No. 52: Boceto en construcción del pistón. -----	75
Figura No. 53: Boceto en construcción de la biela. -----	75
Figura No. 54: Boceto en construcción de la Tapa de Biela. -----	76
Figura No. 55: Boceto en construcción del Cigüeñal. -----	76
Figura No. 56: Pistón Terminado. -----	77
Figura No. 57: Tapa de biela terminada. -----	77
Figura No. 58: Biela terminada. -----	78
Figura No. 59: Cigüeñal terminado. -----	78
Figura No. 60: Aplicaciones Workbench. -----	80
Figura No. 61: Aplicación TransientStructural en un Motor de 1 cilindro -----	85
Figura No. 62: Primer paso del ensamble. -----	85

Figura No. 63: Segundo paso del ensamble. -----	86
Figura No. 64: Tercer paso del ensamble. -----	86
Figura No. 65: Cuarto paso del ensamble. -----	87
Figura No. 66: Quinto paso del ensamble. -----	87
Figura No. 67: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Cigüeñal). -----	93
Figura No. 68: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Cigüeñal). -----	93
Figura No. 69: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Cigüeñal). ----	95
Figura No. 70: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Cigüeñal). -----	95
Figura No. 71: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Biela). -----	102
Figura No. 72: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Biela). -----	102
Figura No. 73: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Biela). -----	104
Figura No. 74: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Biela). -----	104
Figura No. 75: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Pistón). -----	112
Figura No. 76: Stress Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Pistón). -----	112
Figura No. 77: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Normales Pistón). -----	114
Figura No. 78: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Cond. Falla Pistón). -----	114
Figura No. 79: Falla Simulada en Ansys Cigüeñal. -----	116
Figura No. 80: Falla producida bajo condiciones de trabajo reales Cigüeñal. -----	117
Figura No. 81: a) Falla Simulada en Ansys; b) Falla producida bajo condiciones de desempeño real de la biela. -----	118
Figura No. 82: a) Falla Simulada en Ansys; b) Falla producida bajo condiciones de desempeño real del Pistón. -----	119

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No. 1: Total deformation (Cond. Normales Cigüeñal). -----	89
Gráfica No. 2: Total deformation (Cond. Falla Cigüeñal). -----	90
Gráfica No. 3:Equivalent Stress (Cond. Normales Cigüeñal). -----	91
Gráfica No. 4:Equivalent Stress (Cond. Falla Cigüeñal). -----	92
Gráfica No. 5: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado). -----	94
Gráfica No. 6: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Normales Cigüeñal). ----	96
Gráfica No. 7: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Falla Cigüeñal). -----	96
Gráfica No. 8: Total deformation (Cond. Normales Biela). -----	98
Gráfica No. 9: Total deformation (Cond. Falla Biela). -----	99
Gráfica No. 10:Equivalent Stress (Cond. Normales Biela). -----	100
Gráfica No. 11:Equivalent Stress (Cond. Falla Biela). -----	101
Gráfica No. 12: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado). -----	103
Gráfica No. 13: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Normales Biela). -----	105
Gráfica No. 14: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Falla Biela). -----	105
Gráfica No. 15: Total deformation (Cond. Normales Pistón). -----	108
Gráfica No. 16: Total deformation (Cond. Falla Pistón). -----	109
Gráfica No. 17:Equivalent Stress (Cond. Normales Pistón). -----	110
Gráfica No. 18:Equivalent Stress (Cond. Falla Pistón). -----	111
Gráfica No. 19: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado). -----	113
Gráfica No. 20: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Normales Pistón). -----	115

Gráfica No. 21: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Cond. Falla Pistón). ----- 115

RESUMEN

Las interrogantes de cómo se producen las fallas en los motores y lo que sucede en los diferentes tipos de piezas han llevado a la ingeniería en la actualidad a tratar de solucionar los problemas por medio de la utilización de software de diseño y de análisis con los cuales se puede llegar a interpretar diferentes tipos de problemas reales que se presentan en la mayoría de maquinas utilizadas en la industria.

Las frecuentes fallas que se producen en los motores de combustión interna son un problema que aqueja a miles de vehículos en la actualidad, con nuestro proyecto de grado hemos logrado simular las fallas más comunes que se presentan en un motor Opel corsa 1600 c.c., con la interpretación e investigación de datos estadísticos y técnicos como esfuerzos, temperatura, producidos en el mismo.

Nuestro trabajo se basa en la fundamentación teórica del funcionamiento de un motor, con la investigación exhaustiva de datos técnicos y reales, los que han sido plasmados en el software utilizado, para obtener los resultados exactos en el análisis.

En el Capítulo 1, se presentara una reseña teórica de las partes y funcionamiento de un motor de 4 cilindros de 1600 c.c. resaltando sus partes más importantes como son pistón, biela y cigüeñal, que conforman el mecanismo biela-manivela.

El Capitulo 2, tendremos el estudio de campo, que fue la realización de una encuesta por diferentes talleres mecánicos, obteniendo las causas y fallas más comunes que se pueden presentar en un motor 4 cilindros de 1600 c.c., con lo que se logro determinar las fallas a analizar.

Dentro del Capítulo 3, mostraremos una descripción del software a utilizar tanto como para el modelado con Autodesk Inventor 2012 y el análisis con el software de simulación Ansys V14. En este capítulo se define conceptos y utilización de los dos software.

En el Capítulo 4, se dan a conocer los cálculos matemáticos del motor con sus respectivas formulas y fuentes de investigación aquí se calculara los datos utilizados en el programa de simulación Ansys V14 como la carga critica y fuerza en la cabeza del pistón, así como la referencia de lo que es un análisis por fatiga.

El Capítulo 5, obtendremos los resultados finales del análisis de las fallas en el software Ansys V14 como la deformación total, el esfuerzo de Von-Mises, el factor de seguridad y el esfuerzo por fatiga. Aquí se representara los resultados gráficamente a condiciones normales y a condiciones extremas de funcionamiento y se podrá visualizar una foto de la falla real comparada con la grafica obtenida en el software Ansys V14.

Para la finalización de este proyecto en el Capítulo 6 se definirá las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el presente proyecto.

SUMMARY

The questions of what causes the engine failures and what happens in different types of parts have been engineered for today trying to solve the problems through the use of software design and analysis with which you may hear different kinds of real problems that occur in most machines used in industry.

The frequent failures that occur in internal combustion engines are a problem that afflicts thousands of vehicles currently on our graduation project we have simulated the most common faults that occur in an Opel Corsa 1600 cc engine, with the interpretation and investigation of technical and statistical data and efforts, temperature, produced in it.

Our work is based on the theoretical performance of an engine, with extensive research and real technical data, which have been embodied in the software used to obtain accurate results in the analysis.

In Chapter 1, we present a theoretical review of the parts and operation of a 4-cylinder engine of 1600 cc highlighting the main parts such as piston, connecting rod and crankshaft, comprising the rod-crank mechanism.

Chapter 2, we have the field study, which was conducting a survey of different garages, getting the most common causes and failures that can occur in a 4-cylinder engine of 1600 cc, which was achieved to determine the fault to analyze.

In Chapter 3, we will show a description of the software to use as much as for modeling with Autodesk Inventor 2012 and analysis simulation software Ansys V14. This chapter defines concepts and use of the two software.

In Chapter 4, disclosed the math engine with their respective formulas and sources of research here calculate the data used in the simulation program Ansys V14 as the

critical load and force on the piston head and the reference than it is an analysis by fatigue.

Chapter 5, we get the final results of the analysis of faults in the software Ansys V14 as the total strain, the Von-Misses stress of the safety factor for fatigue and effort. Here the results are represented graphically normal and extreme operating conditions and can display a photo of the actual fault compared to the graph obtained in V14 Ansys software.

For the completion of this project in Chapter 6 summarizes the general conclusions and recommendations obtained in this project.

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO

1.1 MECANISMO BIELA-MANIVELA

Básicamente, el **mecanismo** consiste en conectar la cabeza de una biela con el mango de una manivela y el pie de biela con un émbolo.

El giro de la manivela provoca el movimiento de la biela y, consecuentemente, permite obtener un movimiento lineal alternativo perfecto a partir de uno giratorio continuo, o viceversa.

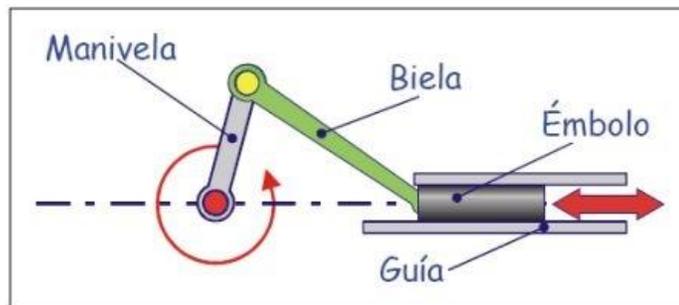


Figura No. 1: Mecanismo biela-manivela

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MOTOR DE CUATRO EN LÍNEA GASOLINA 1600CC

Estos motores basan su funcionamiento en la expansión, controlada, de una mezcla de combustible y aire en un recinto reducido y cerrado. Para que se logre, debe mezclarse el carburante con aire, antes de entrar en los cilindros en los motores de gasolina en una proporción, aproximada, de 10.000 litros de aire por 1 de carburante.

Los gases procedentes de la combustión, al ocupar mayor volumen que la mezcla, producen una fuerza que actúa directamente sobre el mecanismo denominado biela-manivela.

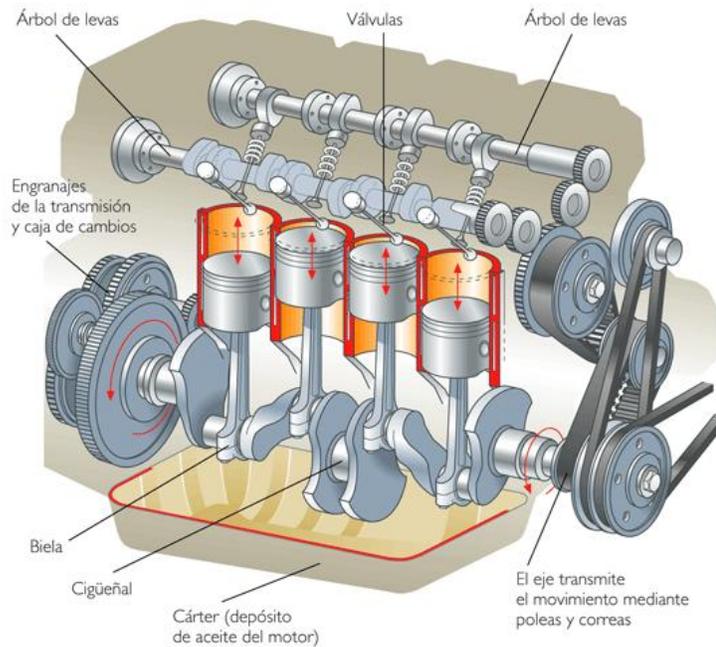


Figura No. 2: Partes de un motor 4 en línea de 4 tiempos

Este movimiento producido es recogido por la biela, que está unida al pistón por su pie de biela y al cigüeñal, por medio de un muñón. En la unión de la biela y el pistón, para atenuar el rozamiento, se interponen el bulón

La biela se une por la cabeza de biela al cigüeñal, que es un eje de material resistente y con 4 muñones de bancada y cuatro muñones de biela que tiene el motor 1600cc. Opel corsa

Acaba el cigüeñal en contrapesos con el objeto, de que terminado el tiempo de la explosión, no pierda sentido de giro, venciendo los puntos muertos hasta que se produzca una nueva explosión.

Todos estos elementos están ubicados en el block que por su parte inferior se cierra por el cárter. En la parte inferior del block se encuentra la bancada sobre los que se apoyan los extremos del cigüeñal, para que el cigüeñal no se deforme por efecto de las explosiones

La cilindrada de un motor, se expresa en centímetros cúbicos o litros y se determina por:

Cilindrada Unitaria

Cilindrada Total

$$V_h = \frac{\pi \phi^2 S}{4}$$

$$V_H = 4V_h$$

Dónde:

V_h = Cilindrada unitaria (cc.)

V_H = Cilindrada total del vehículo (cc.)

ϕ = Diámetro del pistón (cm)

S = Carrera del pistón (cm)

1.3.2 CÁMARA DE COMPRESIÓN:

Cada cilindro está herméticamente cerrado, en su parte superior para que al producirse la explosión el pistón reciba toda la fuerza. La pieza que cierra los cilindros se denomina culata y al ajustarla, debe quedar una pequeña cavidad entre ésta y el PMS, llamada cámara de compresión, comparando su medida con la de todo el cilindro, nos da la relación de compresión del motor.

La relación de compresión es un número abstracto, pero es fundamental para comprender algunas circunstancias, como el tipo de gasolina a utilizar.

Se obtiene la relación de compresión con la formula siguiente:

$$\frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Dónde:

V_h = cilindrada unitaria

V_c = volumen de la cámara

La relación de compresión de un motor Opel corsa 1600 cc. Será de 10.5:1

1.3.3 TIEMPOS DEL MOTOR

El ciclo de combustión es el conjunto de operaciones que se realizan en un cilindro desde que entra la mezcla carburada hasta que son expulsados los gases.

Cuando el ciclo se realiza en cuatro etapas, se dice que el motor es de cuatro tiempos: Admisión, Compresión, Explosión y Escape.

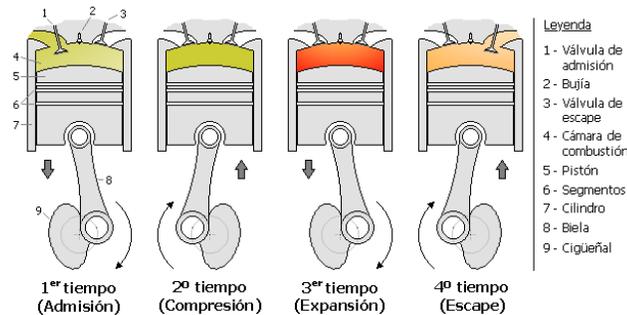


Figura No. 4: Tiempos del motor

Primer tiempo: Admisión

El pistón comienza un movimiento, descendente, entre el PMS y el PMI. El cigüeñal da media vuelta mientras que el pistón, al estar cerrada la válvula de escape y abierta la de admisión, succiona la mezcla carburada llenando, con ella, el cilindro.

Segundo tiempo: Compresión

El pistón retorna del PMI al PMS, permaneciendo las cuatro válvulas cerradas, comprime, progresivamente, la mezcla carburada, dando el cigüeñal otra media vuelta.

Tercer tiempo: Explosión

Una vez terminada la compresión salta la chispa de la bujía en el centro de la mezcla, que ha sido fuertemente comprimida, lo que hace que el pistón sea despedido con fuerza a su PMI, dando el cigüeñal otra media vuelta. Este tiempo se denomina de explosión o combustión, y las dos válvulas deben permanecer cerradas.

Cuarto tiempo: Escape

El pistón vuelve a subir a su PMS y en su camino limpia el cilindro de los gases resultantes del tiempo anterior, dado que las válvulas de admisión permanecen cerradas y las de expulsiones abiertas. El cigüeñal da otra media vuelta, cerrando el ciclo.

Este es el ciclo de cuatro tiempos, en el que por cada explosión, de un mismo cilindro, el cigüeñal da dos vueltas completas, perdiendo gran parte de la fuerza entre explosión y explosión.

Si combinamos cuatro cilindros de tal forma que por cada media vuelta haya una explosión, minimizaremos la pérdida de fuerza.

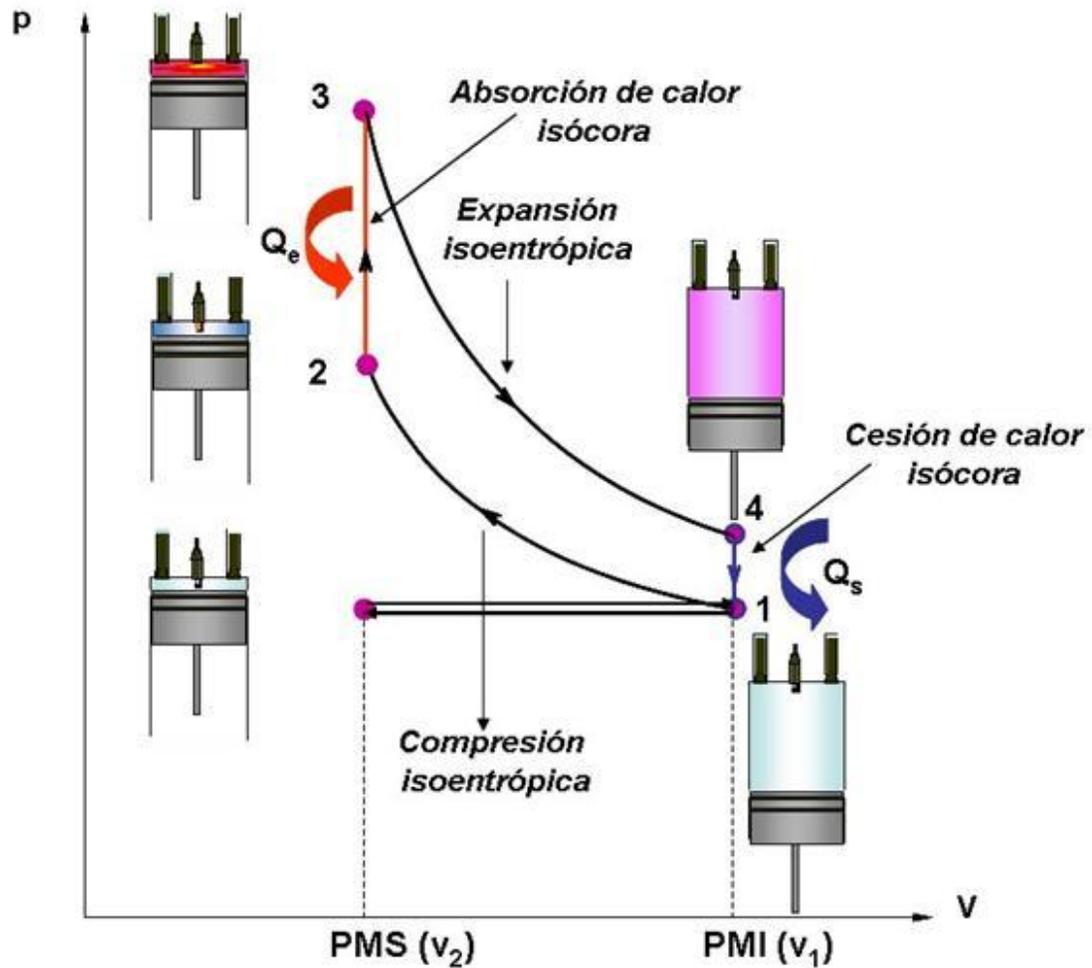


Figura No. 5: Diagrama del ciclo Otto P-V

1.3.4 REGLAJES DEL MOTOR

En teoría, un tiempo empieza donde termina el anterior, pero si esto fuera realmente así, la potencia del motor se vería muy menguada. Para aprovechar toda la potencia, es necesario solapar los tiempos de manera que antes de que acabe uno ya haya empezado el siguiente. Para conseguir este solapamiento nos serviremos de los

reglajes del motor. Un reglaje de motor afecta a los tiempos de admisión, explosión y escape.

a. Reglaje de admisión

Consiste en adelantar la apertura de la válvula de admisión y retrasar su cierre, también se denomina **avance**. Por tanto, la válvula de admisión se abrirá antes de que el pistón llegue a su PMS y se cerrarán después de que haya pasado por su PMI. Con este reglaje, conseguimos un mejor llenado del cilindro con la mezcla carburada.

b. Reglaje de explosión o encendido

Este consiste en adelantar el instante en el que salta la chispa de la bujía, es decir, que se efectuará el encendido antes de que el pistón llegue al PMS. El porqué del avance de encendido, es muy simple, sabemos que aun siendo la combustión de la mezcla muy rápida, no es instantánea por tanto si la chispa saltara cuando el pistón se encuentra en su PMS, la combustión no sería completa antes de que éste empezara a descender. Pero si lo sería si la combustión empezara antes de llegar a su PMS siendo, en este caso, mayor la fuerza con que el pistón es empujado y mejor, también, el aprovechamiento del combustible.

El avance de encendido se mide en grados del volante motor. Así, si decimos que el avance es de 15°, queremos decir que al volante le faltan 15° para que el pistón llegue al PMS.

c. Reglaje de escape

Su finalidad es la de conseguir un mejor vaciado del cilindro de los gases. Para lo cual debe abrirse la válvula de escape momentos antes de que el pistón llegue al PMI y se cierre un poco después de haber pasado el PMS, coincidiendo con la apertura de la válvula de admisión.

Por tanto, el reglaje de escape tiene dos objetivos: primero, avanzar la apertura de la válvula de escape, operación que se denomina avance de la apertura del escape (A.A.I.), y segundo, retrasar el cierre de la mencionada válvula, que se denomina retraso del cierre del escape (R.C.E.).

1.3.5 ORDEN DE EXPLOSIONES

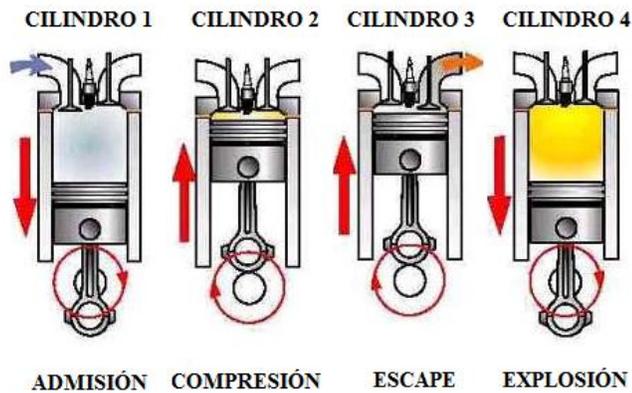
Por orden de explosiones se entiende la sucesión de encendidos en los distintos cilindros del motor. Cada número determina el ordinal del cilindro, empezando por el lado opuesto al del volante.

El orden de explosión más usado es 1-3-4-2, pudiéndose variar éste, siempre y cuando también variemos la disposición de los codos del cigüeñal.

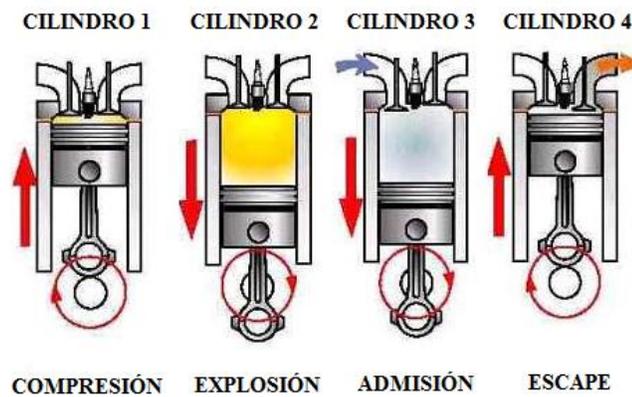
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
1ª media vuelta	Admisión	Compresión	Escape	Explosión
2ª media vuelta	Compresión	Explosión	Admisión	Escape
3ª media vuelta	Explosión	Escape	Compresión	Admisión
4ª media vuelta	Escape	Admisión	Explosión	Compresión

Tabla No. 1: Orden de los tiempos del motor Opel corsa 1600 cc.

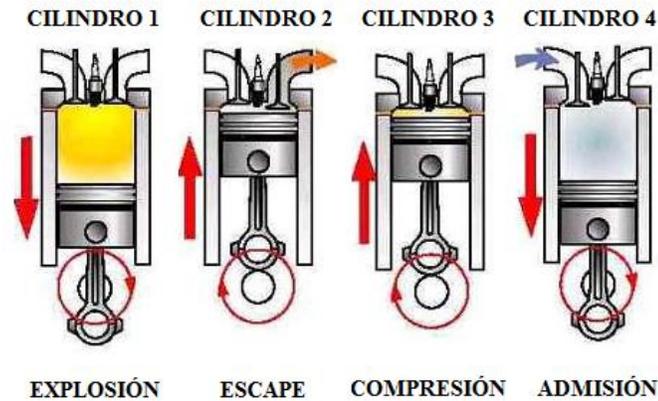
a. 1ª media vuelta



b. 2ª media vuelta



c. 3ª media vuelta



d. 4ª media vuelta

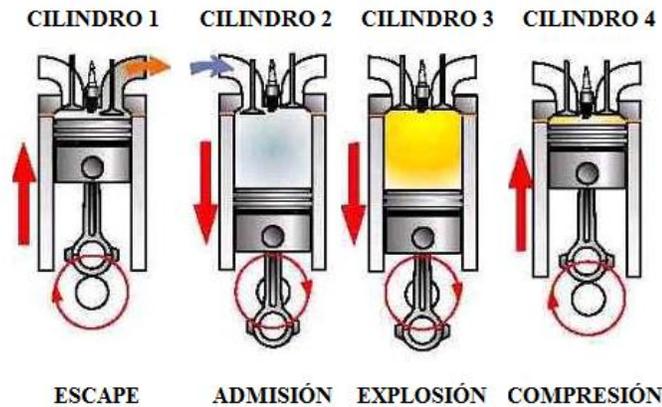


Figura No. 6: Orden de explosión

1.4 CARACTERÍSTICAS NOTABLES DEL MOTOR CUATRO EN LÍNEA GASOLINA 1600CC

Los motores con configuración en línea son notablemente más fáciles de construir que sus equivalentes con configuración en V o de cilindros opuestos ya que tanto el bloque del motor como el cigüeñal se pueden fabricar a partir de un único molde para metal y requiere una única culata y por tanto menos árboles de levas.

Además los motores en línea son más compactos en cuanto a sus dimensiones físicas globales que los de distribución radial, y se pueden montar en cualquier dirección. La configuración en línea es más sencilla que su correspondiente configuración en V. Tienen un soporte entre cada pistón, mientras que los motores planos y en V tienen un soporte entre cada par de pistones

Son los más utilizados en los automóviles. La característica de estos motores es su equilibrio entre rendimiento de combustible y vibraciones del cigüeñal. En motores con cilindros en línea el cilindro, 1 y 4 suben y bajan al mismo tiempo y el orden de encendido es 1-3-4-2 ó 1-4-3-2

1.5 PARTES DINÁMICAS DEL MOTOR CUATRO EN LÍNEA GASOLINA 1600CC.

Son los elementos encargados de transformar la energía térmica producida en la combustión en energía mecánica, a través de un sistema de biela - manivela que transforma el movimiento alternativo del pistón en un movimiento giratorio del cigüeñal.

1.5.1 PISTÓN

Es el elemento móvil que se desplaza en el interior de cilindro el cual recibe directamente el impacto de la combustión de la mezcla. Se divide en dos partes fundamentales; lo que se denomina cabeza del pistón y la otra llamada falda del pistón.

Cabeza del pistón: Es la parte superior del pistón que se encuentra en contacto directo con la cámara de combustión y que por lo tanto es la parte que se encuentra sometida a un mayor castigo mecánico, térmico y químico. En esta parte del pistón se encuentran mecanizadas unas ranuras o gargantas las cuales sirven de alojamiento a los segmentos.

Falda del pistón: Es la parte baja del pistón y la cual posee la misión de servir de guía en su movimiento alternativo, es de dimensiones ligeramente mayores que las de la cabeza del pistón lo cual evita su cabeceo y por lo tanto un desgaste descompensado en el cilindro y en el pistón.



Figura No. 7: Pistón

En esta parte se mecaniza un alojamiento para el bulón de unión entre la biela y el pistón. En ocasiones, en esta parte (la falda), se practican unas ranuras en forma de T o de U, las cuales sirven de compensadores térmicos que evitan el aumento de dimensiones del pistón cuando alcanza altas temperaturas.

Debido a las condiciones de trabajo a las que están sometidos los pistones han de construirse de tal manera que sean; Robustos, ligeros, resistentes a las altas temperaturas, resistentes al desgaste, bajo coeficiente de dilatación y gran conductividad térmica. Para conseguir todas estas propiedades se construyen de aleación ligera a base de aluminio, silicio con ligeros contenidos de cobre, magnesio y níquel.

Para los motores Opel Corsa 1600 cc, se utilizan aleaciones de aluminio gracias a su buena conductividad térmica y baja densidad.

1.5.2 SEGMENTOS

Estos elementos van alojados en los pistones y se componen por unos anillos elásticos que se encuentran en contacto con las paredes del cilindro. Su misión es la de separar herméticamente el recinto volumétrico generado por el pistón en su desplazamiento lubricar las pares del cilindro y transmitir el calor que le comunica el pistón a las paredes del cilindro.



Figura No. 8: Segmentos

El número de segmentos por pistón en los motores 4 en línea 1600 cc, es de 3. Al primer grupo de segmentos se les denomina; segmentos de compresión y son los encargados de realizar un cierre hermético con la parte superior del cilindro.

Posteriormente tenemos el segmento de engrase, el cual, como su propio nombre indica, sirve para engrasar las paredes del cilindro. Suelen tener unos orificios por los cuales circula el aceite y que comunican con el interior del pistón.

Al igual que los pistones y debido a sus condiciones de funcionamiento deben de cumplir una serie de condiciones mecánicas y térmicas como por ejemplo; ser buen conductor térmico, resistente a las altas temperaturas y sobre todo, resistente al desgaste.

Para este tipo de motores Opel Corsa 1600 c c, en el caso del 1er segmento viene producido por un proceso de nitruración, el 2nd segmento es de Zinc Fosfático su superficie externa es de cromo platino duro y el segmento del Aceite es por un Proceso de Nitruración.

1.5.3 BIELAS

Es el elemento que sirve de unión entre el pistón y el cigüeñal y por lo tanto, es el que transmite todo el esfuerzo del pistón a las muñequillas del cigüeñal. La biela se divide en; cabeza, cuerpo y pie:



Figura No. 9: Biela

La cabeza es la parte de la biela que va acoplada a la muñequilla del cigüeñal. Esta unión se realiza a través de un elemento llamado sombrerete el cual va unido a la cabeza de la biela por medio de dos fijaciones roscadas. Entre medias se colocan unos casquillos antifricción los cuales sirven para evitar el desgaste prematuro entre las superficies en contacto. Estos elementos se denominan semicojinetes de biela.

El cuerpo de la biela es la parte que une el pie con la cabeza y por lo tanto la que transmite el esfuerzo. Sometida a esfuerzos de flexión y compresión posee una sección transversal la cual proporciona a la biela la suficiente resistencia mecánica para soportar tales esfuerzos.

El pie de biela es la parte que se une al bulón y que a su vez lo hace con el pistón.

1.5.4 CIGÜEÑAL

Es el elemento que junto con la biela y el pistón realiza la transformación del movimiento alternativo en movimiento rotativo. Transmite también el giro y fuerza motriz a los demás órganos de transmisión.

Constituido por un árbol acodado el cual posee unas muñequillas de apoyo o muñones que descansan sobre los apoyos del bloque motor. El cigüeñal va fijado en sus apoyos, al igual que la cabeza de biela, por unos sombreretes, denominados sombreretes de bancada. Entre medias se colocan unos casquillos denominados semicojinetes de bancada, los cuales tienen la misión de reducir el rozamiento al máximo y evitar el desgaste prematuro entre las piezas en contacto. El número de apoyos de un cigüeñal de motor 1600 cc cuatro cilindros es tres.



Figura No. 10: Cigüeñal

También posee unos muñones o muñequillas de biela, sobre los que se acoplan las bielas por medio de la cabeza de biela. Siendo el número de muñones igual al de cilindros que serían cuatro.

En los apoyos situados en los extremos del motor, se montan unos retenes que eviten las pérdidas de aceite hacia el exterior, tanto en el lado de la distribución como en el lado del volante.

Posee unos orificios que comunican entre sí y que sirven como conductos para la circulación del aceite de engrase. Estos orificios se encuentran en los apoyos y en los muñones para que lubriquen las piezas que se encuentran sometidas a mayor desgaste.

1.5.5 VOLANTE DE INERCIA

Es el elemento de gran masa que se acopla al cigüeñal y que tiene la misión de almacenar energía cinética para regular el giro del cigüeñal y transmitir esa energía en los puntos muertos (del ciclo).



Figura No. 11: Volante de Inercia

El volante está fabricado de fundición a acero, y tiene un contrapeso para lograr un equilibrio para que en un número alto de revoluciones del motor no exista un desequilibrio dinámico.

1.5.6 VALVULA

Situadas en el interior de la cámara de combustión son las encargadas de abrir y cerrar los orificios de entrada y salida de gases. Constituidas por una cabeza de válvula la cual hace el cierre hermético con el orificio de la culata. Suelen estar mecanizadas con un ángulo de inclinación para evitar fugas y permitir un mejor cierre. Esta parte de la válvula apoya en la culata sobre un elemento llamado asiento de válvula.



Figura No. 12: Válvula

Unida a la cabeza se encuentra el vástago o cuerpo de válvula cuya misión es la de servir de guía a la válvula en su desplazamiento. Al final del vástago posee unas hendiduras las cuales sirven para fijar el resto de elementos que van acoplados a la válvula.

1.5.7 ÁRBOL DE LEVAS

El árbol de levas es el elemento encargado de vencer la fuerza que ejercen los muelles sobre las válvulas a través de los mecanismos de mando para poder abrirlas y cerrarlas en el momento adecuado.

Constituido por un árbol al cual se le han mecanizado una serie de elementos excéntricos denominados levas, que son los encargados de mandar el empuje a través de los elementos de mando hacia las válvulas.



Figura No. 13: Árbol de levas

La apertura y cierre de las válvulas debe de estar perfectamente sincronizada con la posición de los pistones. Debido a esto el árbol de levas recibe el movimiento del cigüeñal el cual debe estar perfectamente sincronizado en su movimiento con el del árbol de levas.

1.5.8 BALANCINES

Este tipo de balancines se emplea en motores con árbol de levas en cabeza como el motor de 4 tiempos 1600 CC el movimiento lo recibe directamente el balancín en su zona central, basculando en un extremo y transmitiendo el movimiento en el otro.

Los balancines poseen un mecanismo de regulación constituido por un espárrago roscado y una tuerca bloqueante, el cual sirve para que exista una pequeña holgura entre la válvula y el balancín. Esta cota es necesaria para que en condiciones de funcionamiento normales, al dilatar los materiales por el efecto térmico, no queden excesivamente juntas estas dos piezas y provoquen en estado de reposo de la válvula

(cerrada) una ligera apertura de la misma. A este fenómeno se le denomina válvula pisada.

Los balancines oscilan sobre un eje denominado eje de balancines el cual se encuentra situado en la culata. Posee una serie de orificios interiores que sirven para engrasar la zona de basculación del balancín.



Figura No. 14: Balancines

CAPÍTULO 2

2. ESTUDIO DE CAMPO

Después de haber realizado una encuesta específica se ha llegado a recopilar datos técnicos sobre las fallas que se presentan en cada una de las partes móviles del tren alternativo obteniendo como resultado los siguientes datos.

2.1 FALLAS PRESENTADAS EN LOS PISTONES DEL MOTOR OPEL CORSA CUATRO EN LÍNEA 1600CC.

2.1.1 DATOS REALES OBTENIDOS EN LA ENCUESTA

Razón social del taller	Ubicación del taller	Fallas más comunes en los pistones	Por qué se han producido estas fallas en los pistones	Frecuencia con se repite las fallas en los pistones
RODRIMOTOR	Av. Cotopaxi y Tanicuchi	<ul style="list-style-type: none"> • Soplados • Desgastados 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre calentamiento • Falta de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy frecuente
Mecánica automotriz DON NASA	Av. Cotopaxi y las Pampas #262	<ul style="list-style-type: none"> • Rines • Se chupa • Se raya 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre calentamiento • Sobre calentamiento • Desgaste 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuentemente
ABRAHAM AGAMA	Av. Cotopaxi y las Pampas	<ul style="list-style-type: none"> • Recalentamiento • Se funde el pistón 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de refrigeración • Mucho combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco frecuente
HINO MOTORS	Av. Cotopaxi y Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> • Se rompe el pistón • Se perfora el pistón • Falla de fabrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Demasiado caudal de combustible • No viene bien compacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco frecuente 2 veces al año
RECTIFICADORA COTOPAXI	Frente a la estación de tren	<ul style="list-style-type: none"> • Los canales de los rines se abren • Se encoje 	<ul style="list-style-type: none"> • Por desgaste • Por recalentamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • frecuentemente
TALLERES ATM	Cesar Dávila y Jorge carrera	<ul style="list-style-type: none"> • recalentamiento • desgaste • ovalamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • uso normal • polvo que entra al motor • mal manejo 	<ul style="list-style-type: none"> • cada vez que se repara
AGRIMOTOR	Av. Unidad nacional barrio nintinacaso	<ul style="list-style-type: none"> • desgaste en los segmentos • porosidades 	<ul style="list-style-type: none"> • por suciedad • exceso de lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • falta de mantenimiento
AUTOTRONIC	Av. Unidad nacional y Gabriela mistral	<ul style="list-style-type: none"> • picado • cascabeleo • se queman el pistón lateralmente 	<ul style="list-style-type: none"> • mala calibración • mal uso de aditivos • mezcla de aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> • cada reparación de motor

Razón social del taller	Ubicación del taller	Fallas más comunes en los pistones	Por qué se han producido estas fallas en los pistones	Frecuencia con se repite las fallas en los pistones
AUTOMOTRIZ JUNIOR	Av. Unidad nacional	<ul style="list-style-type: none"> desgaste de los rines 	<ul style="list-style-type: none"> cuando se rectifica el bloc queda muy ajustado 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
CENTRO AUTOMOTRIZ	Av. Unidad nacional y los cipreses	<ul style="list-style-type: none"> rayado en la falda del pistón 	<ul style="list-style-type: none"> sobrecalentamiento mal manejo 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente
TALLER AUTOMOTRIZ AUTOLAT	Av. Nacional y primero de abril	<ul style="list-style-type: none"> cabeceo recalentamiento carbón en el rin 	<ul style="list-style-type: none"> mala calibración del tiempo falta de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente 2 de 10 vehículos
TALLERES BERMEO	El Niágara km. 10 y 1/2	<ul style="list-style-type: none"> se chupan cascaqueo 	<ul style="list-style-type: none"> recalentamiento mal calibrado el tiempo o muy reducido el cabezote 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente
ASSA	Pana Sur Km. 2	<ul style="list-style-type: none"> se achican los pistones rayado de falda puntos calientes 	<ul style="list-style-type: none"> recalentamiento falta de refrigeración mucho caudal de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente

Tabla No. 2: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en pistones

2.1.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LAS FALLAS PRESENTADAS EN EL PISTON

Los datos recogidos fueron analizados estadísticamente utilizando como variable la frecuencia con que se repetían las fallas en los talleres.

Tomando como referencia dos variables el SI para todos los talleres donde se presentaba la falla y el NO para todos los talleres donde no existía dicha falla.

a. RECALENTAMIENTO

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	5	38,5	38,5	38,5
SI	8	61,5	61,5	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 3: Recalentamiento



Figura No. 15: Recalentamiento

b. DEMASIADO CAUDAL DE COMBUSTIBLE

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 4: demasiado caudal de combustible

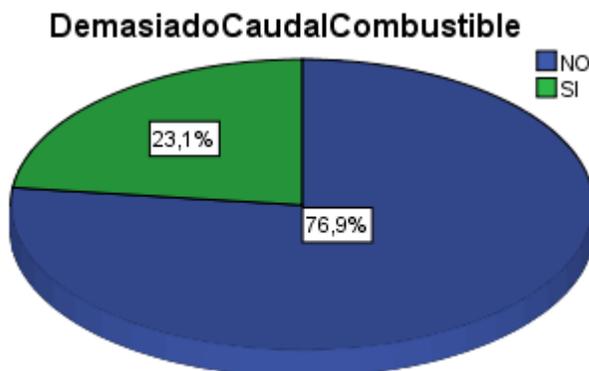


Figura No. 16: demasiado caudal de combustible

c. DESGASTE

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	7	53,8	53,8	53,8
	SI	6	46,2	46,2	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 5: Desgaste

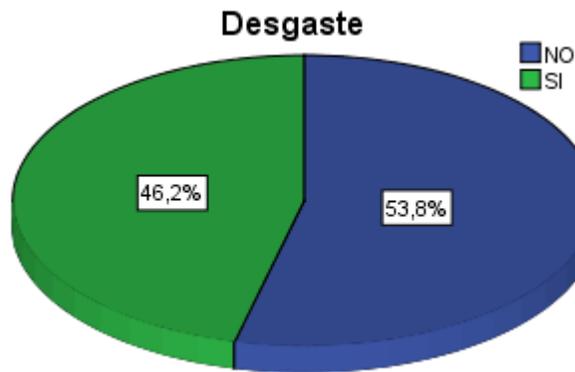


Figura No. 17: Desgaste

d. OVALAMIENTO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 6: Ovalamiento



Figura No. 18: Ovalamiento

e. POROSIDADES

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 7: Porosidades

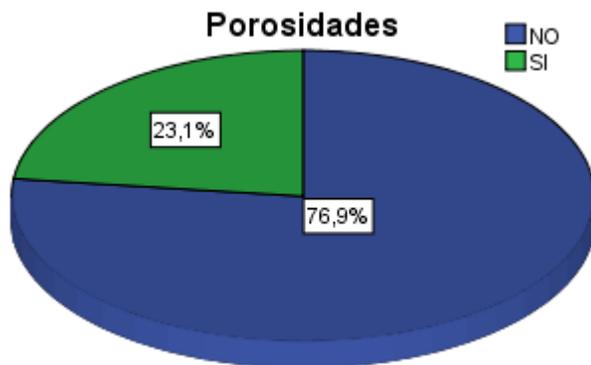


Figura No. 19: Porosidades

f. ROTURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 8: Rotura

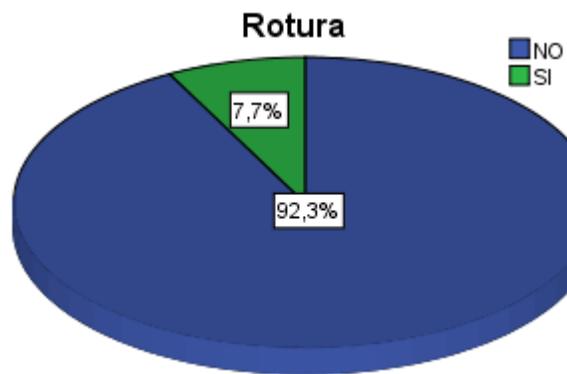


Figura No. 20: Rotura

g. PICADO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 9: Picado

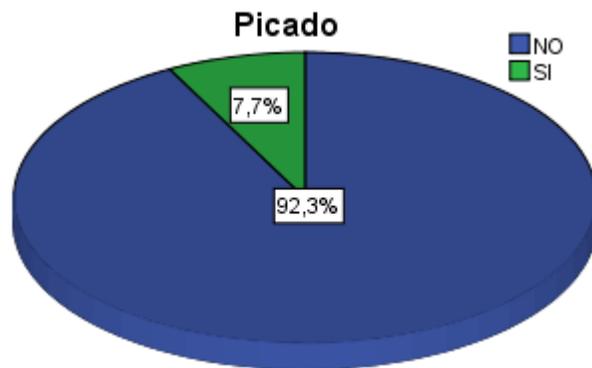


Figura No. 21: Picado

h. CASCABELEO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 10: Cascabeleo

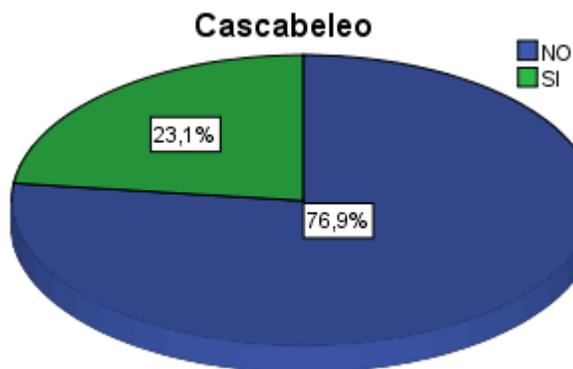


Figura No. 22: Cascabeleo

i. RAYADURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	11	84,6	84,6	84,6
	SI	2	15,4	15,4	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 11: Rayadura

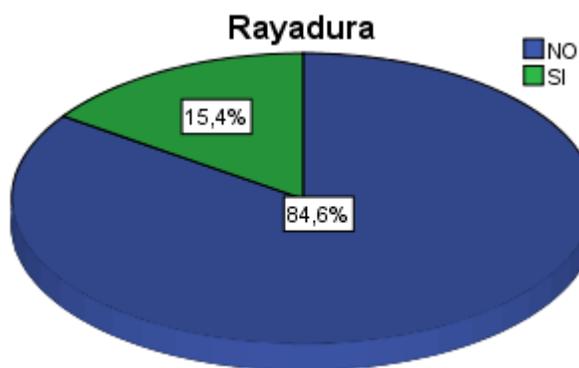


Figura No. 23: Rayadura

j. CARBONILLA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	11	84,6	84,6	84,6
	SI	2	15,4	15,4	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 12: Carbonilla

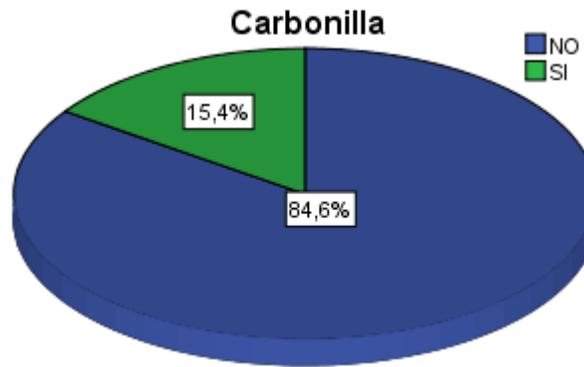


Figura No. 24: Carbonilla

2.1.3 DELIMITACIÓN DE LA FALLA A ANALIZAR EN LOS PISTONES DEL MOTOR OPEL CORSA 1600 CC.

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
carbonilla	2	6,9	6,9	6,9
cascabeleo	3	10,3	10,3	17,2
demasiado caudal de combustible	3	10,3	10,3	27,6
desgaste	5	17,2	17,2	44,8
ovalamiento	1	3,4	3,4	48,3
picado	1	3,4	3,4	51,7
porosidades	3	10,3	10,3	62,1
rayadura	2	6,9	6,9	69,0
recalentamiento	8	27,6	27,6	96,6
rotura	1	3,4	3,4	100,0
Total	29	100,0	100,0	

Tabla No. 13: Delimitación de las fallas a analizar en los pistones

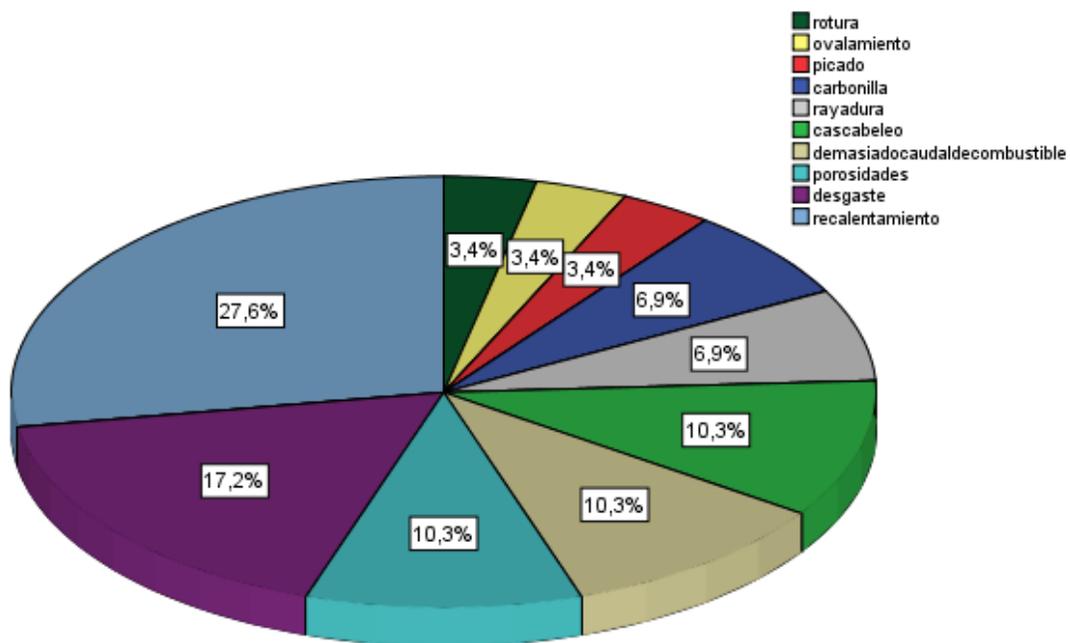


Figura No. 25: Porcentaje de fallas a analizar

Una vez completados los análisis estadísticos de las fallas que se presentan en el pistón se puede decir que la falla más común que será analizada mediante el uso de herramientas computacionales es:

- Recalentamiento

2.2 FALLAS PRESENTADAS EN LAS BIELAS DEL MOTOR OPEL CORSA CUATRO EN LÍNEA 1600CC.

2.2.1 DATOS REALES OBTENIDOS EN LA ENCUESTA

Razón social del taller	Ubicación del taller	Fallas más comunes en las bielas	Por qué se han producido estas fallas en las bielas	Frecuencia con se repite las fallas en las bielas
RODRIMOTOR	Av. Cotopaxi y Tanicuchi	<ul style="list-style-type: none"> Torcida Desgastada Recalentada 	<ul style="list-style-type: none"> Sobre revoluciones Uso Falta de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> Poco frecuente Falta de mantenimiento
Mecánica automotriz DON NASA	Av. Cotopaxi y las Pampas #262	<ul style="list-style-type: none"> Torcedura Rotura 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de lubricación Exceso de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Poco frecuente
ABRAHAM AGAMA	Av. Cotopaxi y las Pampas	<ul style="list-style-type: none"> Se remuerden Torcedura 	<ul style="list-style-type: none"> Muy ajustado Falta de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> Poco frecuente
HINO MOTORS	Av. Cotopaxi y Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> Torceduras Rayaduras 	<ul style="list-style-type: none"> Chaquetas se gastan Contramarcha Falla la bomba de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> Frecuente de 3 a 5 a la semana por mala conducción
RECTIFICADORA COTOPAXI	Frente a la estación de tren	<ul style="list-style-type: none"> Se pega el cojinete al brazo Torcedura 	<ul style="list-style-type: none"> Recalentamiento Falta de lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> Frecuentemente
TALLERES ATM	Cesar Dávila y Jorge carrera	<ul style="list-style-type: none"> Ninguna 	<ul style="list-style-type: none"> Ninguna 	<ul style="list-style-type: none"> Ninguna
AGRIMOTOR	Av. Unidad nacional barrio nintinacaso	<ul style="list-style-type: none"> Recalentamiento Torcedura Rotura Desalineamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Por falta de lubricación Contramarcha Por exceso de revoluciones 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de mantenimiento
AUTOTRONIC	Av. Unidad nacional y Gabrielamistral	<ul style="list-style-type: none"> torcedura desalineación de las medias lunas 	<ul style="list-style-type: none"> mal trabajo al nivel de rectificadora 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente
AUTOMOTRIZ JUNIOR	Av. Unidad nacional	<ul style="list-style-type: none"> desgaste de chaquetas 	<ul style="list-style-type: none"> mal asentado el cigüeñal 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
CENTRO AUTOMOTRIZ	Av. Unidad nacional y los cipreses	<ul style="list-style-type: none"> fundición bielas juego en las chaquetas 	<ul style="list-style-type: none"> sobrecalentamiento mal ajuste en la bancada 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
TALLER AUTOMOTRIZ AUTOLAT	Av. Nacional y primero de abril	<ul style="list-style-type: none"> se da la vuelta la chaqueta recalentamiento 	<ul style="list-style-type: none"> mal ajuste reparación anterior, mal torque se tapan las porosidades se produce una capa de cera 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
TALLERES BERMEO	El Niágara km. 10 y 1/2	<ul style="list-style-type: none"> se remuerde se rompe 	<ul style="list-style-type: none"> por lubricación mal manejo contramarcha 	<ul style="list-style-type: none"> depende del mantenimiento
ASSA	Pana Sur Km. 2	<ul style="list-style-type: none"> torcedura desalineadas se dañan los alojamientos de la chaqueta 	<ul style="list-style-type: none"> banda de distribución se rompe lubricación obstrucción en los ductos 	<ul style="list-style-type: none"> falta de mantenimiento filtro de aceite de mala calidad

Tabla No. 14: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en pistones

2.2.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LAS FALLAS PRESENTADAS EN LA BIELA

Los datos recogidos fueron analizados estadísticamente utilizando como variable la frecuencia con que se repetían las fallas en los talleres.

Tomando como referencia dos variables el SI para todos los talleres donde se presentaba la falla y el NO para todos los talleres donde no existía dicha falla.

a. TORCEDURA

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	5	38,5	38,5	38,5
SI	8	61,5	61,5	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 15: Torcedura

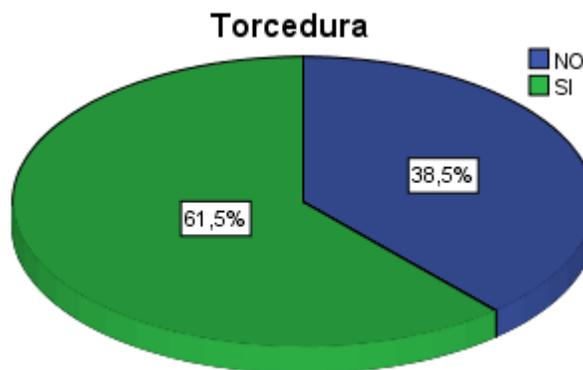


Figura No. 26: Torcedura

b. DESGASTE

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	11	84,6	84,6	84,6
	SI	2	15,4	15,4	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 16: Desgaste

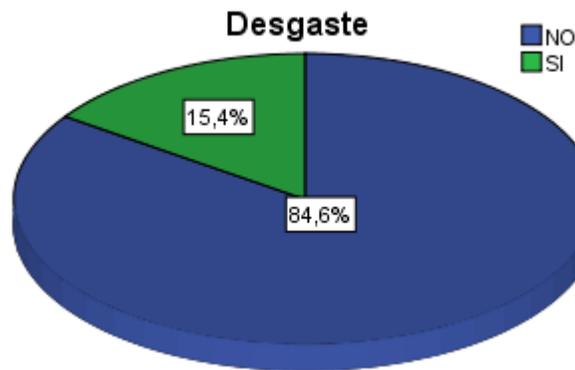


Figura No. 27: Desgaste

c. RECALENTAMIENTO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 17: Recalentamiento

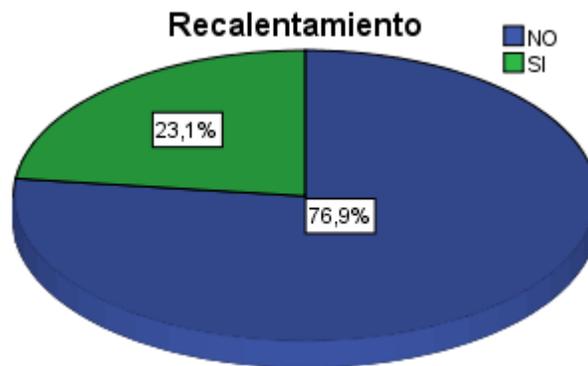


Figura No. 28: Recalentamiento

d. ROTURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 18: Rotura

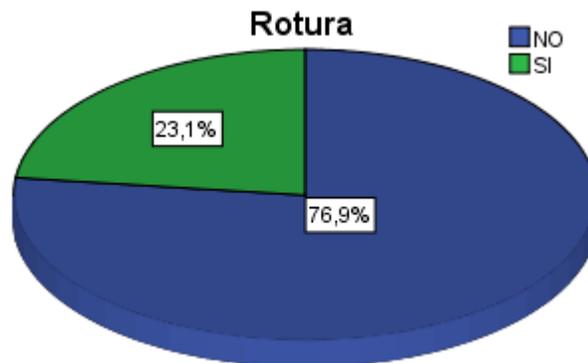


Figura No. 29: Rotura

e. REMORDIDO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	11	84,6	84,6	84,6
	SI	2	15,4	15,4	100,0
Total		13	100,0	100,0	

Tabla No. 19: Remordido

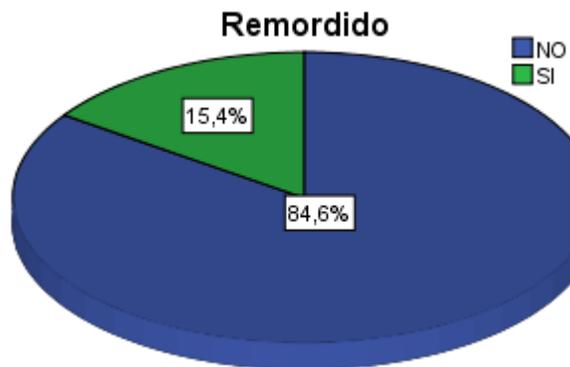


Figura No. 30: Remordido

f. RAYADURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
Total		13	100,0	100,0	

Tabla No. 20:Rayadura

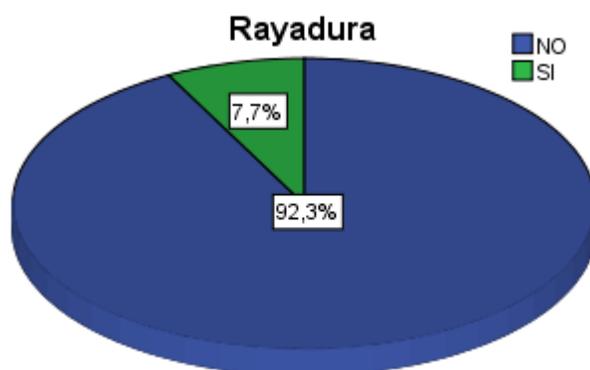


Figura No. 31: Rayadura

g. SE PEGA AL BRAZO EL COJINETE

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	12	92,3	92,3	92,3
SI	1	7,7	7,7	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 21: Se pega al brazo el cojinete

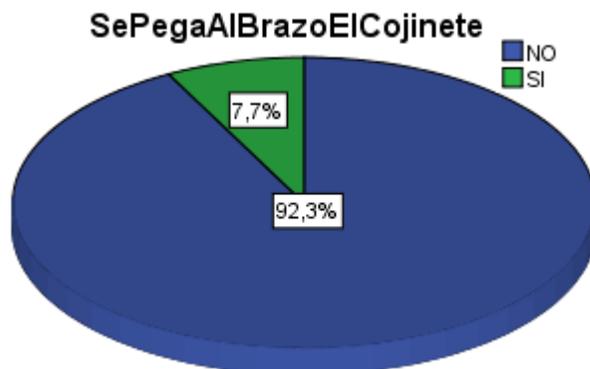


Figura No. 32: Se pega al brazo el cojinete

h. DESALINEAMIENTO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
Total		13	100,0	100,0	

Tabla No. 22:Desalineamiento

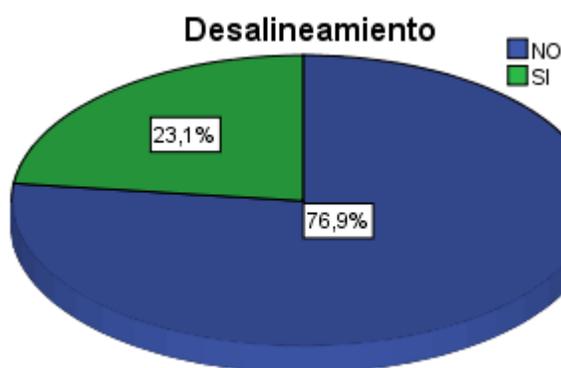


Figura No. 33:Desalineamiento

i. FUNDICIÓN BIELA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
Total		13	100,0	100,0	

Tabla No. 23: Fundición biela



Figura No. 34: Fundición biela

j. JUEGO EN LAS CHAQUETAS

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	12	92,3	92,3	92,3
SI	1	7,7	7,7	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 24: Juego en las Chaquetas



Figura No. 35: Juego en las Chaquetas

k. SE DA LA VUELTA LAS CHAQUETAS

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	12	92,3	92,3	92,3
SI	1	7,7	7,7	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 25: Se da vuelta las chaquetas

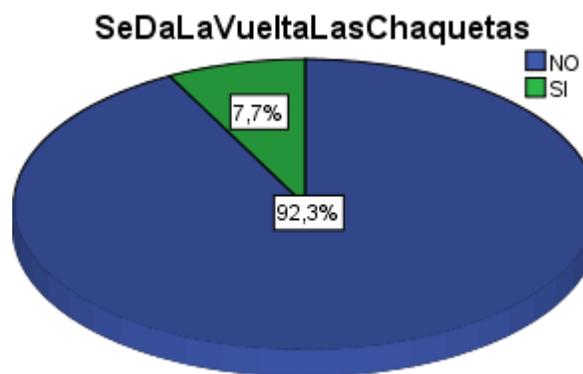


Figura No. 36: Se da vuelta las chaquetas

2.2.3 DELIMITACIÓN DE LA FALLA A ANALIZAR EN LA BIELA DEL MOTOR OPEL CORSA 1600 CC.

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Desalineamiento	3	11,5	11,5	11,5
Desgaste	2	7,7	7,7	19,2
Fundición biela	1	3,8	3,8	23,1
Juego en las chaquetas	1	3,8	3,8	26,9
Rayadura	1	3,8	3,8	30,8
Recalentamiento	3	11,5	11,5	42,3
Remordido	2	7,7	7,7	50,0
Rotura	3	11,5	11,5	61,5
Se da la vuelta las chaquetas	1	3,8	3,8	65,4
Se pega el cojinete al brazo	1	3,8	3,8	69,2
Torcedura	8	30,8	30,8	100,0
Total	26	100,0	100,0	

Tabla No. 26: Delimitación de las fallas a analizar en las bielas

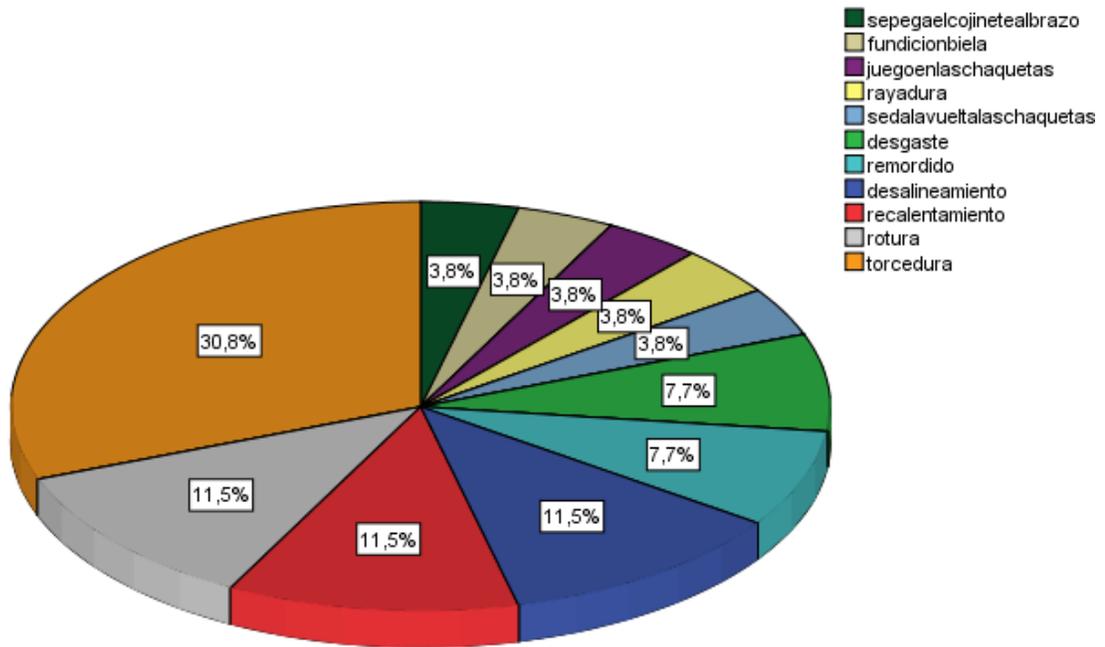


Figura No. 37: Porcentaje de fallas a analizar

Una vez completados los análisis estadísticos de las fallas que se presentan en la biela se puede decir que la falla más común que será analizada mediante el uso de herramientas computacionales es:

- Torcedura

2.3 FALLAS PRESENTADAS EN EL CIGUEÑAL DEL MOTOR OPEL CORSA CUATRO EN LÍNEA 1600CC.

2.3.1 DATOS REALES OBTENIDOS EN LA ENCUESTA

Razón social del taller	Ubicación del taller	Fallas más comunes en el cigüeñal	Por qué se han producido estas fallas en el cigüeñal	Frecuencia con se repite las fallas en el cigüeñal
RODRIMOTOR	Av. Cotopaxi y Tanicuchi	<ul style="list-style-type: none"> Torcedura Ruptura 	<ul style="list-style-type: none"> Sobre carga Lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> Poco frecuente 30% al año
Mecánica automotriz DON NASA	Av. Cotopaxi y las Pampas #262	<ul style="list-style-type: none"> Se gira la chaqueta Se rompe el muñón 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de lubricación contramarcha 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
ABRAHAM AGAMA	Av. Cotopaxi y las Pampas	<ul style="list-style-type: none"> Se rompe 	<ul style="list-style-type: none"> Contramarcha 	<ul style="list-style-type: none"> Frecuentemente
HINO MOTORS	Av. Cotopaxi y Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> gasto de chaquetas se rompe el cigüeñal 	<ul style="list-style-type: none"> falta de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> frecuente 2 veces al mes
RECTIFICADORA COTOPAXI	Frente a la estación de tren	<ul style="list-style-type: none"> desgaste rayadura torcedura 	<ul style="list-style-type: none"> trabajo normal falta de mantenimiento sobrecalentamiento 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente
TALLERES ATM	Cesar Dávila y Jorge carrera	<ul style="list-style-type: none"> rayadura desgate 	<ul style="list-style-type: none"> mala lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
AGRIMOTOR	Av. Unidad nacional barrio nintinacaso	<ul style="list-style-type: none"> Desalineamiento Rotura 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de lubricación contramarcha 	<ul style="list-style-type: none"> falta de mantenimiento
AUTOTRONIC	Av. Unidad nacional y Gabrielamistral	<ul style="list-style-type: none"> desgaste rayadura 	<ul style="list-style-type: none"> por carbonilla mala calidad del filtro de aire y de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> cada reparación
AUTOMOTRIZ JUNIOR	Av. Unidad nacional	<ul style="list-style-type: none"> rayadura 	<ul style="list-style-type: none"> por falta de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente
CENTRO AUTOMOTRIZ	Av. Unidad nacional y los cipreses	<ul style="list-style-type: none"> recalentamiento se rompe el Carter 	<ul style="list-style-type: none"> falta de lubricación golpes 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente
TALLER AUTOMOTRIZ AUTOLAT	Av. Nacional y primero de abril	<ul style="list-style-type: none"> se da vuelta las chaquetas recalentamiento 	<ul style="list-style-type: none"> falta de aceite fugas de agua 	<ul style="list-style-type: none"> poco frecuente 2 de 10 vehículos
TALLERES BERMEO	El Niágara km. 10 y 1/2	<ul style="list-style-type: none"> se dañan los laterales se parte sobrecalentamiento 	<ul style="list-style-type: none"> embrague mucho tiempo aplastado mal sincronizado falta de lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> frecuentemente depende del manejo y mantenimiento
ASSA	Pana Sur Km. 2	<ul style="list-style-type: none"> rayadura torcedura 	<ul style="list-style-type: none"> falta de lubricación en muñones banda de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> cada que se repara el motor

Tabla No. 27: Datos obtenidos en la encuesta sobre fallas en cigüeñales

2.3.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LAS FALLAS PRESENTADAS EN EL CIGUEÑAL

Los datos recogidos fueron analizados estadísticamente utilizando como variable la frecuencia con que se repetían las fallas en los talleres.

Tomando como referencia dos variables el SI para todos los talleres donde se presentaba la falla y el NO para todos los talleres donde no existía dicha falla.

a. TORCEDURA

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos NO	10	76,9	76,9	76,9
SI	3	23,1	23,1	100,0
Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 28: Torcedura

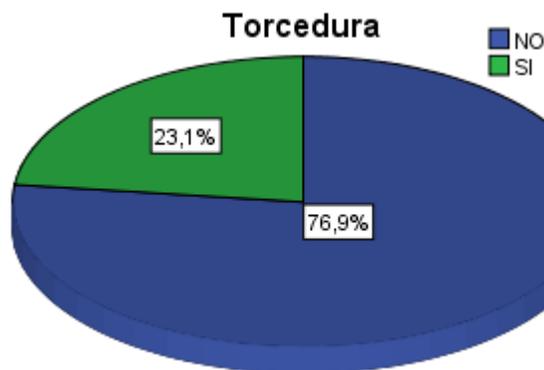


Figura No. 38: Torcedura

b. FRACTURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	6	46,2	46,2	46,2
	SI	7	53,8	53,8	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 29: Fractura

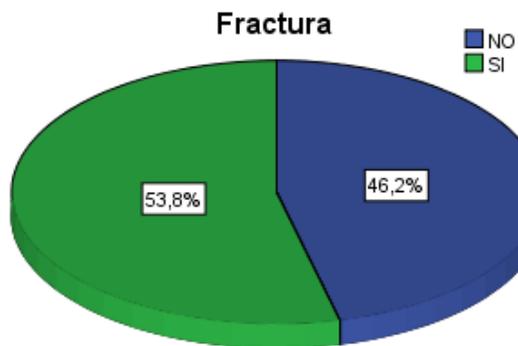


Figura No. 39: Fractura

c. SE GIRA LA CHAQUETA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	11	84,6	84,6	84,6
	SI	2	15,4	15,4	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 30: Se gira la Chaqueta

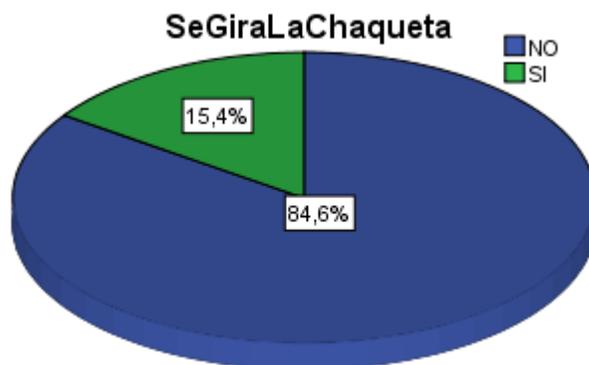


Figura No. 40: Se gira la Chaqueta

d. DESGASTE

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	9	69,2	69,2	69,2
	SI	4	30,8	30,8	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 31: Desgaste

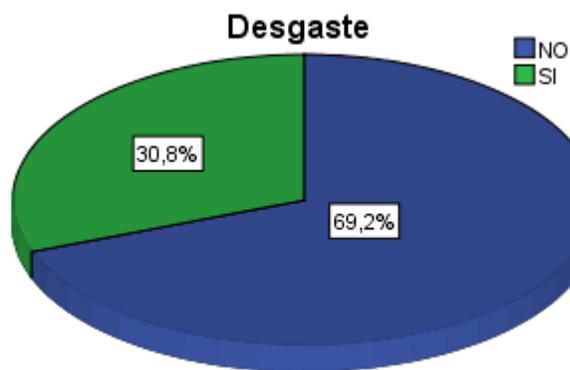


Figura No. 41: Desgaste

e. RAYADURA

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	8	61,5	61,5	61,5
	SI	5	38,5	38,5	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 32:Rayadura

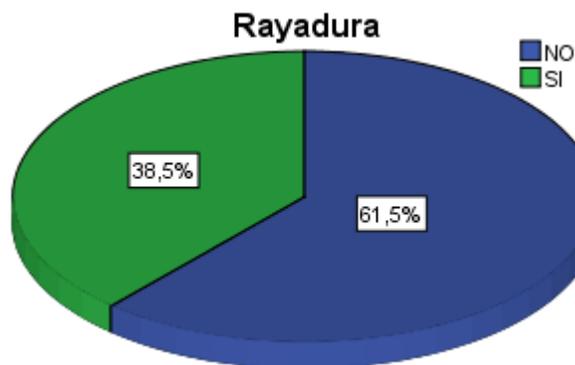


Figura No. 42:Rayadura

f. DESALINEAMIENTO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	12	92,3	92,3	92,3
	SI	1	7,7	7,7	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 33:Desalineamiento



Figura No. 43:Desalineamiento

g. RECALENTAMIENTO

Variables		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	NO	10	76,9	76,9	76,9
	SI	3	23,1	23,1	100,0
	Total	13	100,0	100,0	

Tabla No. 34: Recalentamiento



Figura No. 44: Recalentamiento

2.3.3 DELIMITACIÓN DE LA FALLA A ANALIZAR EN EL CIGUEÑAL DEL MOTOR OPEL CORSA 1600 CC.

Variables	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Desalineamiento	1	4,0	4,0	4,0
Desgaste	4	16,0	16,0	20,0
Rayadura	5	20,0	20,0	40,0
Recalentamiento	3	12,0	12,0	52,0
Fractura	7	28,0	28,0	80,0
Se gira la chaqueta	2	8,0	8,0	88,0
Torcedura	3	12,0	12,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Tabla No. 35: Delimitación de las fallas a analizar en los cigüeñales

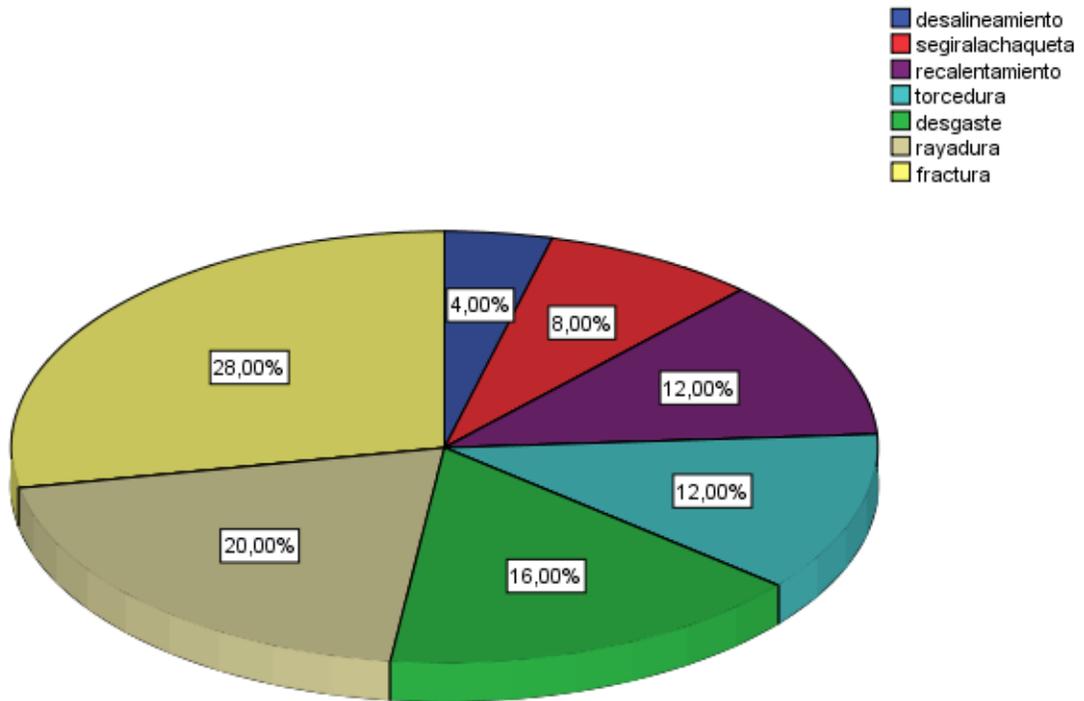


Figura No. 45: Porcentaje de fallas a analizar

Una vez completados los análisis estadísticos de las fallas que se presentan en el cigüeñal se puede decir que la falla más común que será analizada mediante el uso de herramientas computacionales es:

- Fractura

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE ESFUERZOS

3.1 CÁLCULOS EN EL CICLO DE EXPLOSIÓN

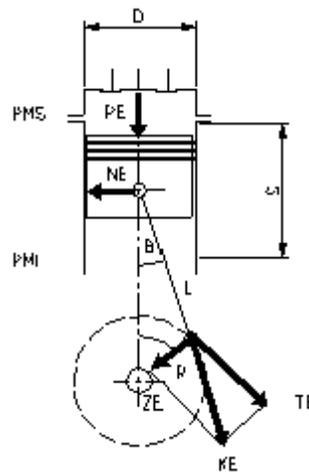


Figura No. 46: Fuerzas que Actúan en el Tren Alternativo

3.1.1 OPEL - CORSA 1600

a. Datos del Automóvil

Diámetro del Pistón = 7,9 cm

Carrera = 8,15 cm

Cilindrada = 1600 cm³

Relación de compresión = 10,5:1(adimensional)

b. Cilindrada unitaria

$$V_h = \frac{\pi \phi^2 S}{4} \quad \text{Ec.1}$$

V_h = Cilindrada unitaria (cm³)

ϕ = Diámetro del pistón (cm)

S = Carrera del pistón (cm)

Remplazando los datos tenemos:

$$V_h = \frac{\pi(7.9\text{cm})^2(8.15\text{cm})}{4} = 399.486 \text{ cm}^3$$

c. Cilindrada total

$$V_H = 4V_h \quad \text{Ec.2}$$

V_H = Cilindrada total del vehículo (cm³)

Remplazando los datos tenemos:

$$V_H = 4(399.486 \text{ cm}^3)$$

$$V_H = 1597.944 \text{ cm}^3$$

d. Volumen de la cámara

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} \quad \text{Ec.3}$$

V_c = Volumen de la cámara (cm³)

ε = Relación de compresión (Adimensional)

Remplazando los datos tenemos:

$$V_c = \frac{399.486\text{cm}^3}{10.5-1}$$

$$V_c = 42.05 \text{ cm}^3$$

e. Volumen total De Los Cilindros

$$V_a = V_c + V_h \quad \text{Ec.4}$$

V_a = Volumen total de los cilindros (cm³)

Remplazando los datos tenemos:

$$V_a = 42,05 \text{ cm}^3 + 399,486 \text{ cm}^3$$

$$V_a = 441,537 \text{ cm}^3$$

f. Área Del Pistón

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad \text{Ec.5}$$

$$A = \frac{\pi (7,9 \text{ cm})^2}{4}$$

$$A = 49,016 \text{ cm}^2$$

g. Presión De Admisión

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) \frac{\omega a d^2}{2} \rho_o \cdot 10^{-6} \quad \text{Ec.6}$$

Siendo:

P_a = Presión de admisión (MPa)

P_o = Presión inicial (Pa)

β = Coeficiente de amortiguación de la velocidad de la carga en la sección examinada del cilindro (adimensional)

ξ = El coeficiente de resistencia del sistema de admisión referida a su sección más estrecha (adimensional)

$\omega a d$ = la velocidad del aire en la entrada del sistema de admisión (m/s)

ρ_o = Densidad de la carga de Admisión (kg/m³)

¹ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR. Moscú. p.638

Siendo:

- $P_o=103120$ (Pa) correspondiendo el peso del aire sobre unidad de superficie a nivel del mar.
- La densidad de la carga en la admisión está determinada por $\rho_o = \frac{P_o}{RT_o}$
 T_o = es la temperatura inicial la cuál es 285°k . Asumida según condiciones de altura a 2785m sobre el nivel del mar.

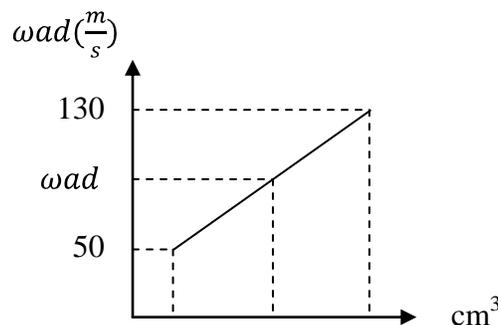
$$R = \text{constante universal de los gases} = 286,9 \frac{\text{N.m}}{\text{Kg.}^\circ\text{k}}$$

Remplazando datos se tiene:

$$\rho_o = \frac{103120 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}{286,9 \frac{\text{N.m}}{\text{Kg.}^\circ\text{k}} (285^\circ\text{k})}$$

$$\rho_o = 1,261 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Según datos experimentales obtenidos al investigar motores de automóviles, para la apertura completa de la válvula en el régimen nominal, la velocidad de movimiento de la carga en la sección de paso es $\omega_{ad} = 50 \dots 130 \text{ m/s}^2$, determinados desde cilindradas de 1000 a 3000 cm^3 con lo cual procedemos a la realización de una Interpolación a 1600 cm^3 correspondiente a la cilindrada del vehículo.



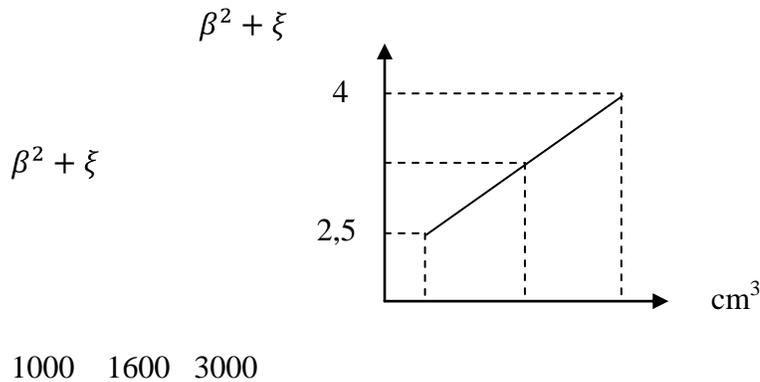
1000 1600 3000

² M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR. Moscú. p.89

$$\omega_{ad} = 130 + (1600-3000) \frac{(50-130)}{(1000-3000)}$$

$$\omega_{ad} = 74 \text{ (m/s)}$$

- “Según datos experimentales obtenidos al investigar motores de automóviles, para la apertura completa de la válvula en el régimen nominal, la velocidad de movimiento de la carga en la sección de paso es $\beta^2 + \xi = 2,5 \dots 4$ ”,³ determinados desde cilindradas de 1000 a 3000 cm³ con lo cual procedemos a la realización de una Interpolación a 1600cm³ correspondiente a la cilindrada del vehículo.



$$\beta^2 + \xi = 4 + (1600-3000) \frac{(2,5-4)}{(1000-3000)}$$

$$\beta^2 + \xi = 2,95$$

Remplazando todos los datos en la ecuación 6 se tiene:

$$P_a = 103120 \left[\frac{kg \cdot m}{s^2 \cdot m^2} \right] - (2,95) \frac{\left[\frac{74 \cdot m}{s} \right]^2}{2} \cdot 1,261 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 10^{-6}$$

$$P_a = 0,10312 \text{ MPa}$$

³ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR. Moscú. p.89

h. Temperatura En Admisión

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + Y_r T_r}{1 + Y_r} \quad 4 \qquad \text{Ec.7}$$

En donde:

T_a = Temperatura en el ciclo de admisión (°k)

T_o = Temperatura inicial (°k)

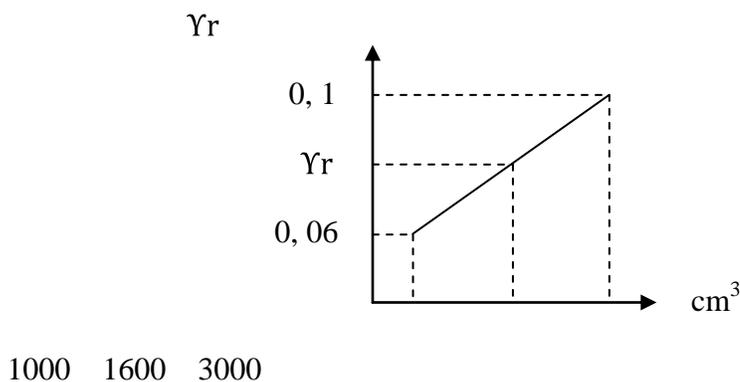
ΔT = Incremento de la temperatura en el proceso del calentamiento de la carga (°C)

Y_r = Coeficiente de gases residuales (adimensional)

T_r = Temperatura de los gases residuales (°k)

Remplazando valores tenemos:

- $T_o = 285^\circ\text{k}$. Asumida según condiciones de altura 2785m sobre el nivel del mar
- $\Delta T = 15^\circ\text{C} = 288^\circ\text{K}^5$
- “En los motores a gasolina, a plena carga $Y_r = 0,06 \dots \dots 0,10^{6,6}$, determinados desde cilindradas de 1000 a 3000 cm^3 con lo cual procedemos a la realización de una Interpolación a 1600 cm^3 correspondiente al cilindraje del vehículo.



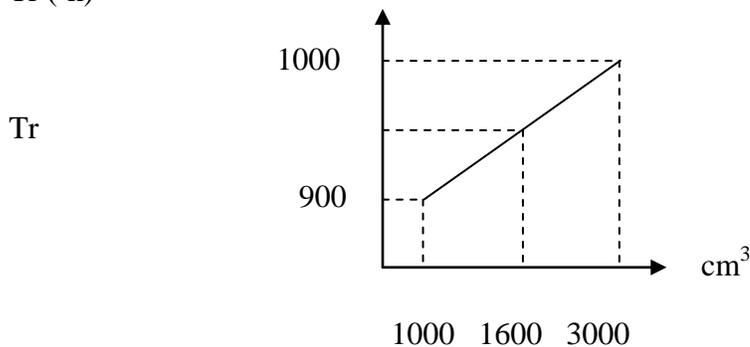
⁴ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.638
⁵ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.pp.91.637
⁶ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.91

$$Y_r = 0,1 + (1600-3000) \frac{(0,06-0,1)}{(1000-3000)}$$

$$Y_r = 0,072 \text{ (m/s)}$$

- “Al calcular el coeficiente Y_r se puede asumir que la temperatura de los gases residuales en los motores a gasolina es $T_r = 900 \dots 1000^\circ\text{K}$ ”,⁷ determinados desde cilindradas de 1000 a 3000 cm^3 con lo cual procedemos a la realización de una Interpolación a 1600 cm^3 correspondiente al cilindraje del vehículo.

T_r ($^\circ\text{k}$)



$$T_r = 1000 + (1600 - 3000) \frac{(900 - 1000)}{(1000 - 3000)}$$

$$T_r = 930 \text{ }^\circ\text{K}$$

Remplazando los datos en la ecuación 7 se tiene:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + Y_r T_r}{1 + Y_r}$$

$$T_a = \frac{285 + 288 + 0,072(930)}{1 + 0,072}$$

$$T_a = 596,977 \text{ }^\circ\text{k}$$

⁷ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR. Moscú. p.91

i. Presión De Compresión

$$P_c = P_a \epsilon^{n_1} \quad \text{Ec.8}$$

En donde:

P_c = Presión en el ciclo de compresión (MPa)

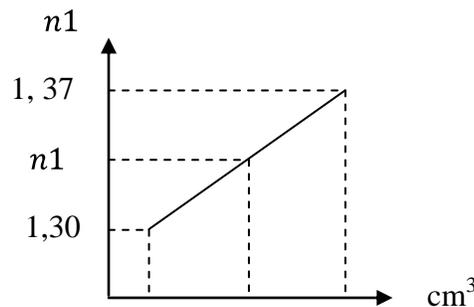
P_a = Presión en el ciclo de admisión (MPa)

n_1 = Exponente politrópico medio de compresión (adimensional)

ϵ = relación de compresión (adimensional)

Tenemos que:

- Exponente politrópico medio de compresión $n_1 = 1,30 \dots 1,37^9$
- Interpolando del coeficiente politrópico se tiene:



1000 1600 3000

$$n_1 = 1,37 + (1600 - 3000) \frac{(1,30 - 1,37)}{(1000 - 3000)}$$

$$n_1 = 1,321$$

Remplazando los datos en la ecuación 8 se tiene:

$$P_c = (0,10312 \text{MPa}) (10,5)^{1,321}$$

$$P_c = 2,30 \text{MPa}$$

⁸ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.638

⁹ M.S. Jójaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.Tabla11.p118

j. Temperatura En Compresión

$$T_c = T_a \epsilon^{n1-1} \quad \text{Ec.9}$$

En donde:

T_c = Temperatura en el ciclo de la compresión (°K)

Así tenemos que:

$$T_c = (596,977^\circ\text{k}) (10,5)^{(0,321)}$$

$$T_c = 1269,87^\circ\text{K}$$

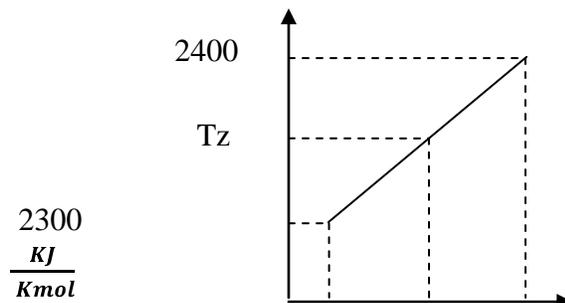
k. Temperatura En Explosión

T_z = Temperatura en el ciclo de la explosión (°K)

μ_z'' = la energía interna de los productos de combustión $\mu_z'' = 68600 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$ ¹¹

- “El valor buscado para la temperatura de combustión, correspondiente al valor de la energía internase encuentra interpolando entre la gama de temperaturas $2300^\circ\text{C} < T_z < 2400^\circ\text{C}$ ”¹²

T_z (°C)



67213 68600 70543

¹⁰ M.S. Jónvaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.638

¹¹ M.S. Jónvaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.639

¹² M.S. Jónvaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.639

$$T_z = 2400 + (68600 - 70543) \frac{(2300 - 2400)}{(67213 - 70543)}$$

$$T_z = 2341, 67^\circ\text{C} (T_z = 2615^\circ\text{K})$$

1. Presión En La Explosión

$$P_z = \mu_r \frac{T_z}{T_c} P_c \quad \text{Ec.10}$$

En donde:

P_z = Presión en la explosión (MPa)

μ_r = Coeficiente real de variación molecular (adimensional)

El Coeficiente real de variación molecular esta dado por $\mu_r = \frac{\mu_o + Y_r}{1 + Y_r}$

Donde: μ_o = es el coeficiente teórico de variación molecular. $\mu_o = 1,08^{14}$ (Adimencional)

Remplazando valores tenemos:

$$\mu_r = \frac{1,08 + 0,072}{1 + 0,072}$$

$$\mu_r = 1,07 \text{(Adimensional)}$$

Por tanto la Presión en el ciclo de explosión es:

$$P_z = 1,072 \left(\frac{2615}{1269,87} \right) (2,30)$$

$$P_z = 5,077 \text{ MPa}$$

¹³ M.S. Jónvaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.640

¹⁴ M.S. Jónvaj. Motores de Automóvil. Editorial MIR.Moscú.p.637

m. Fuerza Producida En La Parte Superior Del Pistón (Fe)

$$F_e = Pz \cdot \text{Área}_{\text{pistón}} \quad \text{Ec.11}$$

En donde:

Fe = Fuerza en la parte superior del pistón (N)

Remplazando todos los datos tenemos:

$$F_e = 5077326,02 \frac{N}{m^2} (0,0049016m^2)$$

$$F_e = 24887,02 \text{ N}$$

3.2. ANÁLISIS EN CONDICIONES DE COLUMNA DE LA BIELA

a. Datos:

- Hierro Fundido 80-55-06
- Modulo de Elasticidad $E = 171,61 \text{ GPa}$
- Resistencia última a la tensión $S_y = 38000 \text{ PSI}$ ¹⁵
- Área de la sección transversal = $1,85 \text{ cm}^2$
- $L = 12,8133 \text{ cm}$ (Longitud Real de la Columna)
- Constante para el cálculo de la columna efectiva atornillada $K=1$ ¹⁶

¹⁵ Ing. Guillermo. Castro. Departamento. Ingeniería. Mecánica. F.I.U.B.A. Fundiciones. PDF. p.6

¹⁶ Robert L Mott. Diseño de Elementos de Máquinas. Segunda Edición. Columnas. p.178

b. Sección Transversal:

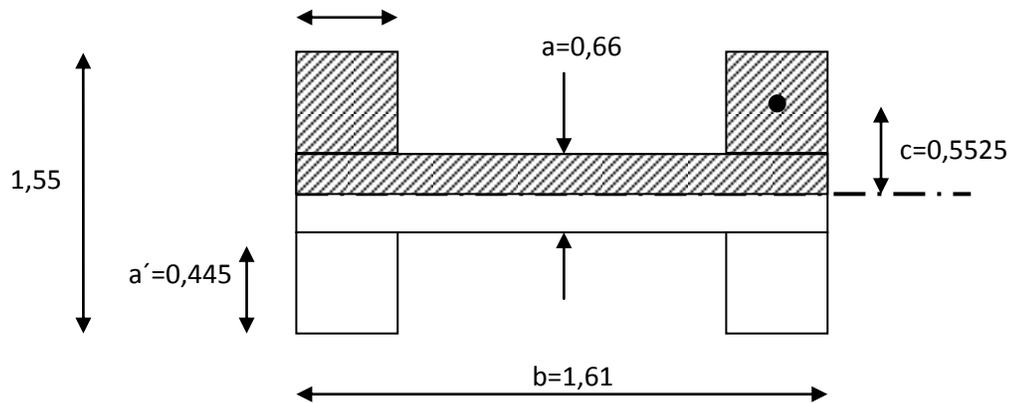


Figura No. 47: Sección Transversal Punto Medio de la Biela Chevrolet Corsa

c. Cálculo de la Inercia:

Teorema de Steiner

$$I = \left[\frac{1}{12} (b)(a)^3 \right] + 4 \left[\frac{1}{12} (b')(a')^3 + (b')(a')(c)^2 \right] \quad \text{Ec.12}$$

En donde:

- $I =$ Inercia (cm^4)
- $b =$ base del rectángulo (cm)
- $a =$ altura del rectángulo (cm)
- $b' =$ base del rectángulo de menor tamaño (cm)
- $a' =$ altura del rectángulo de menor tamaño (cm)
- $c =$ Distancia del eje neutro hacia el centro de gravedad (cm)

Remplazando los datos tenemos:

$$I = \left[\frac{1}{12} (1,61)(0,66)^3 \right] + 4 \left[\frac{1}{12} (0,4412)(0,445)^3 + (0,4412)(0,445)(0,5525)^2 \right]$$

$$I = 0,291cm^4$$

d. Cálculo del Radio de Giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec.13}$$

En donde:

- r = radio de giro (cm)
- I = Inercia (cm^3)
- A = Área de la sección transversal (cm^2)

Remplazando los datos tenemos:

$$r = \sqrt{\frac{0,291cm^4}{1,85cm^2}}$$

$$r = 0,397cm$$

e. Longitud efectiva de la columna

$$Le = KL \quad \text{Ec.14}$$

- Le = Longitud efectiva de la Columna

Remplazando los datos tenemos:

$$Le = (1)(12,8133cm)$$

$$Le = 12,8133 cm$$

f. Constante de la Columna

- $E = 171,61 \text{ GPa}$
- $S_y = 38000 \text{ Psi} = 262 \text{ MPa}$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec.15}$$

- $C_c =$ Constante de la Columna (adimensional)

Reemplazando los datos tenemos:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(171,61 \times 10^9) \text{ Pa}}{262 \times 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$C_c = 113,7$$

g. Analizamos si es columna larga o corta

Si $\frac{KL}{r} > C_c \therefore$ Columna Larga \therefore Utilizamos la Ecuación de Euler.

Si $\frac{KL}{r} < C_c \therefore$ Columna Corta \therefore Utilizamos la Ecuación de J. B. Johnson.

$$\frac{12,8133}{0,397} < 113,7$$

$32,28 < 113,7 \therefore$ Columna Corta \therefore Utilizamos la Ecuación de J. B. Johnson.

h. Ecuación de J.B. Johnson.

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{Ec.16}$$

- $P_{cr} =$ Carga Crítica (N)

Remplazando los datos tenemos:

$$P_{cr} = (0,000185 \text{ m}^2) \left(262 \times 10^6 \frac{N}{\text{m}^2} \right) \left[1 - \frac{\left(262 \times 10^6 \frac{N}{\text{m}^2} \right) (32,28)^2}{4\pi^2 \left(210 \times 10^9 \frac{N}{\text{m}^2} \right)} \right]$$

$$P_{cr} = 46516,84 \text{ N}$$

3.3 ANÁLISIS DE FATIGA

Hay 5 temas comunes de decisión de entrada en la que los resultados dependen de la fatiga. Estas decisiones de fatiga se agrupan en los tipos enumerados a continuación:

- Tipo de análisis de fatiga
- Tipo de carga
- Efectos del esfuerzo medio
- Corrección de esfuerzos multiaxiales
- Factor de Modificación de la fatiga

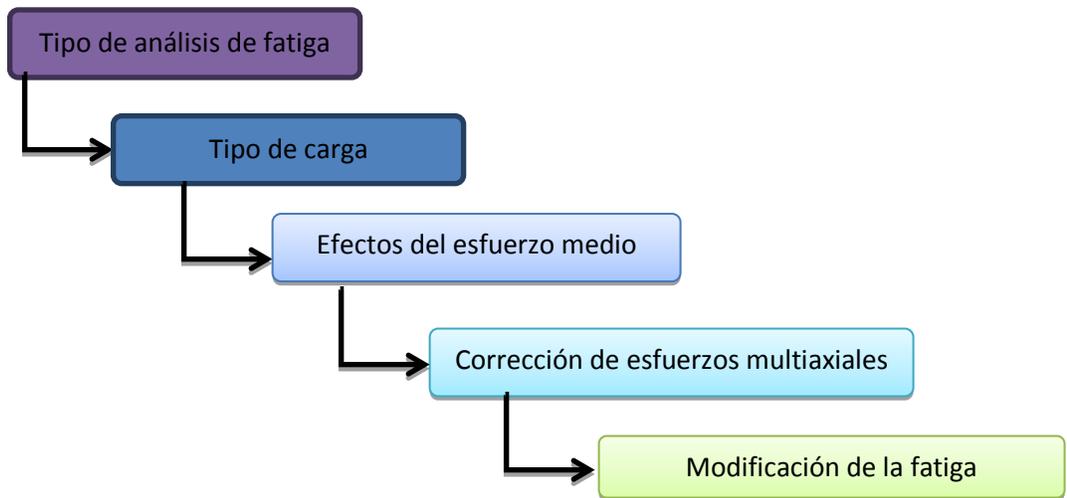


Figura No. 48:Árbol Simplificado Del Análisis De Fatiga

El árbol de decisiones en la figuraNo. 52:muestra el flujo general de la decisión necesaria para llevar a cabo un análisis de fatiga

a. Esfuerzo Vida vs Tensión Vida

Dentro del módulo de la fatiga de ANSYS, la primera decisión que hay que tomar en la realización de un análisis de la fatiga es el tipo de análisis de fatiga para llevar a cabo, esfuerzo vida o la tensión vida. Esfuerzo vida se basa en el empíricas curvas S-N y luego modificado por una variedad de factores. Tensión vida se basa en la ecuación de relación tensión vida, donde los parámetros de tensión vida son los valores de deformación para un material en particular que se adaptan mejor a la ecuación de los resultados medidos. La relación de tensión vida requiere un total de 6 parámetros para definir las propiedades de los materiales de tensión-vida, cuatro parámetros de las propiedades de tensión-vida y dos parámetros cíclicos de tensión-deformación. La ecuación de relación tensión-vida se muestra a continuación:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^b + \varepsilon_f (2N_f)^c$$

Los parámetros de dos cíclicos de tensión-deformación son parte de la ecuación siguiente:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{E} + 2 \left(\frac{\Delta\sigma}{K} \right)^{1/n}$$

Donde:

$\frac{\Delta\varepsilon}{2}$ = Amplitud de deformación total

$\Delta\sigma$ = 2 x amplitud del esfuerzo

E = Modulo de elasticidad

N_f = Numero de ciclos hasta la falla

$2N_f$ = Numero de cambios a la falla

Y los parámetros necesarios para un análisis de tensión vida son los siguientes:

σ_f = Coeficiente de resistencia a la fatiga

B = Exponente de Resistencia a la fatiga (Exponente de Basquin)

ε_f = Coeficiente Ductilidad Fatiga

C = Exponente Ductilidad Fatiga

K = Coeficiente de resistencia cíclica

n = Exponente de endurecimiento por deformación cíclica

Nótese que en la ecuación anterior, la deformación total (elástica + plástico) es la entrada requerida. Sin embargo, ejecutar un análisis FE para determinar la respuesta total puede ser muy costoso e inútil, especialmente si la respuesta nominal de la estructura es elástica. Un enfoque aceptado es asumir una respuesta nominalmente elástica y luego hacer uso de la ecuación de Neuber para relacionarse esfuerzo / tensión.

Para relacionar tensión con esfuerzo utilizamos la Regla de Neuber, que se muestra a continuación:

$$\varepsilon \sigma = K_t^2 e S$$

Donde:

ε = Tensión local (Total)

σ = Esfuerzo local

K_t = Factor de concentración tensión elástica

e = Deformación elástica nominal

S = Esfuerzo elástica nominal

Una vez que la decisión sobre qué tipo de análisis de fatiga se va llevar a cabo, esfuerzo vida o tensión vida, hay 4 otros temas sobre los que los resultados dependen de la fatiga. Las decisiones de entrada que son comunes a ambos tipos de análisis de fatiga se enumeran a continuación:

- Tipo de carga.
- Efectos del esfuerzo medio.
- Corrección de esfuerzos multiaxiales.
- Factor de Modificación de la fatiga.

Dentro de los efectos del esfuerzo medio, las opciones disponibles son muy diferentes. En las siguientes secciones, vamos a explorar todas estas decisiones adicionales. Estos árboles de decisión de entrada tanto para el esfuerzo vida como para la tensión vida son indicadas en la figuras 4.4 y 4.5

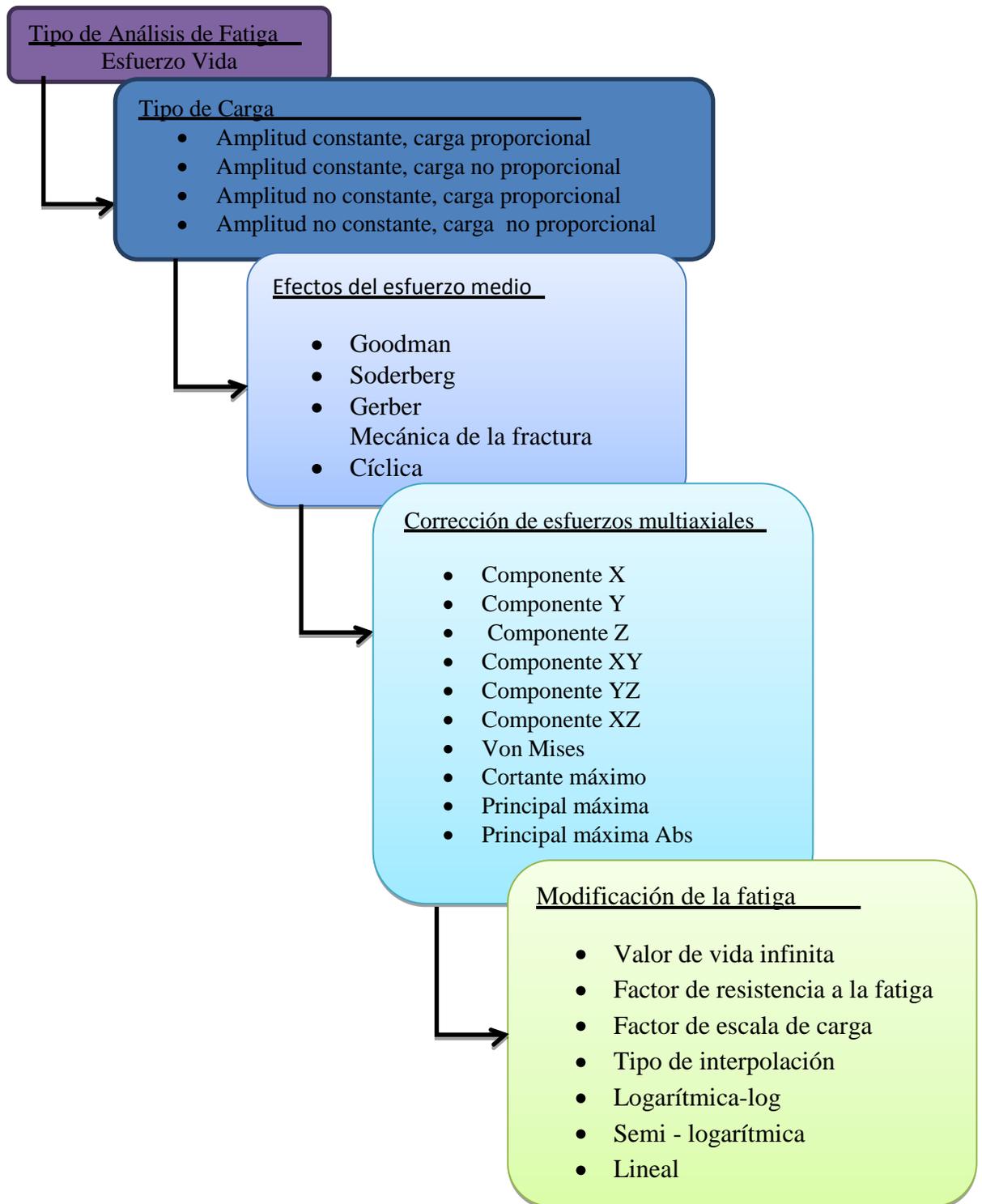


Figura No. 49: Árbol De Decisión De Esfuerzo Vida

Como se puede observar en el árbol de decisión de esfuerzo vida, tenemos que hacer cuatro decisiones de entrada para llevar a cabo un análisis de esfuerzo vida. Estas decisiones afectan a los resultados del análisis de la fatiga tanto en la predicción vida y los tipos de post-procesamiento disponible.

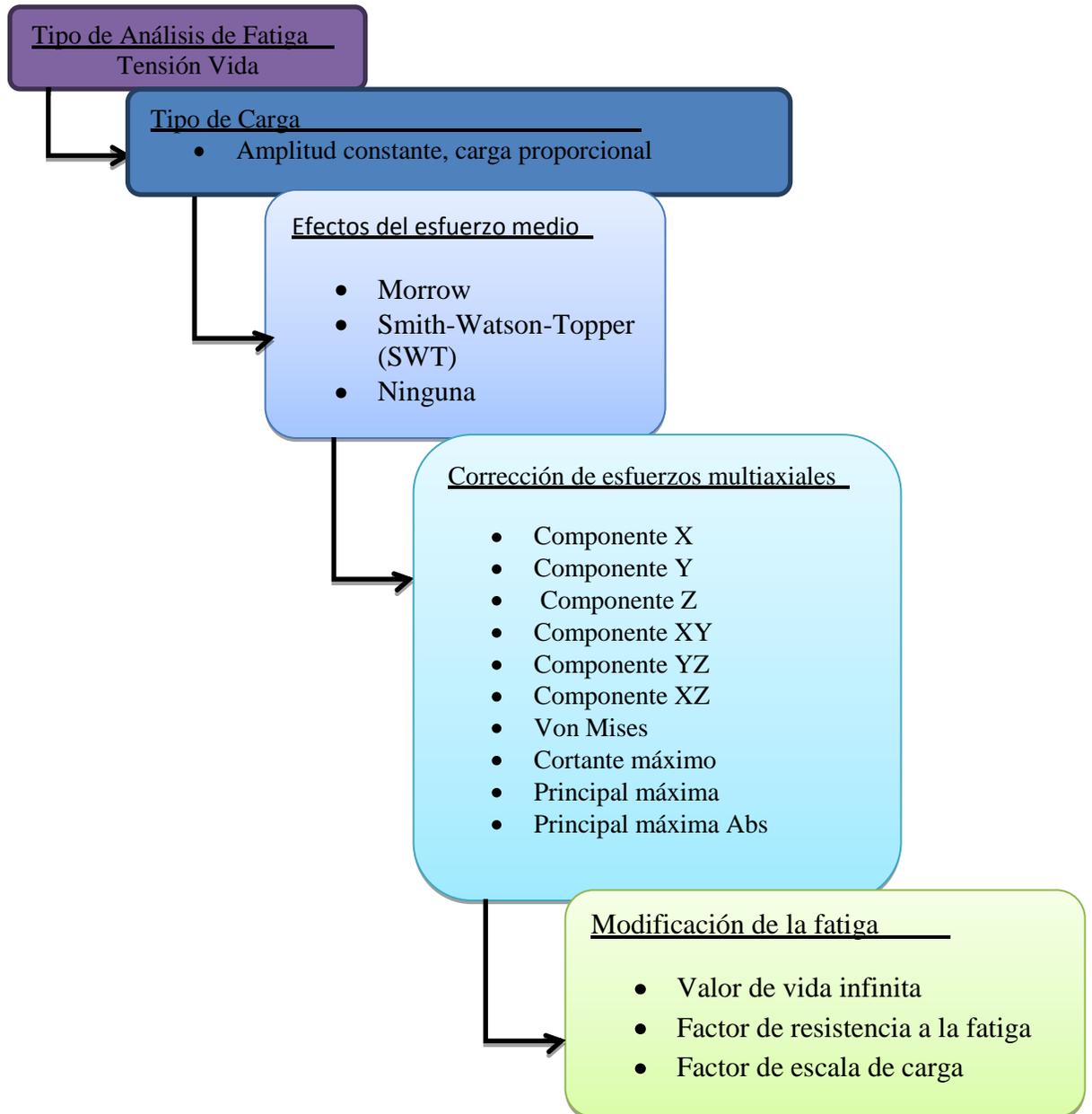


Figura No. 50: Árbol De Decisión De Esfuerzo Vida

Muy similar al árbol de decisión de esfuerzo vida, podemos ver que también tenemos que tomar cuatro decisiones de entrada para llevar a cabo un análisis de fatiga de tensión vida. Estas decisiones afectan a los resultados del análisis de la fatiga tanto en la vida predice y los tipos de post-procesamiento disponible.

CAPITULO 4

4. MODELIZACION Y ANALISIS ASISTIDO POR COMPUTADORA

4.1 MODELIZACION DE ELEMENTOS MECANICOS ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD).

Para el proceso de modelado del tren alternativo se utilizara un programa computacional llamado AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.

4.1.1 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR

El diseño asistido por computadora, abreviado por las siglas inglesas CAD (ComputerAidedDesing), se trata básicamente de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometría alámbrica, esto es, puntos, líneas, arcos, splines; superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto y un conjunto de ellos.

La base de datos asocia a cada identidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica.

De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica.

4.1.2 ASISTENCIA DEL SOFTWARE INVENTOR

Autodesk Inventor Professional 2012 es fácil de aprender y utilizar, constituye una gama flexible de herramientas para diseño mecánico 3D, productividad de CAD,

comunicación de diseños, simulación de productos, sistemas enrutados y diseño de moldes. Inventor le permite integrar los dibujos 2D de AutoCAD y los datos 3D en un modelo digital único, para crear una representación virtual del producto con la que validar la forma, el ajuste y la función del producto antes de fabricar.

El FEM divide el modelo en numerosas piezas pequeñas de formas simples llamadas elementos, que remplazan eficazmente un problema complejo por muchos problemas simples que deben ser resueltos de manera simultánea.

4.1.3 PROCEDIMIENTO DE LA MODELIZACIÓN

a. BOCETO DE LAS PIEZAS

Para comenzar a crear un boceto se hace clic en **crear boceto** de la barra de herramientas como se muestra en la siguiente gráfica.

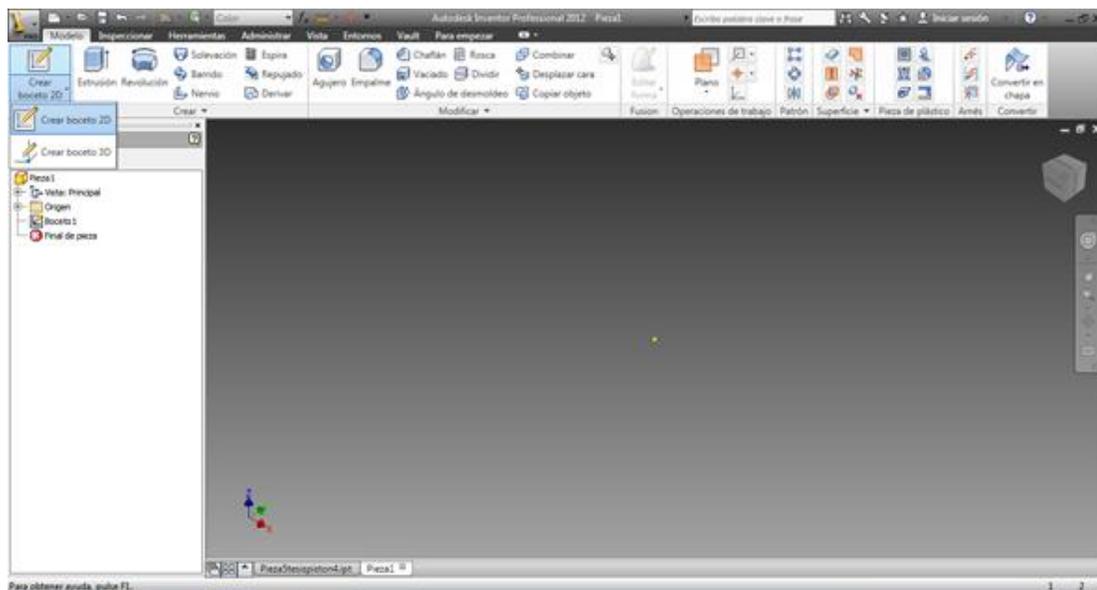


Figura No. 51: Boceto

A continuación se procede a dibujar con el comando **línea** teniendo presente que solo se tiene que dibujar con una distancia aproximada, ya que luego se puede modificar dicho valor con el comando **cota**

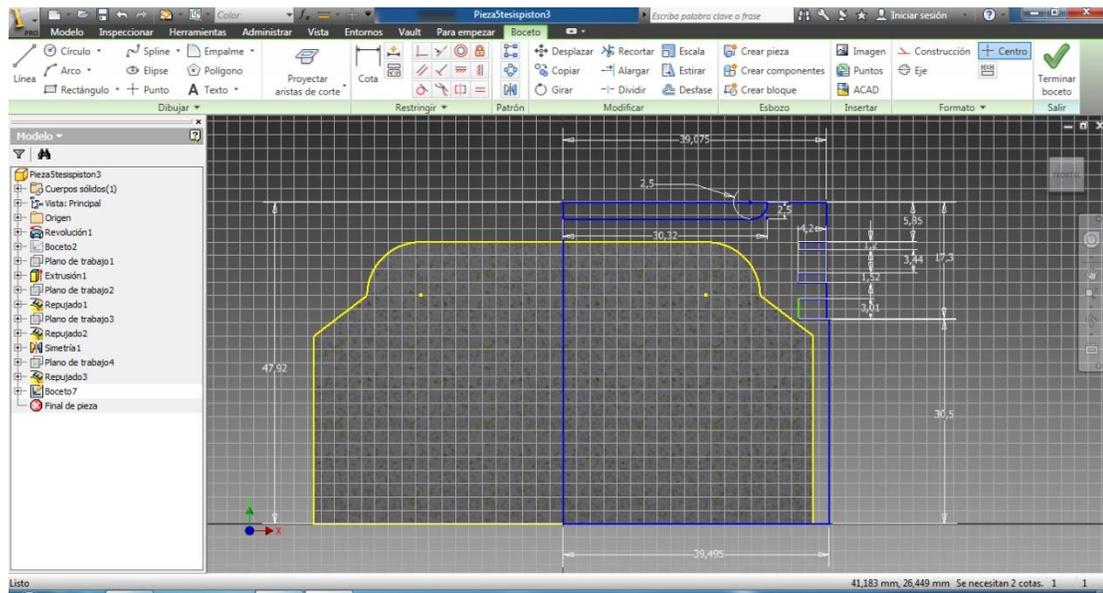


Figura No. 52: Boceto en construcción del pistón

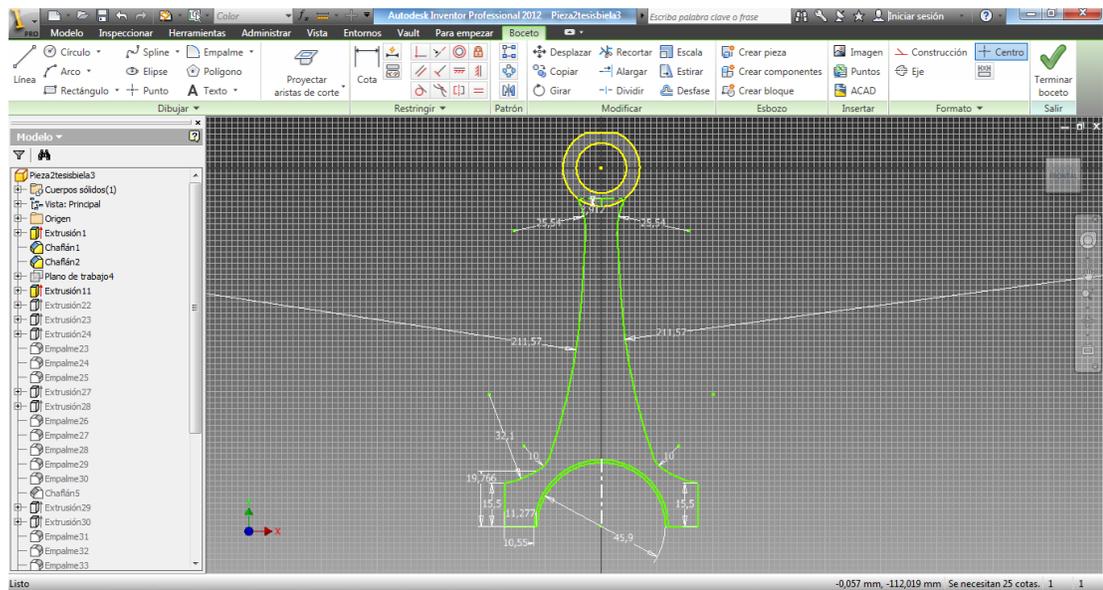


Figura No. 53: Boceto en construcción de la Biela

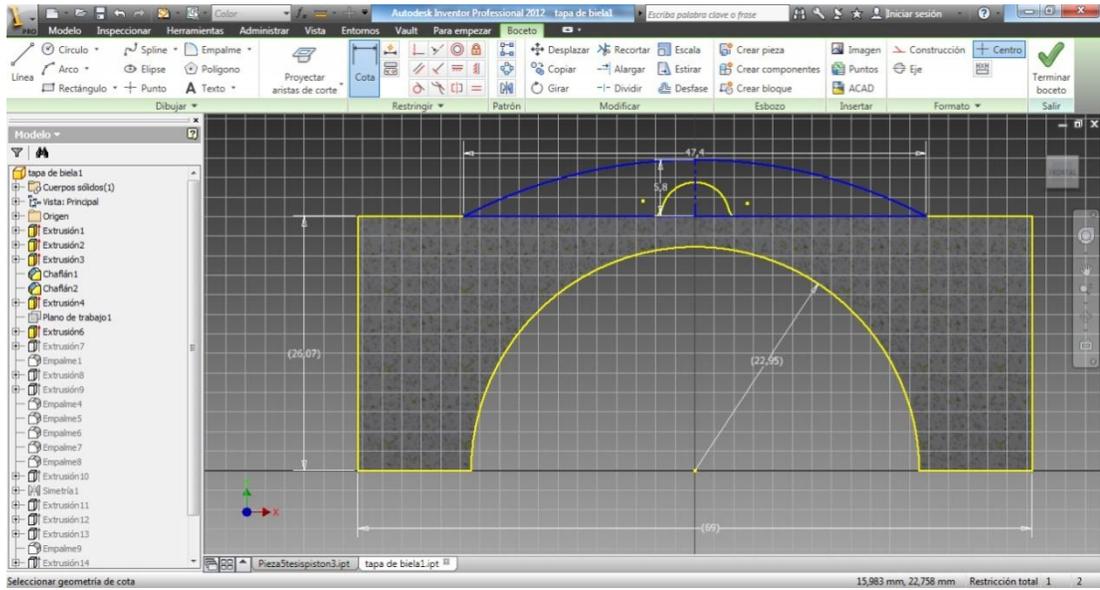


Figura No. 54: Boceto en construcción de la Tapa de Biela

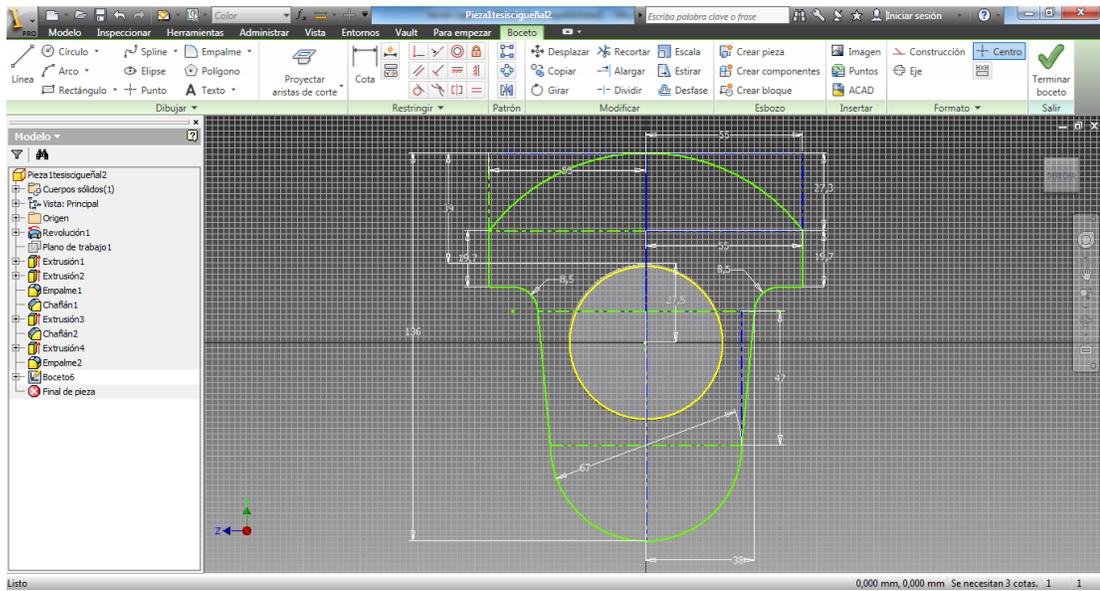


Figura No. 55: Boceto en construcción del Cigüeñal

Nótese en las figuras anteriores el avance del boceto habiendo utilizado todas las herramientas y a llegando a obtener un diseño geométrico con medidas de longitud reales.

Después de realizar operaciones como extrusiones, chaflanes, revoluciones, empalmes, etc., obtenemos el modelado de las piezas.

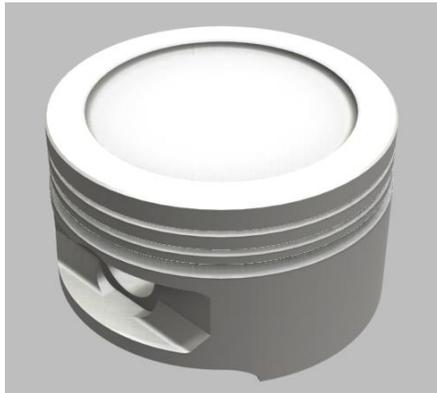


Figura No. 56: pistón terminado

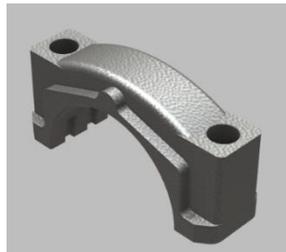


Figura No. 57: tapa de biela terminada



Figura No. 58: biela terminada

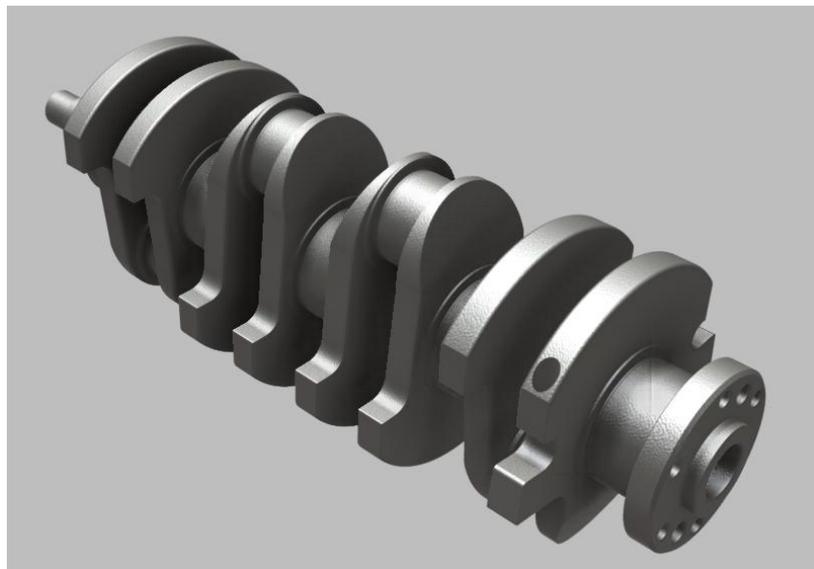


Figura No. 59: cigüeñal terminado

4.2 EL ANÁLISIS COMPUTACIONAL ASISTIDO (CAE)

4.2.1 ANALISIS ASISTIDO POR COMPUTADOR

Se basa en el uso de un software computacional para simular desempeño y así apoyar a la resolución de problemas de ingeniería. Lo que incluye simulación, validación y optimización de procesos y herramientas de manufactura.

Un proceso típico de CAE es la fase de pre-procesado donde se modelan la geometría y las propiedades físicas del diseño, así como el ambiente en forma de cargas y restricciones aplicadas. En la fase de post-procesado, los resultados se presentan para su revisión.

Las aplicaciones CAE que se utilizarán son:

- Análisis de estática y dinámica de componentes y ensambles utilizando el análisis de elementos finitos (FEA)
- Simulación mecánica de eventos

4.2.2 DESCRIPCION DE LA INTERFAZ DE WORKBECH

La interfaz Workbench proporciona potentes métodos para interactuar con la familia de ANSYS. Este entorno ofrece una integración única con sistemas de CAD, y su proceso de diseño.

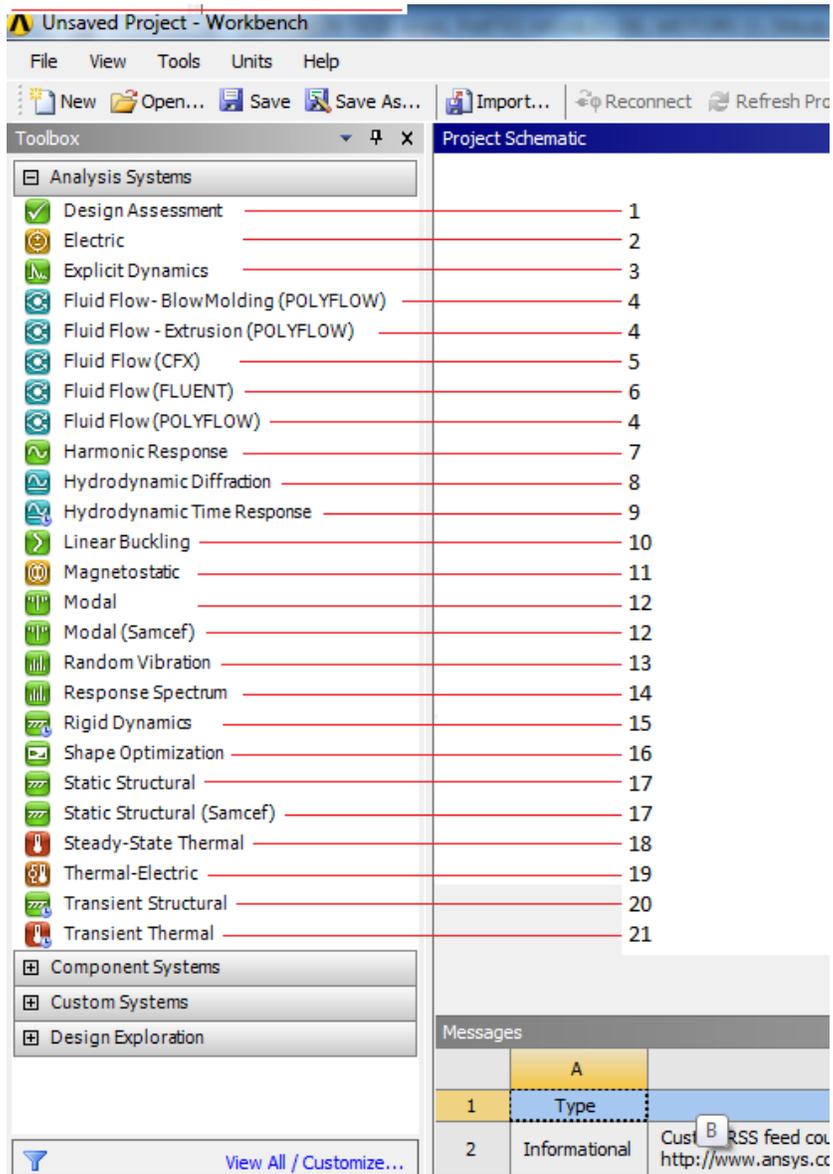


Figura No. 60: Aplicaciones Workbench

ANSYS Workbench está compuesto de varias aplicaciones:

- 1. Designassessment**(evaluación del diseño) Permite la administración de combinaciones de carga y personalizado de post-procesamiento, junto con la capacidad opcional para evaluar aún más los resultados.
- 2. Electric** (eléctrico) Determina el potencial eléctrico en un cuerpo conductor creado por la aplicación externa de carga de tensión o corriente.
- 3. Éxplicit Dynamics** (dinámica explícita) estudia como una estructura responde cuando se somete a cargas severas. Algoritmos basados en los principios básicos, predecir con precisión a respuestas tales como, deformaciones de material grande, y las interacciones de los cuerpos y los fluidos que cambian rápidamente las superficies.
- 4. Fluid Flow-BlowMolding (POLYFLOW)** (flujo de fluidos – moldeado por soplado) **Fluid Flow-POLY FLOW** (flujo de fluidos-POLYFLOW) **Fluid Flow-Extrusion (POLYFLOW)** (flujo de fluidos-extrusión) permiten realizar un análisis del flujo de fluidos compresibles e incompresibles y transferencia de calor en geometrías complejas.
- 5. Fluid Flow-CFX (POLYFLOW)** (flujo de fluidos-CFX) permite realizar un análisis del flujo de fluidos compresibles e incompresibles y transferencia de calor en geometrías complejas.
- 6. Fluid Flow-(FLUENT)** (flujo de fluidos-FLUENT) es igual que Fluid Flow-CFX pero este pide que especifique los modelos computacionales, materiales, condiciones de contorno y parámetros de la solución en un fluido.

7. **Harmonic response** (respuesta armónica) en un sistema estructural cualquier carga cíclica sostenida producirá una respuesta cíclica continua (armónica). Harmonic response se utiliza para determinar la respuesta en estado estacionario de una estructura lineal de carga que varían armónicamente con el tiempo, lo que permite verificar si sus diseños con éxito superan la resonancia, fatiga y otros efectos nocivos del trabajo forzoso
8. **Hydrodynamic Diffraction** (difracción de hidrodinámica) permite el cálculo de las fuerzas de las ondas y los movimientos de la estructura de las ondas regulares o irregulares.
9. **Hydrodynamic Time Response** (tiempo de respuesta - hidrodinámica) permite el cálculo de las fuerzas de las ondas y los movimientos de la estructura de las ondas regulares o irregulares con un tiempo de respuesta determinado.
10. **Linear Buckling** (lineal de pandeo) predice la fuerza teórica de pandeo de una estructura elástica lineal.
11. **Magnetostatic** (magnetostática) Los campos magnéticos pueden resistir como resultado de una corriente o un imán permanente magnetostatic puede realizar en 3D el análisis estático del campo magnético. Se puede modelar diferentes regiones físicas como el hierro, el aire, los imanes permanentes.
12. **Modal y Modal (SAMCEF)** (modal y modal) determina las características de vibración de una estructura o componente de una máquina. Puede servir como punto de partida para otros tipos de análisis mediante la detección de cuerpos sin restricciones en un análisis de contacto.

- 13. RandomVibration** (Vibración aleatoria) permite determinar las respuestas de las estructuras a las cargas de vibración que son al azar en la naturaleza.
- 14. Response Spectrum** (espectro de respuesta) un análisis de espectro de respuesta tiene similitudes con un análisis de las vibraciones aleatorias, sin embargo su diferencia es que un análisis de spectrum da respuestas deterministas máximas.
- 15. Rigid Dynamics** (dinámica rígida) determina la fuerza dinámica de un conjunto de cuerpo rígidos unidos por articulaciones y resortes.
- 16. ShapeOptimization** (optimización de la forma) encuentra el mejor uso del material para el cuerpo. Generalmente, esto implica la optimización de la distribución de material para que la estructura tenga la máxima rigidez para un conjunto de cargas.
- 17. StaticStructural y StaticStructural (SAMCEF)** (estática estructural y estática estructural (SANCEF)) determina los desplazamientos, tensiones, deformaciones y las fuerzas en estructuras o componentes causadas por las cargas que no inducen la inercia considerable y los efectos amortiguación.
- 18. Steady-StateThermal** (el estado de equilibrio térmico) un análisis térmico en estado estacionario determina las temperaturas, gradientes térmicos, las tasas de flujo de calor y los flujos de calor en un objeto que son causadas por cargas térmicas que no varían con el tiempo.
- 19. Thermal-electric** (termoeléctricas) el análisis termoeléctrico de conducción permite una solución simultánea de los campos térmicos y eléctricos.

20. TransientStructural (transitoria estructural) se puede utilizar para determinar los desplazamientos variables en el tiempo, las tensiones y fuerzas en una estructura que responde a todas las cargas transitorias.

21. TransientThermal (transitorios térmicos) determina las temperaturas y otras cantidades térmicas que varían con el tiempo.

4.3 MODULOS DE CÁLCULO A UTILIZAR EN EL PROYECTO.

4.3.1 CARACTERÍSTICAS E INFORMACIÓN TRANSIENT STRUCTURAL.

El análisis estructural transitorio proporciona la capacidad de determinar la respuesta dinámica del sistema bajo cualquier tipo de tiempo o cargas variables.

A diferencia de los análisis estáticos, los cuerpos pueden ser rígidos o flexibles.

Para los cuerpos flexibles, se pueden incluir materiales no lineales para emitir el cálculo de estrés y tensiones.

Este tipo de análisis son necesarios para evaluar la respuesta de los cuerpos al momento de la deformación, cuando los efectos inerciales llegan a ser significativos.

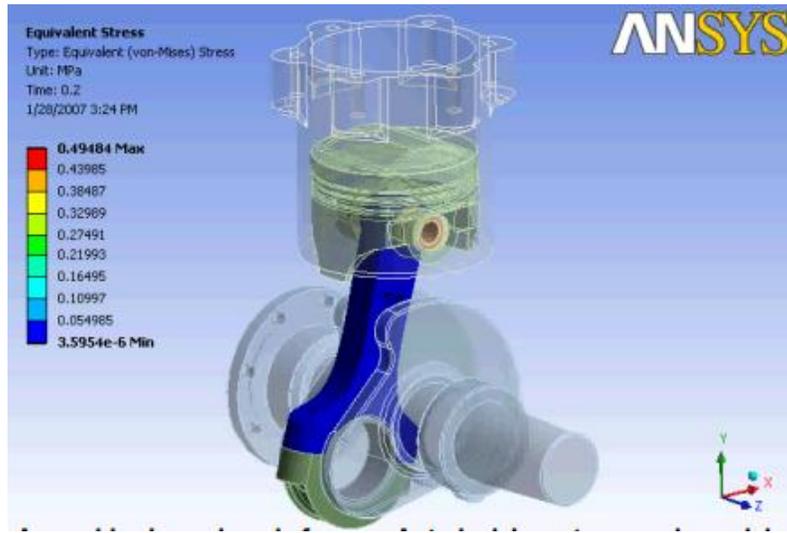


Figura No.61: Aplicación TransientStructural en un Motor de 1 cilindro

4.4 ENSAMBLADO DEL TREN ALTERNATIVO EN TRANSIENT ESTRUCTURAL.

Después de abrir el modelado hecho en inventor professional 2012 con el modulo de TransientStructural procedemos a ensamblar el tren alternativo en mechanical

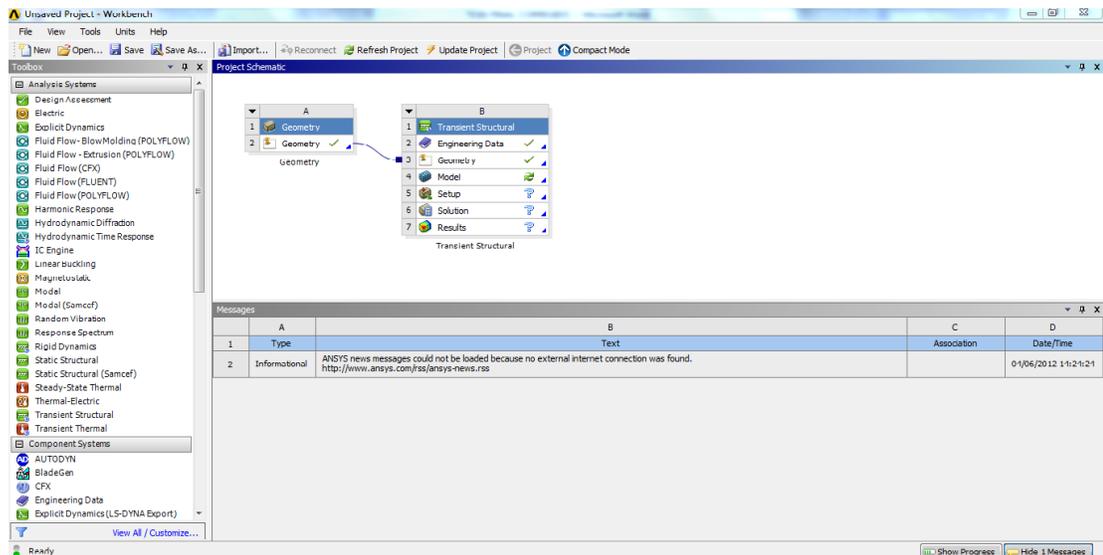


Figura No. 62: Primer paso del ensamble

En la ventana de mechanical en la parte superior izquierda se encuentra la ventana de outline, aquí abrir la pestaña de connections con el botón derecho del mouse y escoger la opción insert>conecctiongroup.

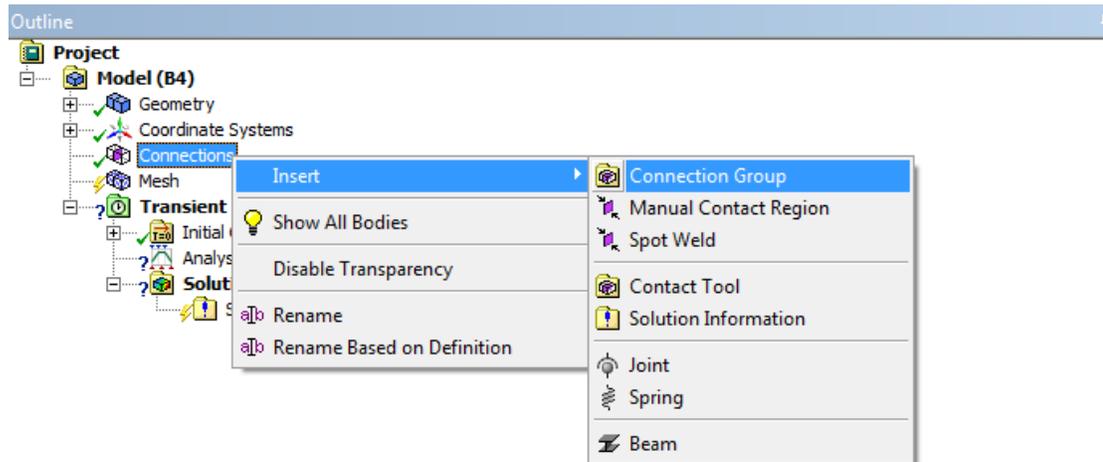


Figura No. 63: Segundo paso del ensamble

Volver a repetir el segundo pasó pero esta vez escoger la opción joint. Y a continuación en la pestaña de joint abrir con el botón derecho del mouse y escoger la opción, créate automaticconnections. Con este paso se crearan puntos automáticos de conexiones.

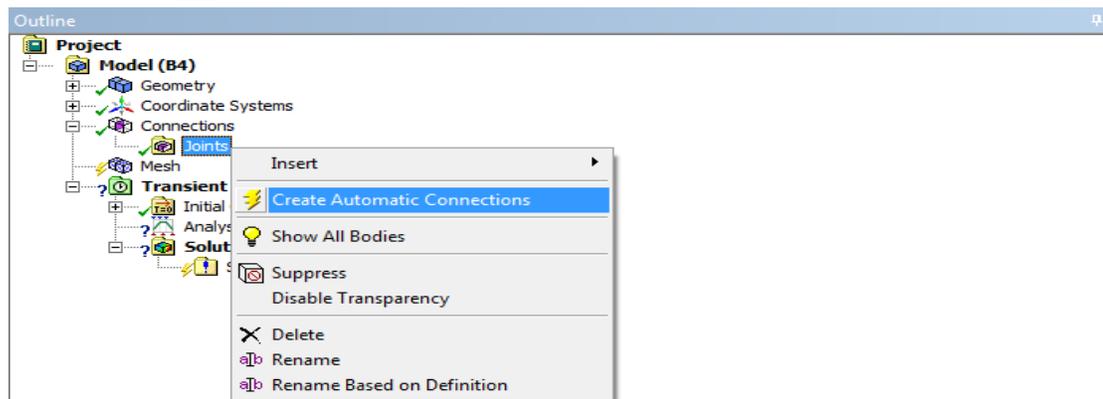


Figura No. 64: tercer paso del ensamble

Proceder a verificar los puntos de conexión del ensamble y descartar aquellos que no sean necesarios con bodyviews este icono esta ubicado en la parte superior derecha.

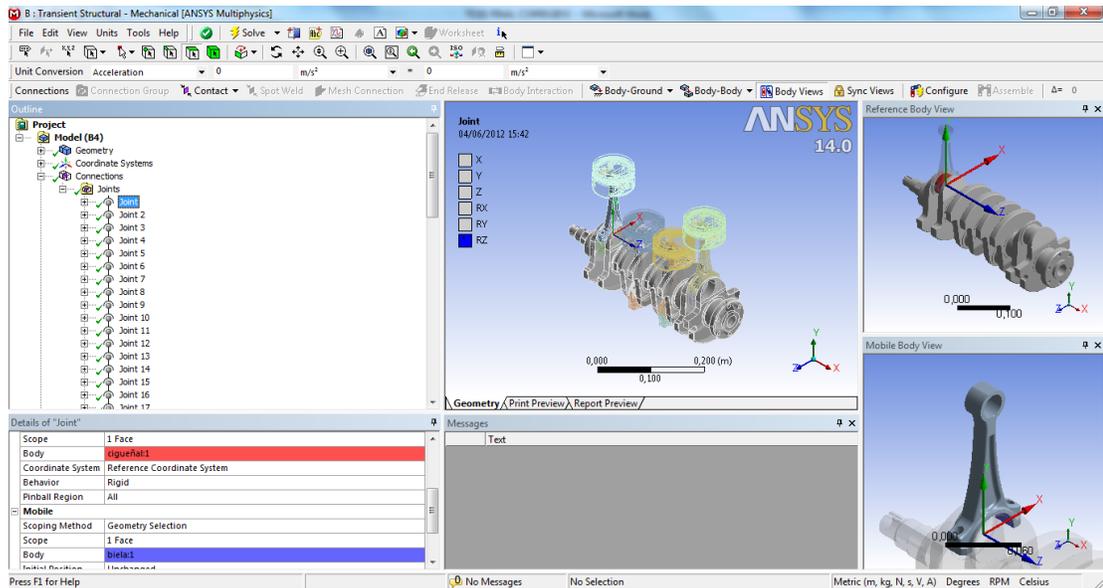


Figura No. 65: Cuarto paso del ensamble

Proceder a verificar que el ensamble realizado tenga el movimiento correcto seleccionando el joint que se desea mover y posteriormente en el icono de configure

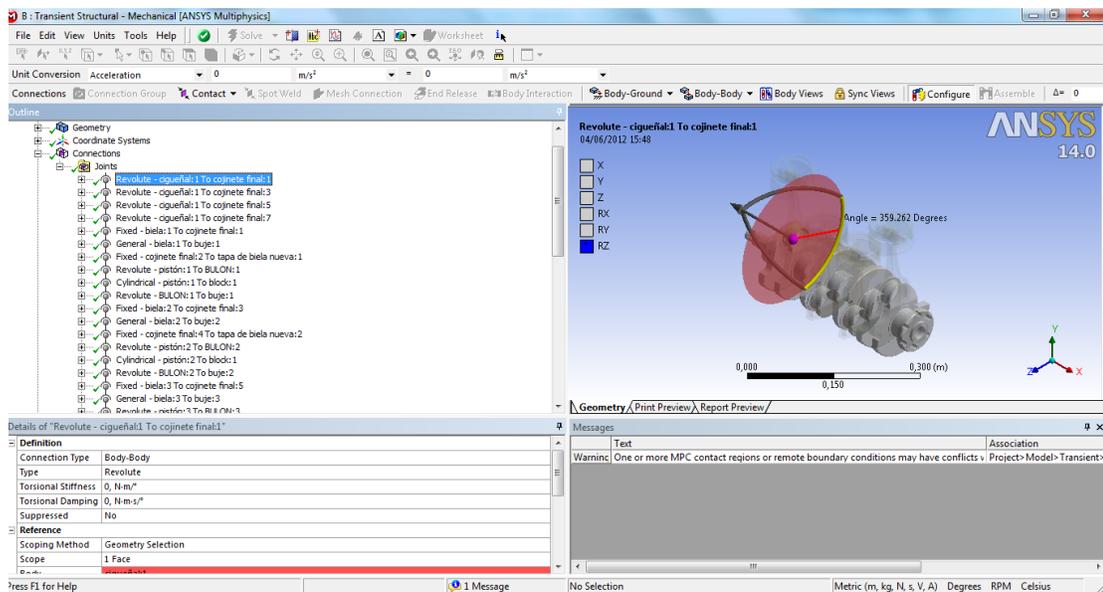


Figura No. 66: Cuarto paso del ensamble

4.5. ANALISIS DE FALLAS

4.5.1 FALLAS EN CIGUEÑALES

El cigüeñal es el eje del movimiento del tren alternativo del motor de combustión interna con mayor susceptibilidad al desgaste y a la fractura,

a. FALLA A ANALIZAR

Fractura

1. DESCRIPCIÓN

Al realizar el estudio de campo en el capítulo II se dió a conocer la ruptura como una falla reincidente en el motor.

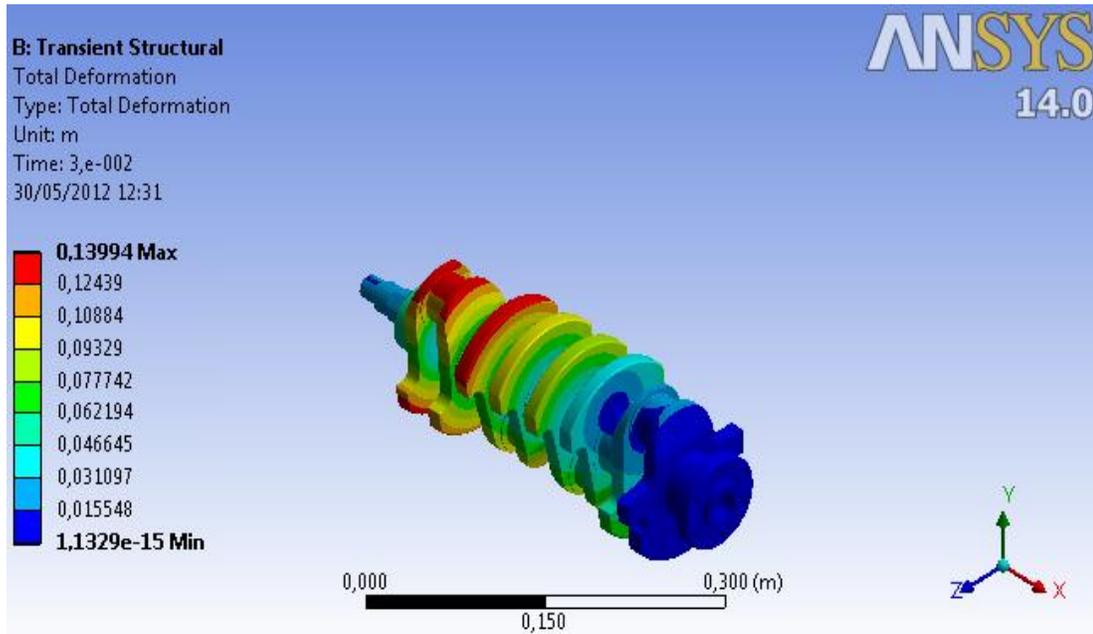
La falla se puede dar por cargas excesivas, las cargas en el cigüeñal generan efectos de flexión, torsión y cortante, por lo que se generan estados triaxiales de esfuerzos que cambian en función del tiempo, siendo el modo de falla por fatiga el más crítico. Las características dinámicas del estado de carga y la geometría compleja de los cigüeñales hace prácticamente imposible calcular exactamente los esfuerzos aun cuando se conozcan los valores exactos de las cargas externas involucradas. Dado que matemáticamente existen herramientas basadas en teorías experimentales.

2. ANÁLISIS

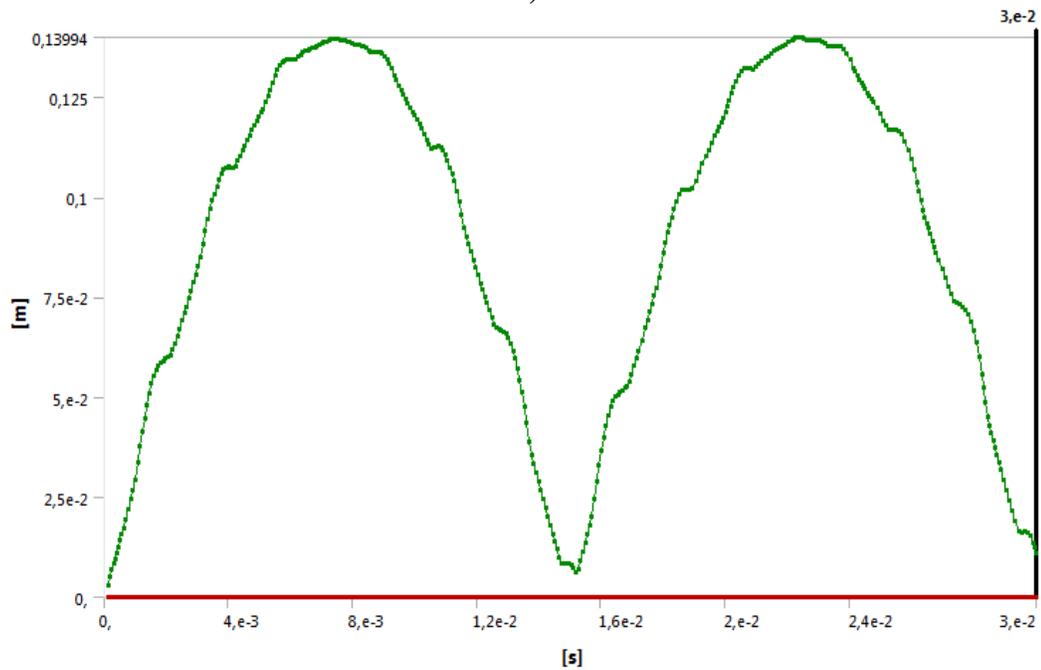
A continuación se ha generado un escenario de simulación de desempeño del cigüeñal bajo los siguientes parámetros.

Descripción	Condiciones Normales	Condiciones de Falla
Velocidad(rpm)	4000	6000
Carga (N)	24887,02	46240,62

Tabla No. 36: Valores Para Realizar El Análisis



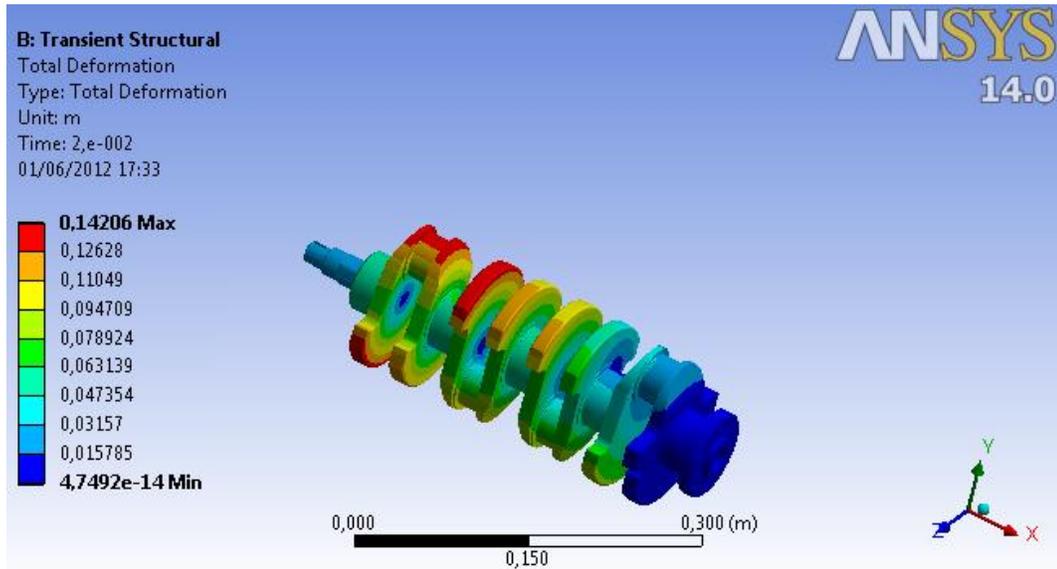
a)



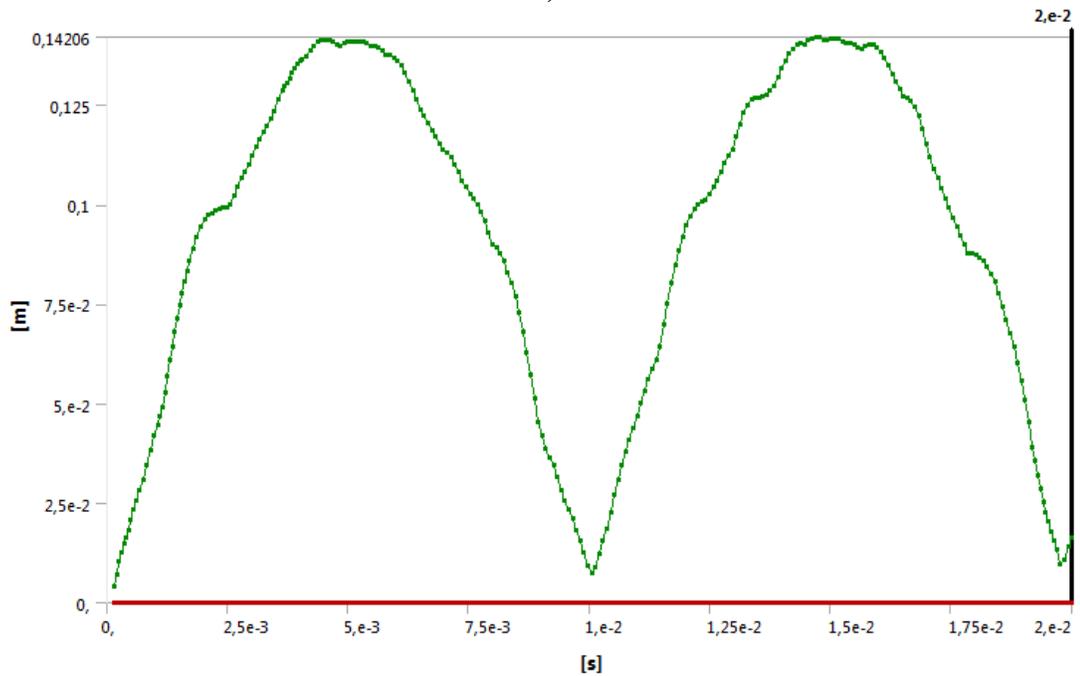
La deformación que sufre el cigüeñal es homogénea como se observa en el gráfico y tiene su mayor distorsión en 0,13994 m en el ciclo.

b)

Gráfica No. 1: Total deformation (Condiciones normales)



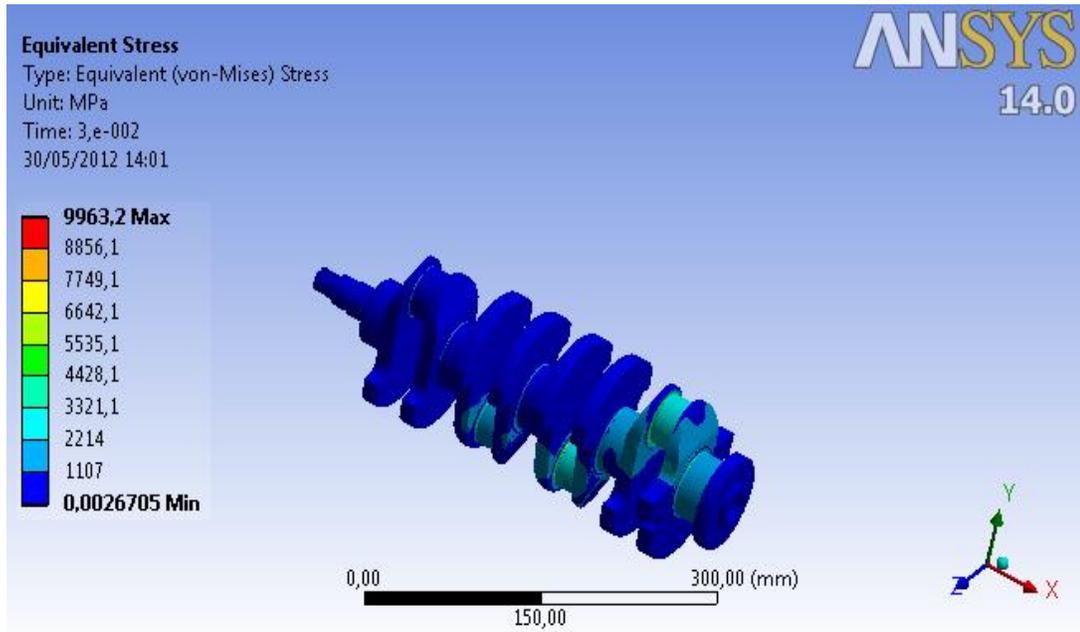
a)



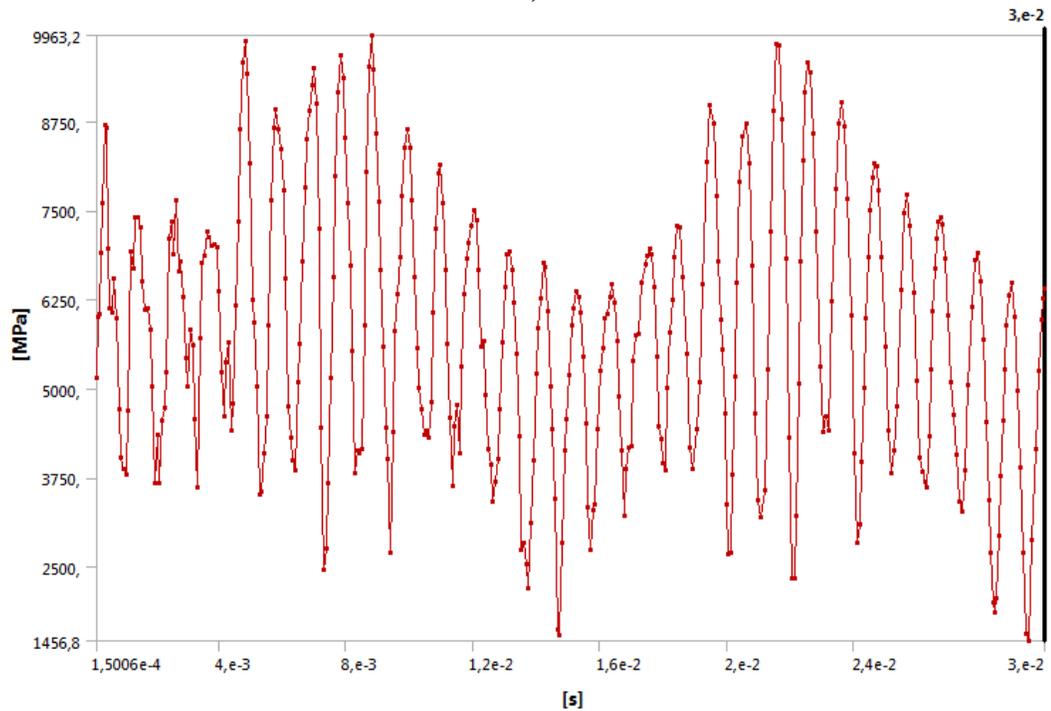
La deformación que sufre el cigüeñal es homogénea como se observa en el grafico y tiene su mayor distorsión en 0,14206 m en el ciclo se puede notar un aumento de deformación respecto a las condiciones normales debido al aumento de carga al que se encuentra sometido.

b)

Gráfica No. 2: Total deformation (Condiciones de Falla)



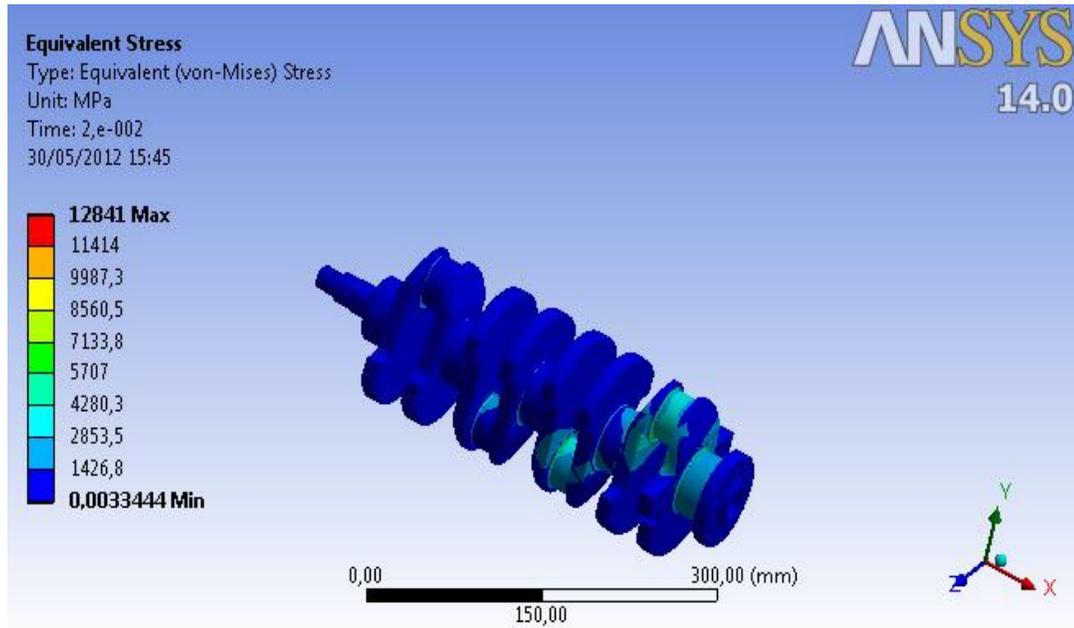
a)



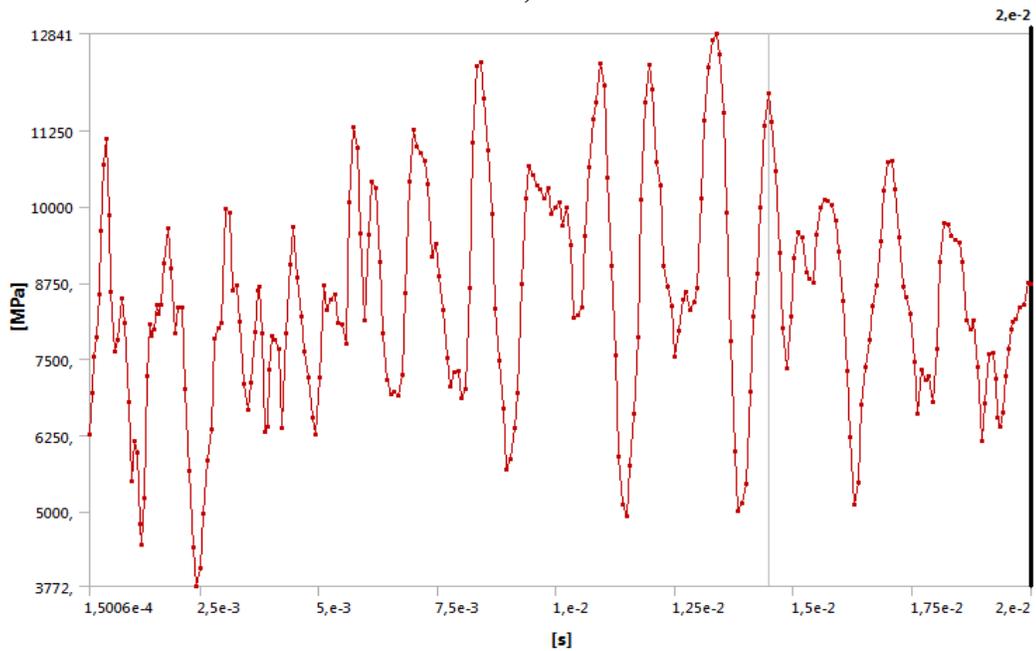
El mayor esfuerzo que se produce en el cigueñal es 9963,2 Mpa y como se observa en la grafica la pieza experimenta cargas similares en el transcurso del ciclo.

b)

Gráfica No. 3:Equivalent Stress (Condiciones Normales)



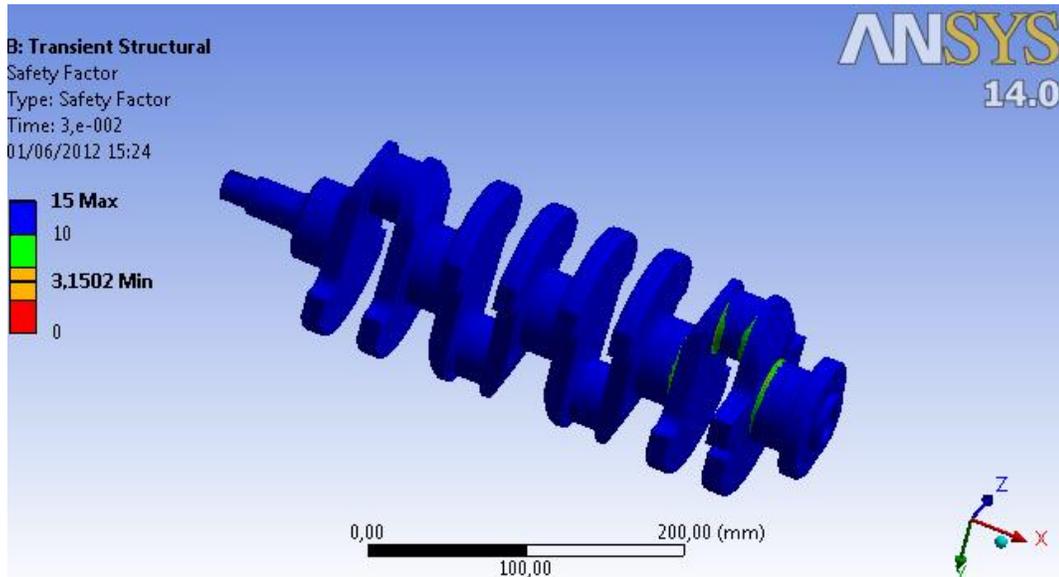
a)



El mayor esfuerzo producido es 12841 MPa en condiciones de falla pero la forma y magnitud del esfuerzo varían con la velocidad del cigüeñal

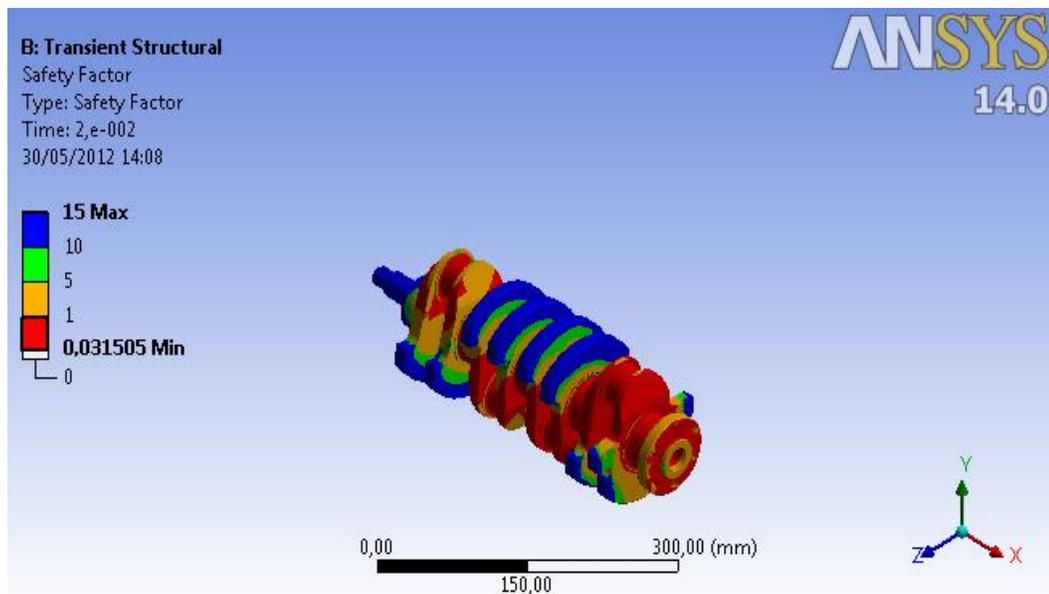
b)

Gráfica No. 4: Equivalent Stress (Condiciones de falla)



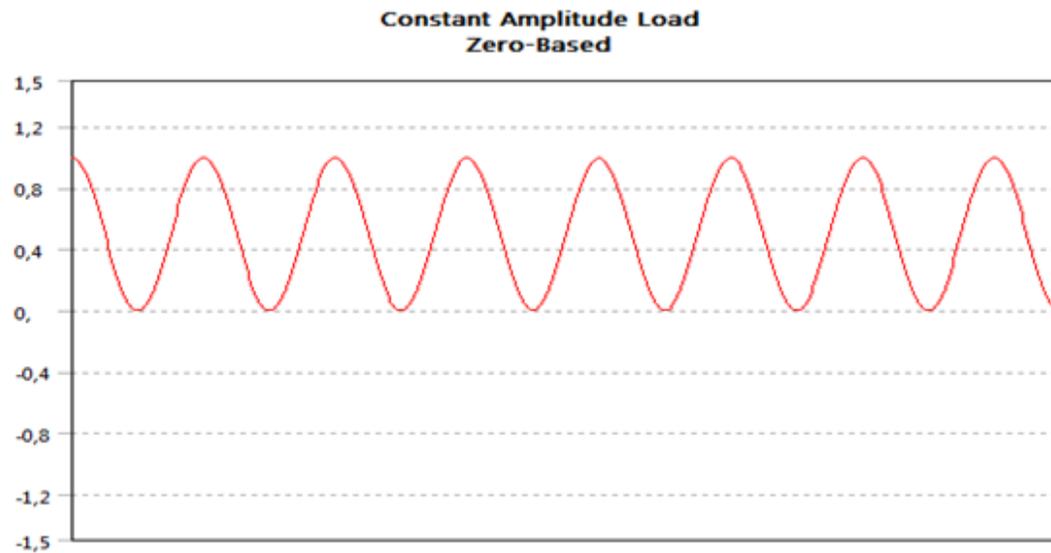
El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es >1 por consiguiente se determina los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

Figura No. 67: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)



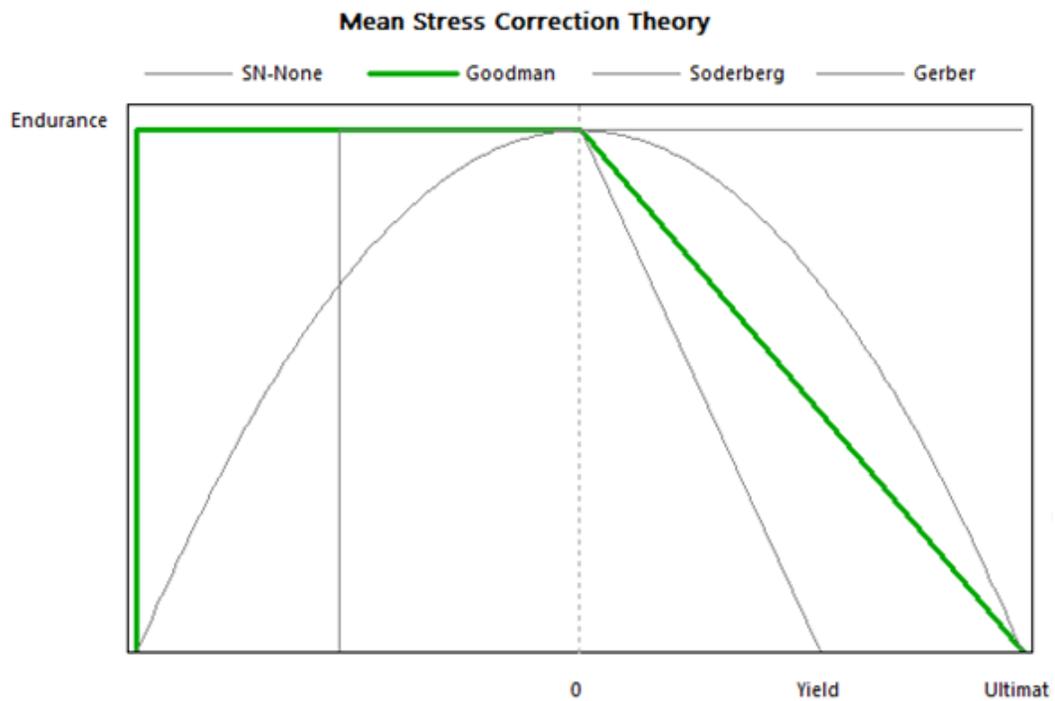
El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en los muñones de bancada.

Figura No. 68: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)



El factor de seguridad se determinara dentro del rango especificado en la figura.

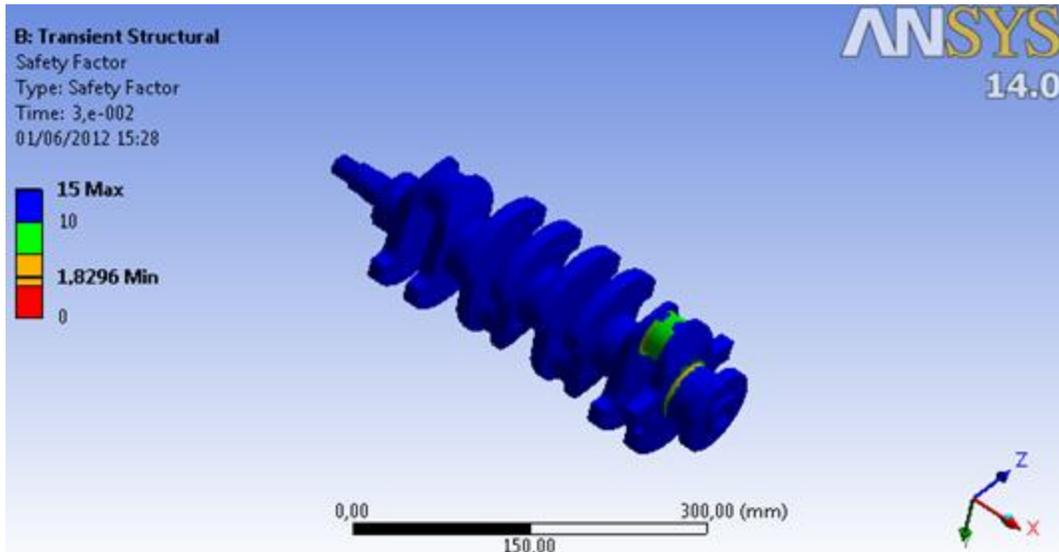
a)



Goodman es el método utilizado para determinar el factor de seguridad este método ya fue explicado el cap. 4.

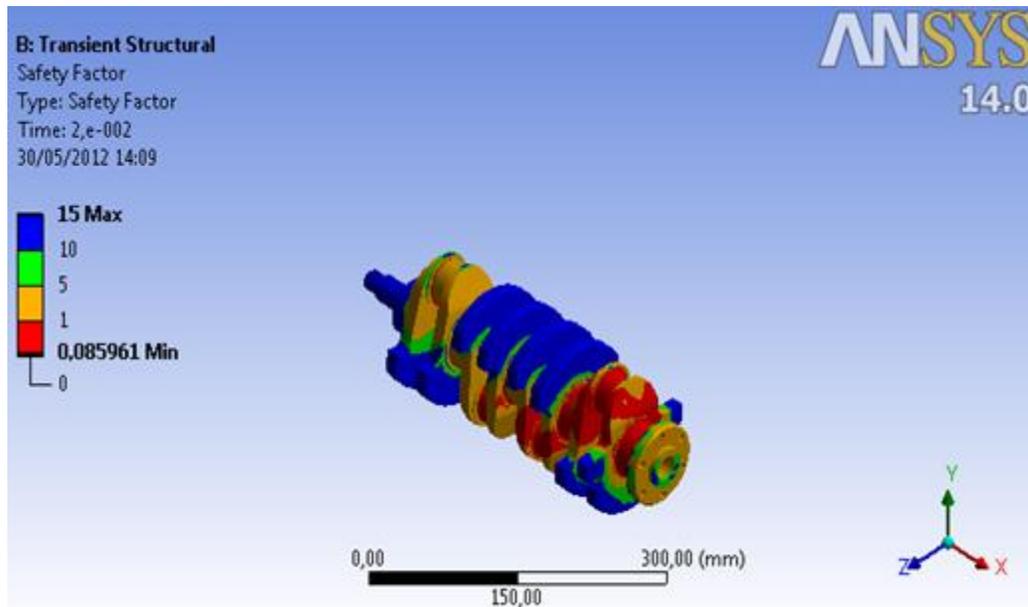
b)

Gráfica No. 5: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado)



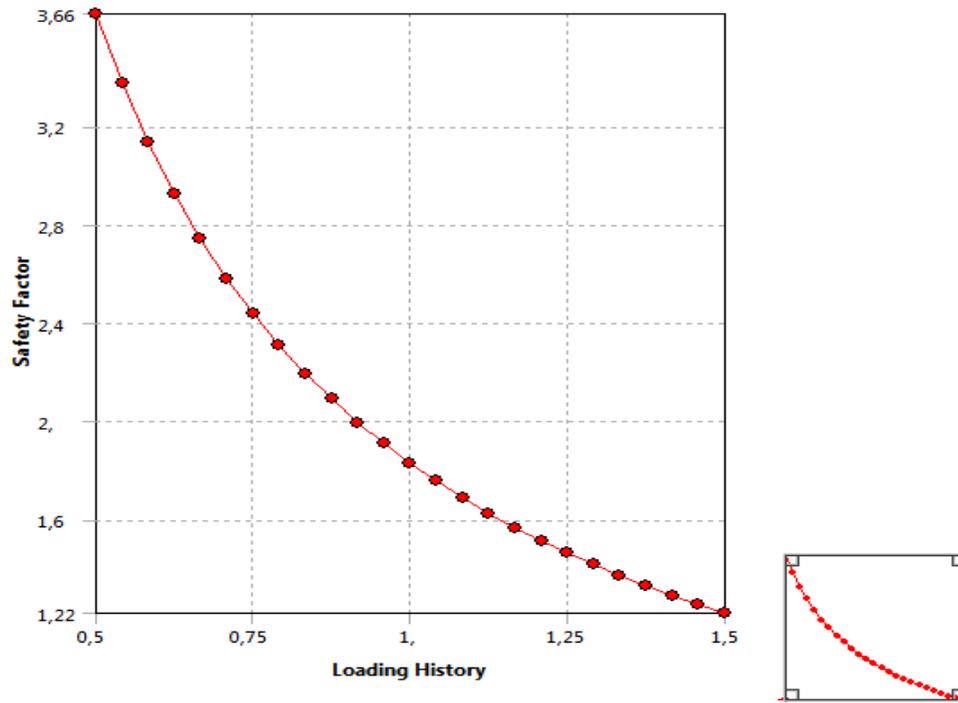
El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

Figura No. 69: FatigueTool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)

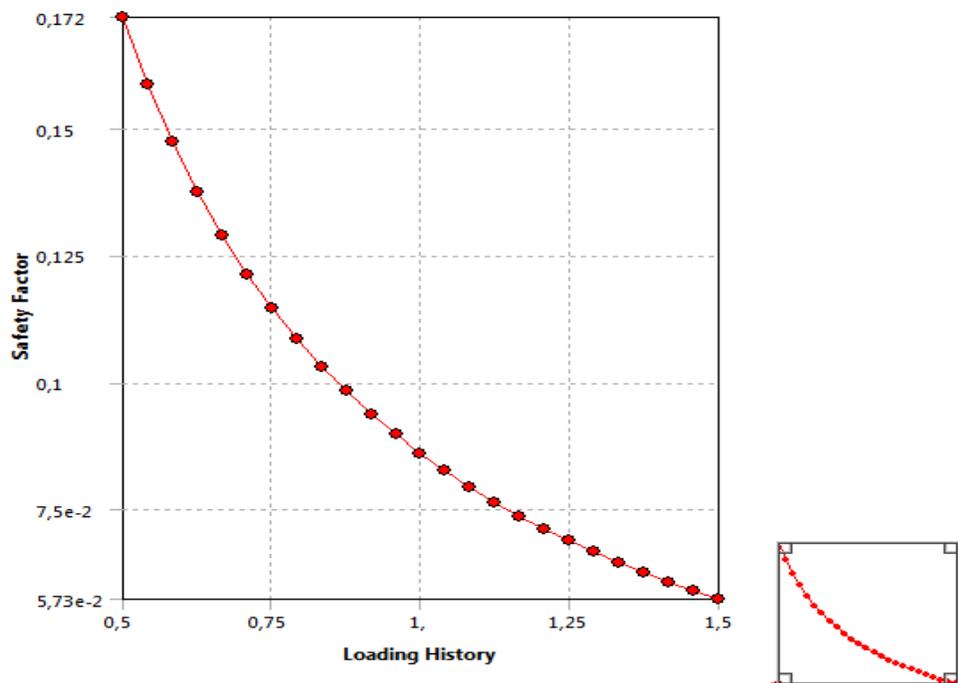


El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en los muñones de bancada.

Figura No. 70: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)



Gráfica No. 6: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones Normales)



Gráfica No. 7: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones de falla)

Sensibilidad fatiga muestra cómo los resultados de fatiga cambiar en función de la

carga en el lugar crítico en el modelo.

Descripción	Condiciones normales	Condiciones de falla
Deformación(m)	0,13994	0,14206
Esfuerzo de von Mises(MPa)	9963,2	12841
Factor de seguridad(stress tool)	3,1502	0,031505
Factor de seguridad(fatigue tool)	1,8296	0,085961

Tabla No. 37: Resultados del Análisis en Ansys

4.5.2 FALLAS EN BIELAS

La biela es el segundo eslabón del tren alternativo sometido a esfuerzos durante el trabajo del motor que por ende generan posibilidad de falla en la pieza.

a.FALLA A ANALIZAR

Torcedura

1. DESCRIPCIÓN

Al realizar el estudio de campo en el capítulo II se dio a conocer la torcedura como una falla reincidente en el motor.

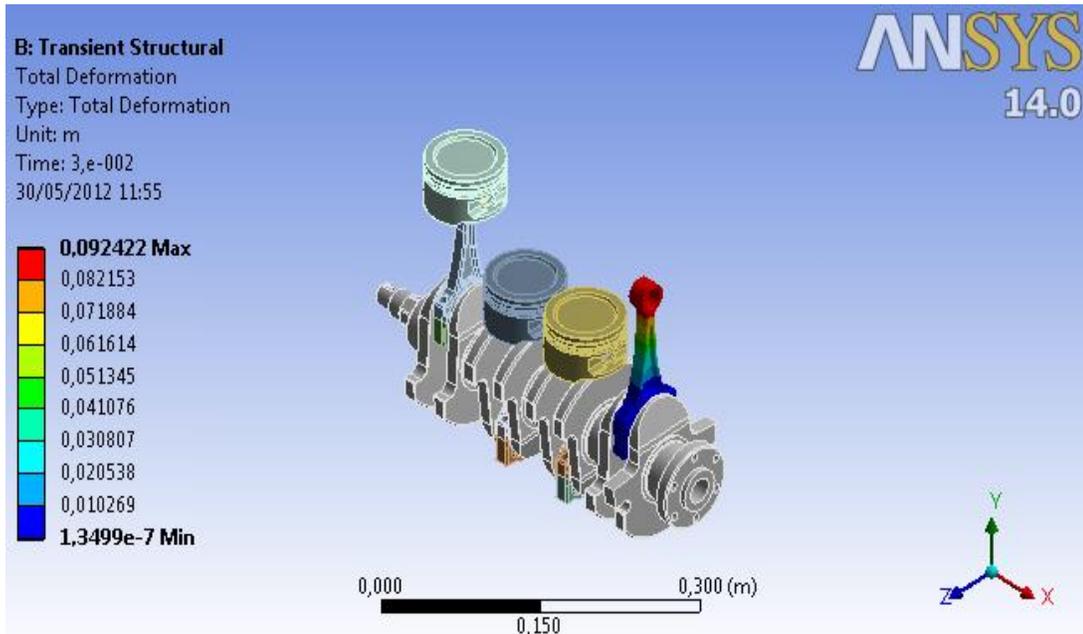
La torcedura se puede dar por condiciones de funcionamiento severas, tales como aceleraciones bruscas o acarreo de peso excesivo, montaje incorrecto de la biela.

2. ANÁLISIS

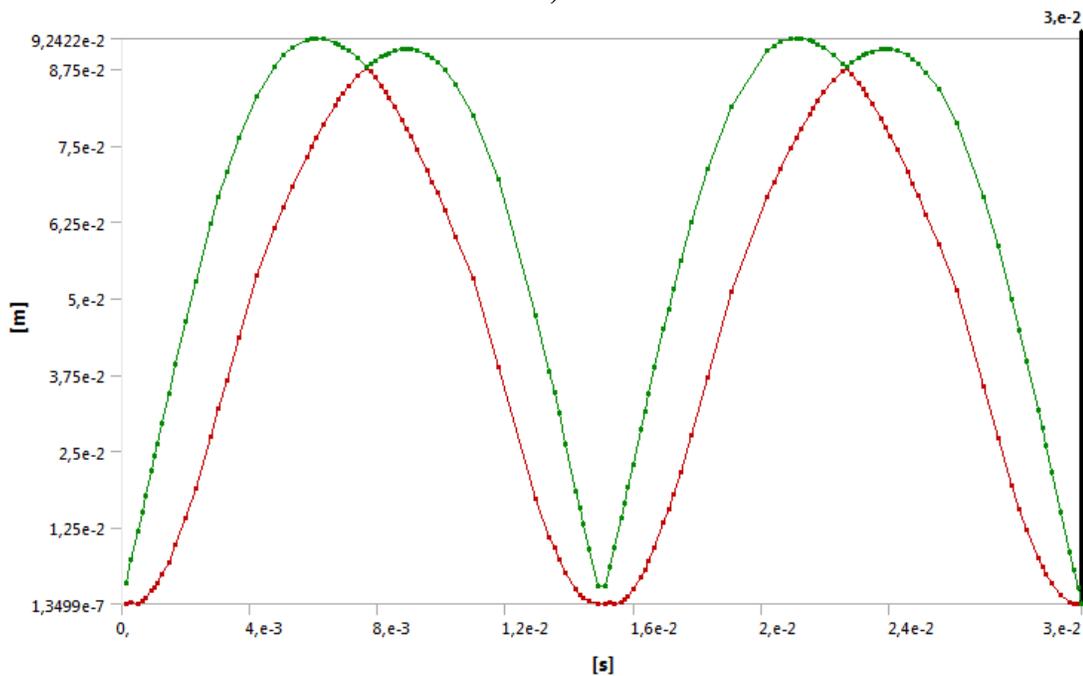
A continuación se ha generado un escenario de simulación de desempeño de la biela bajo los siguientes parámetros.

Descripción	Condiciones Normales	Condiciones de Falla
Velocidad(rpm)	4000	6000
Carga (N)	24887,02	46240,62

Tabla No. 38: Valores Para Realizar El Análisis



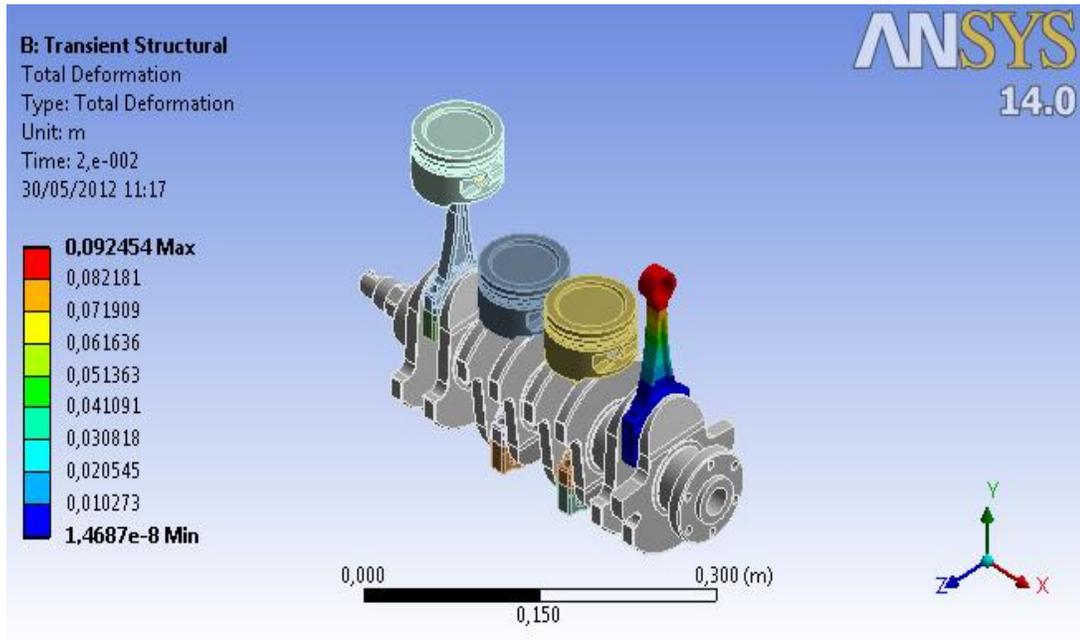
a)



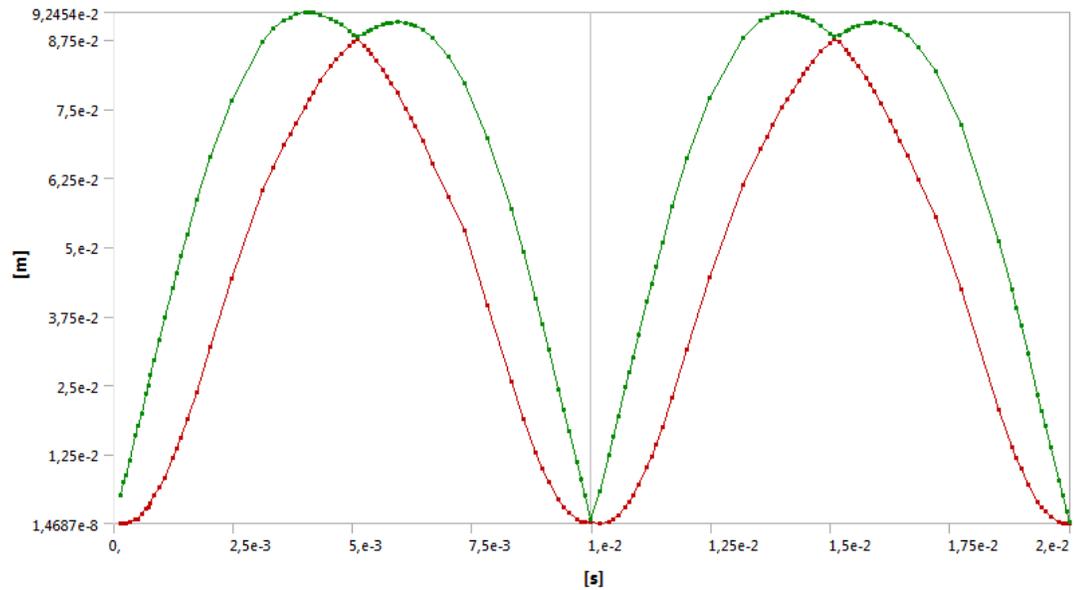
Se tiene una deformación máxima de $9,2422e^{-2}$ que varía en relación del tiempo y la carga aplicada donde se puede ver que la curva es homogénea.

b)

Gráfica No. 8: Total deformation (Condiciones normales)



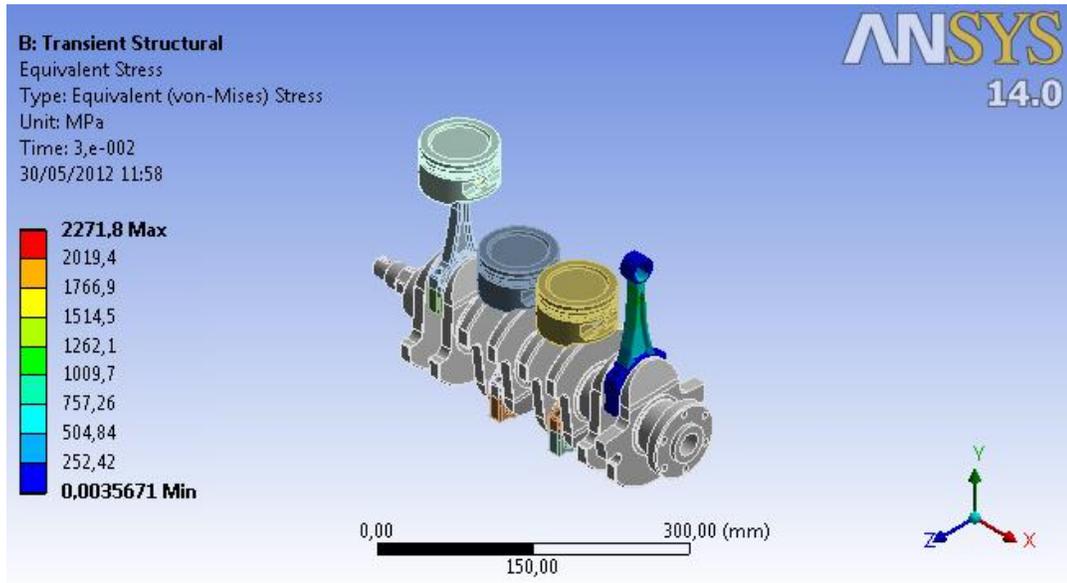
a)



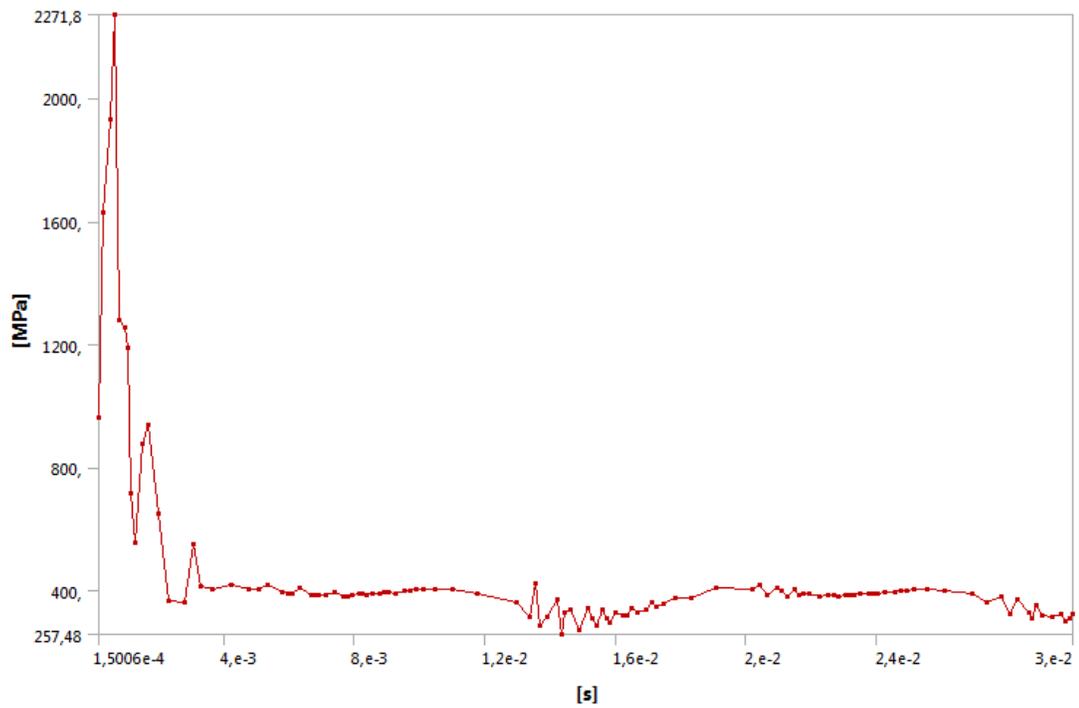
Al aplicar la carga en condiciones extremas, la deformación aumenta siendo la máxima deformación $9,2454e^{-2}$ pero esta es homogénea.

b)

Gráfica No. 9: Total deformation (Condiciones de Falla)



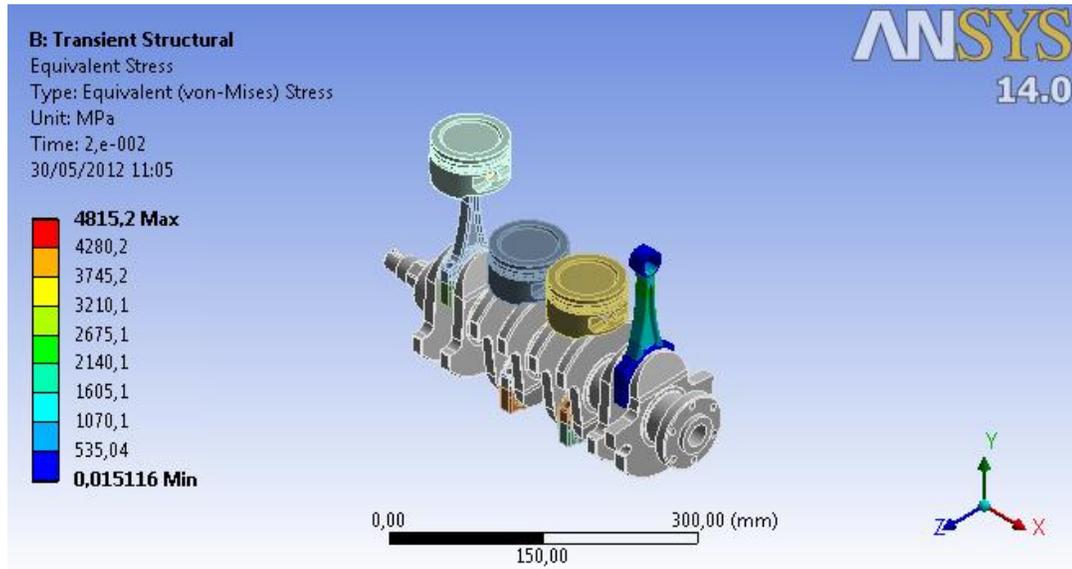
a)



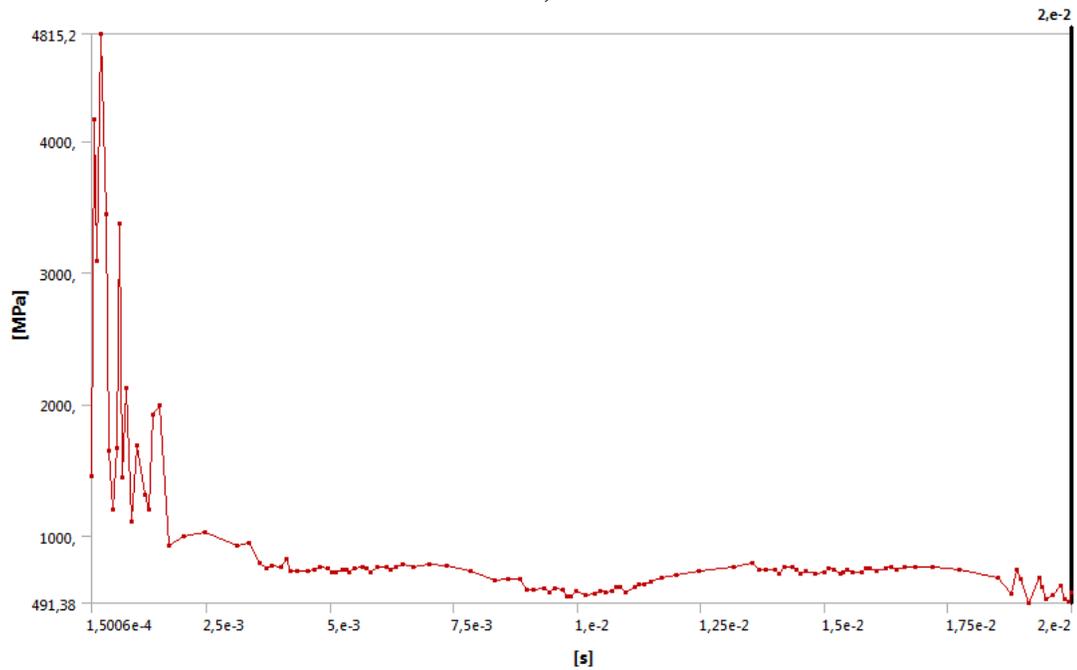
El mayor esfuerzo producido en la biela es 2271,8 MPa que tiene lugar al inicio del ciclo que vendría a ser el de explosión luego de esto el esfuerzo se reduce manteniéndose con valores menores hasta terminar el ciclo.

b)

Gráfica No. 10: Equivalent Stress (Condiciones Normales)



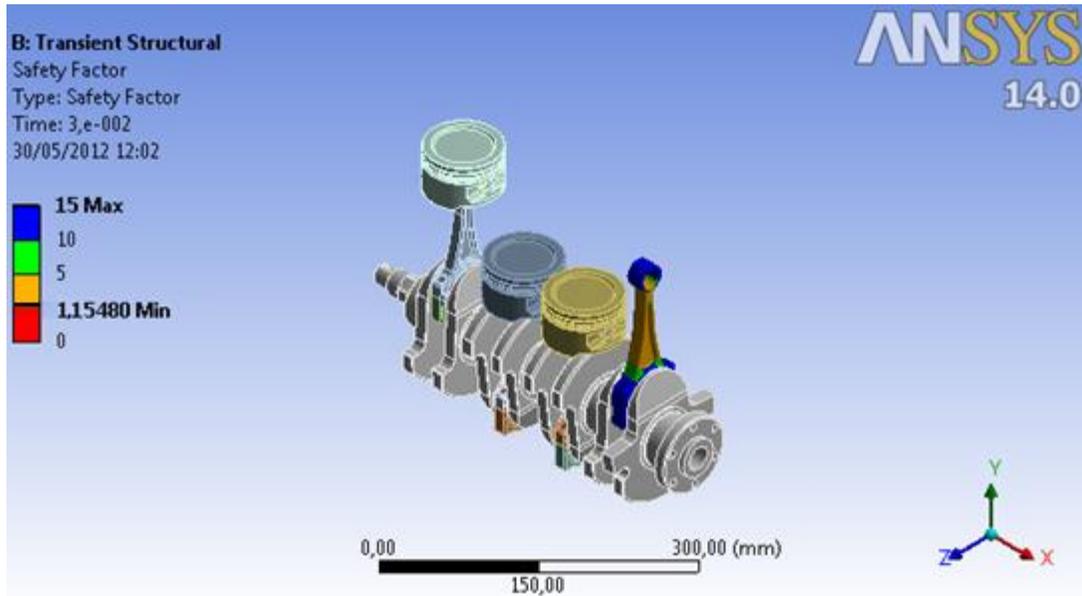
a)



En el comienzo del ciclo el valor del esfuerzo máximo de 4815,2 MPa que vendría a ser en el tiempo de explosión luego de esto el esfuerzo se reduce manteniéndose con valores menores hasta terminar el ciclo por lo que se puede ver los esfuerzos se han duplicado con respecto a las condiciones normales.

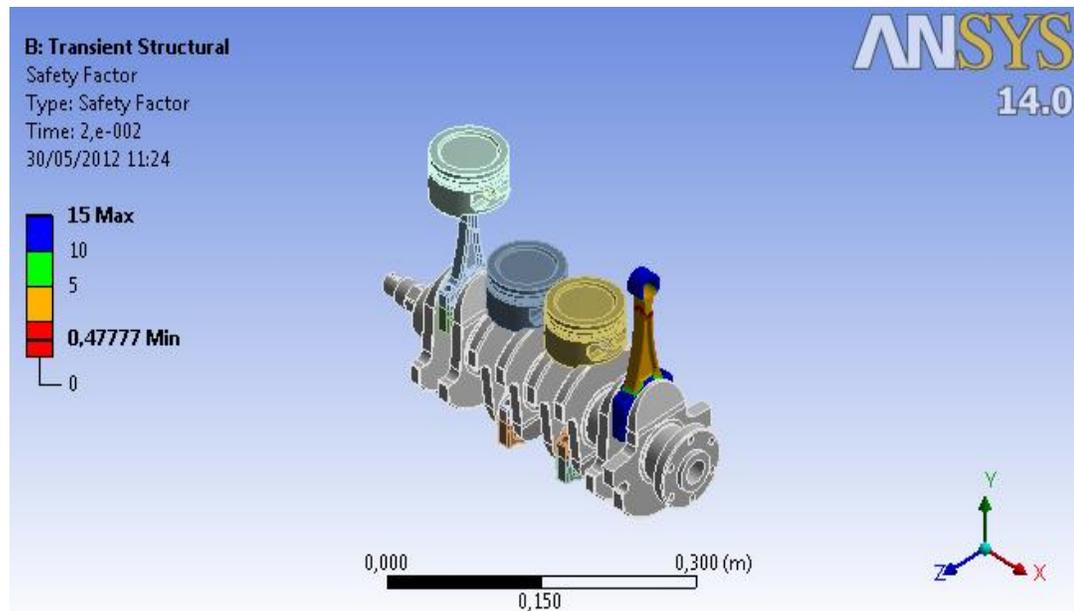
b)

Gráfica No. 11: Equivalent Stress (Condiciones de falla)



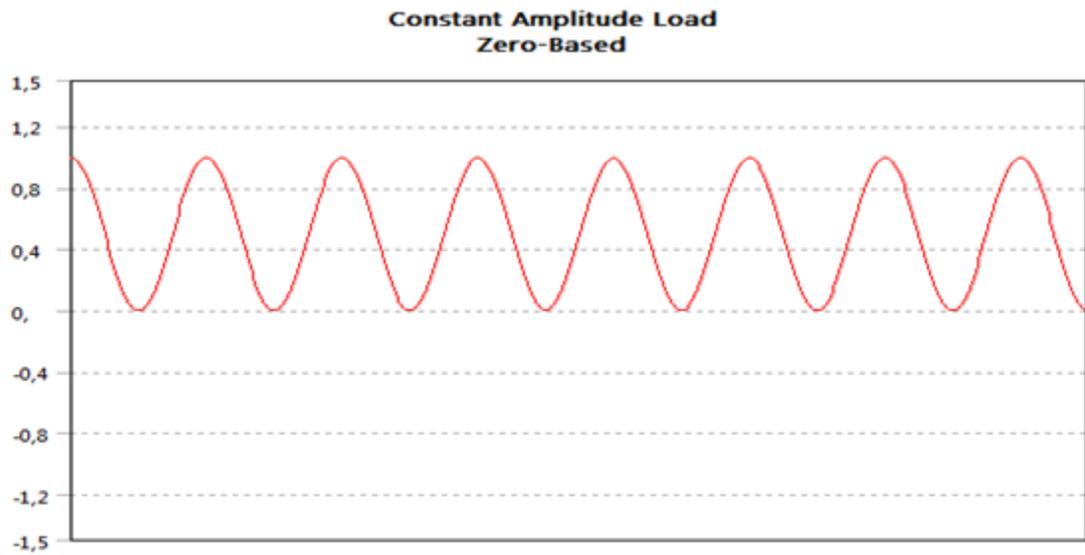
El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es >1 por ende se determina los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

Figura No. 71: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)

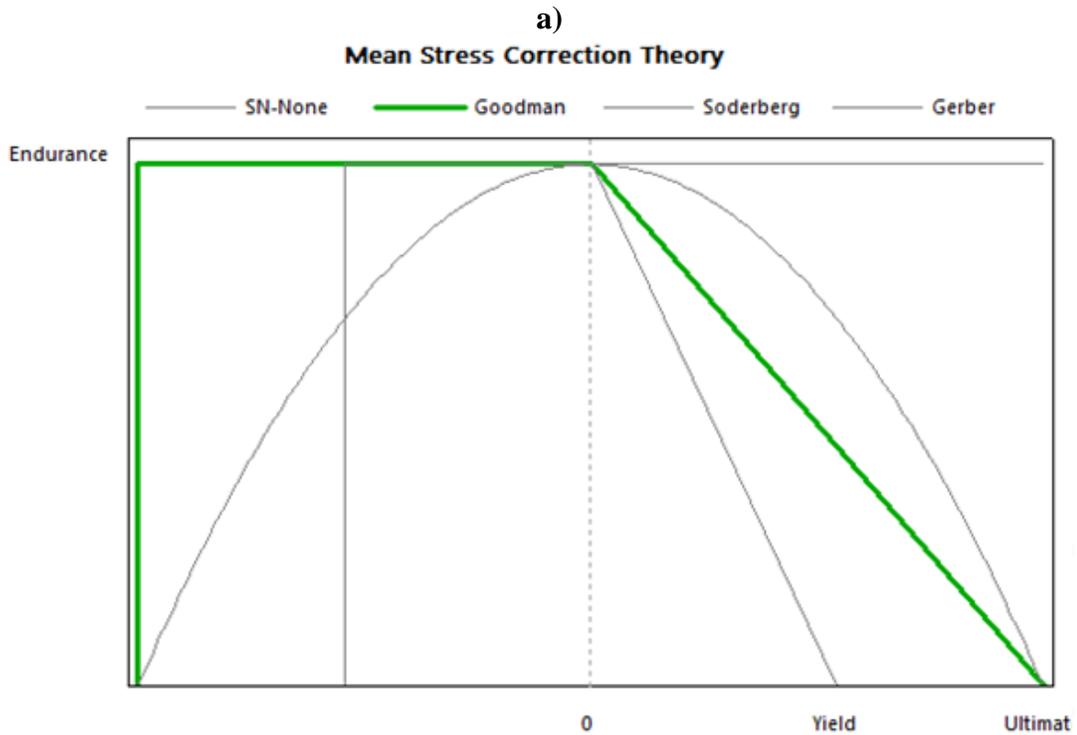


El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en el cuerpo de biela

Figura No. 72: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)

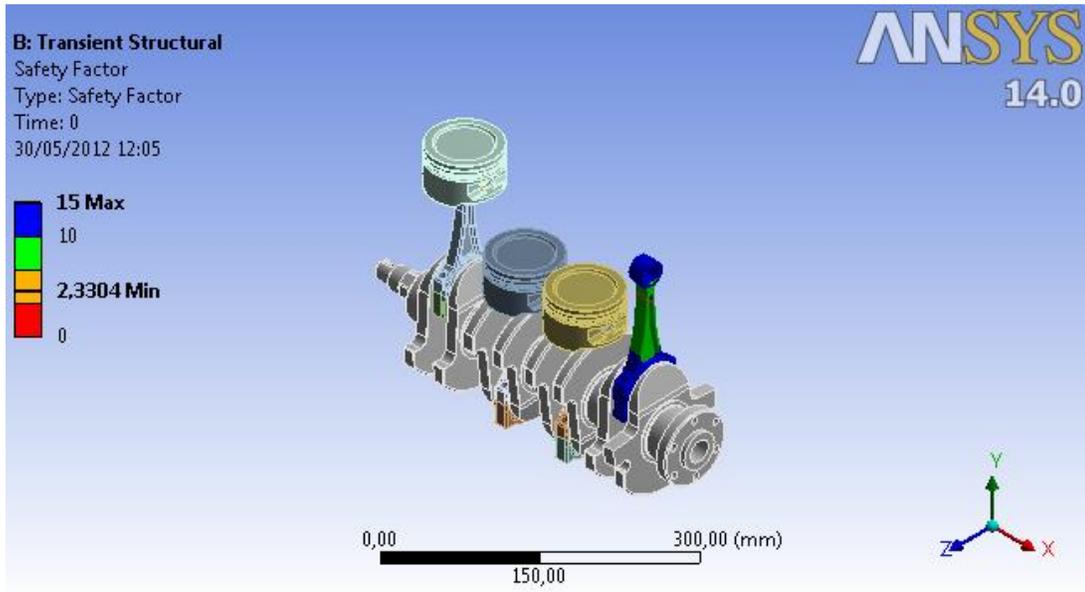


El factor de seguridad se determinara dentro del rango especificado en la figura.



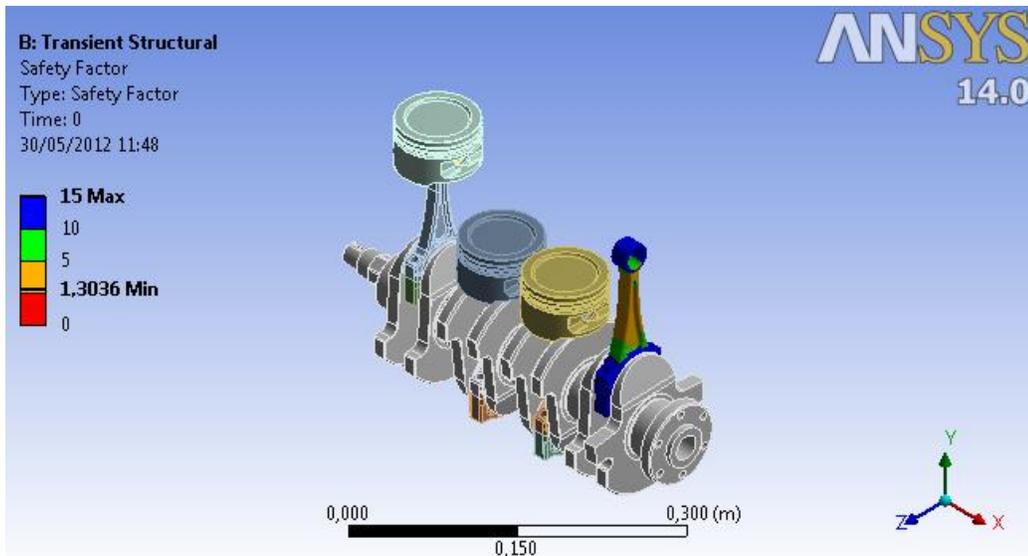
Goodman es el método utilizado para determinar el factor de seguridad este método ya fue explicado el cap. 4.

b)
Gráfica No. 12: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado)



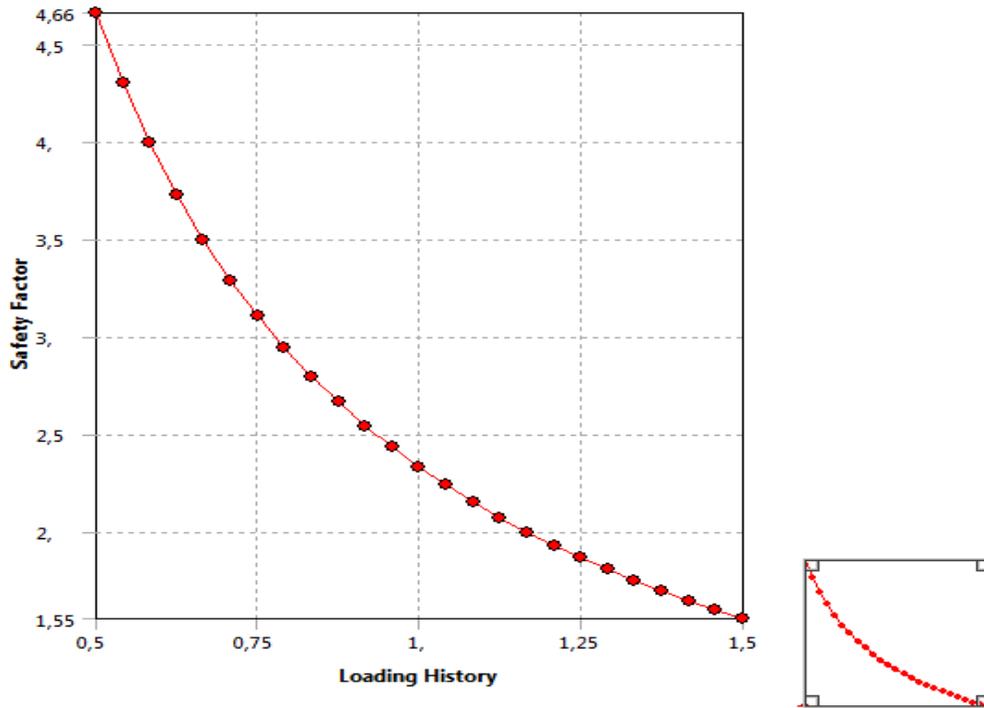
El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

Figura No. 73: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)

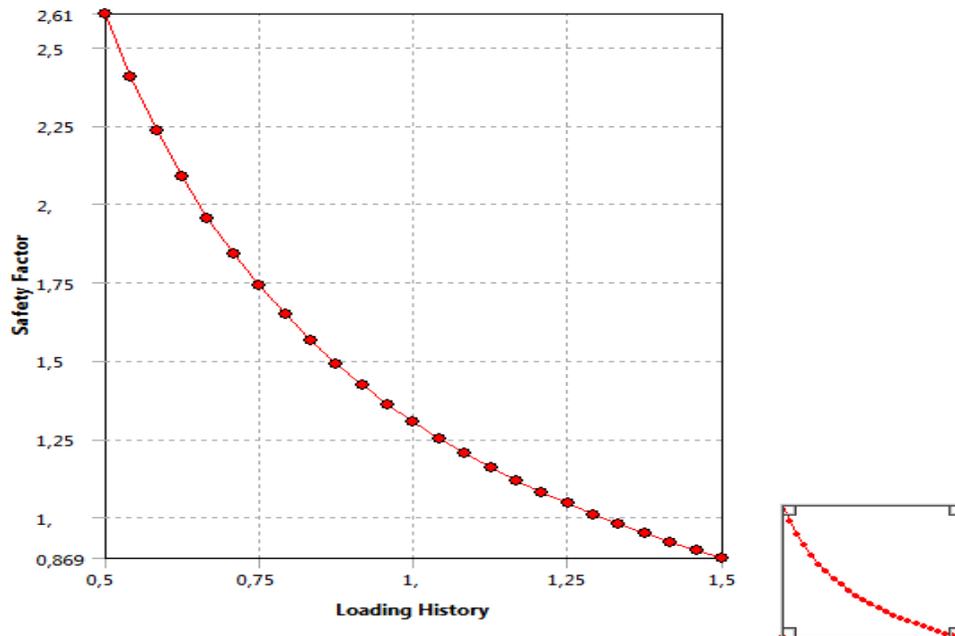


El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en el cuerpo de biela.

Figura No. 74: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)



Gráfica No. 13: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones Normales)



Gráfica No. 14: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones de falla)

Sensibilidad fatiga muestra cómo los resultados de fatiga cambiar en función de la carga en el lugar crítico en el modelo.

Descripción	Condiciones normales	Condiciones de falla
Deformación(m)	0,092442	0,092454
Esfuerzo de von Mises(MPa)	2271,8	4815,2
Factor de seguridad(stress tool)	1,15480	0,47777
Factor de seguridad(fatigue tool)	2,3304	1,3036

Tabla No. 39: Resultados del Análisis en Ansys

4.5.3 FALLAS EN PISTONES

El pistón, es el elemento móvil de los motores de combustión interna con un mayor grado de susceptibilidad a fallar debido a que están en contacto directo con las grandes presiones y temperaturas elevadas, producto de la combustión de la mezcla aire-combustible.

a. FALLA A ANALIZAR

Recalentamiento

1. DESCRIPCIÓN

Al realizar el estudio de campo en el capítulo II se dio a conocer el recalentamiento como una falla recurrente en el motor.

El recalentamiento puede causar una cabeza de pistón fundida, grietas en el borde de la cavidad, o raspaduras en pistones y anillos. Esto se puede dar por:

Posible causa	Temperatura a la que se produce
Enfriamiento inadecuado del sistema refrigerante	135°C
Radiador defectuoso	125°C
Termostato dañado	90°C

Tabla No. 40: Posible causa¹⁷

Por lo general, los motores modernos requieren de sistemas de enfriamiento que nos permitan que suba de unos 300°C, porque, a mayores temperaturas, el bloque,

¹⁷<http://juntastek.com.ar/descargas/Sobrecalentamiento%20del%20motor,%20causas%20y%20remedios.pdf>

pistones y bielas comienzan a producir más fricción de lo que los lubricantes pueden contrarrestar.

La explosión en sí puede llegar a 2500°C, pero solamente durante instantes muy cortos, porque hay mucha más transferencia de energía a los pistones que una acumulación de energía calorífica.

Asunción de valores para simular la falla.

Realizando una suma de la tabla N°38 se obtiene

Temperatura promedio: 116.67 °C

Temperatura motor: 80 °C

Temperatura cámara combustión: 300°C

80°C	300°C
116.67°C	At=437.5125°C

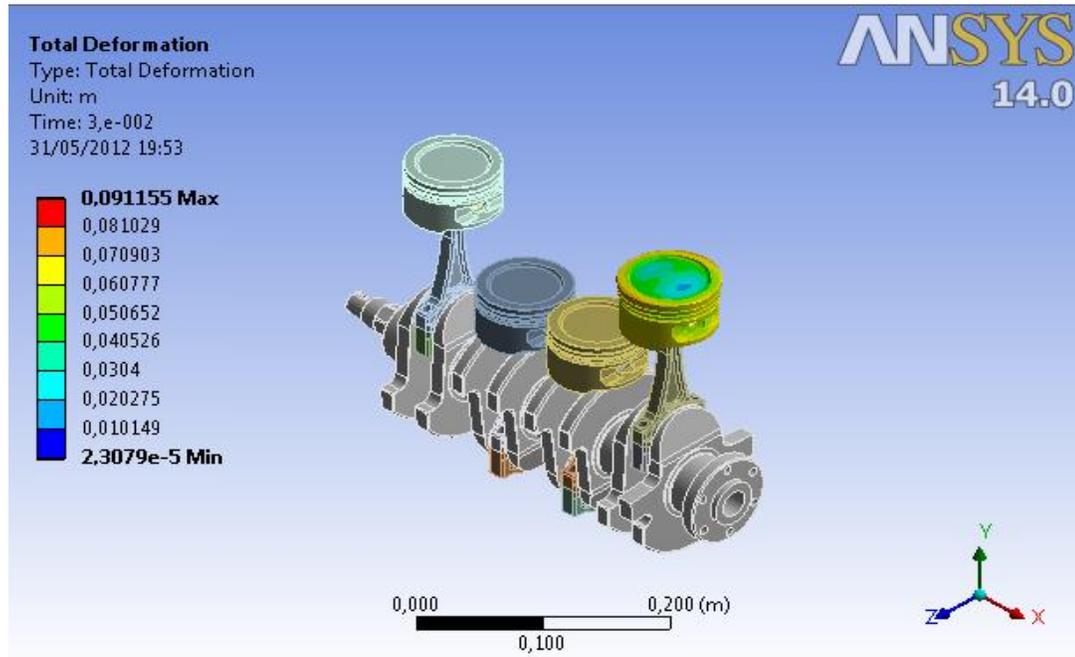
300°C	2341, 67°C
437.5125°C	At= 3415.03°C

2. ANÁLISIS

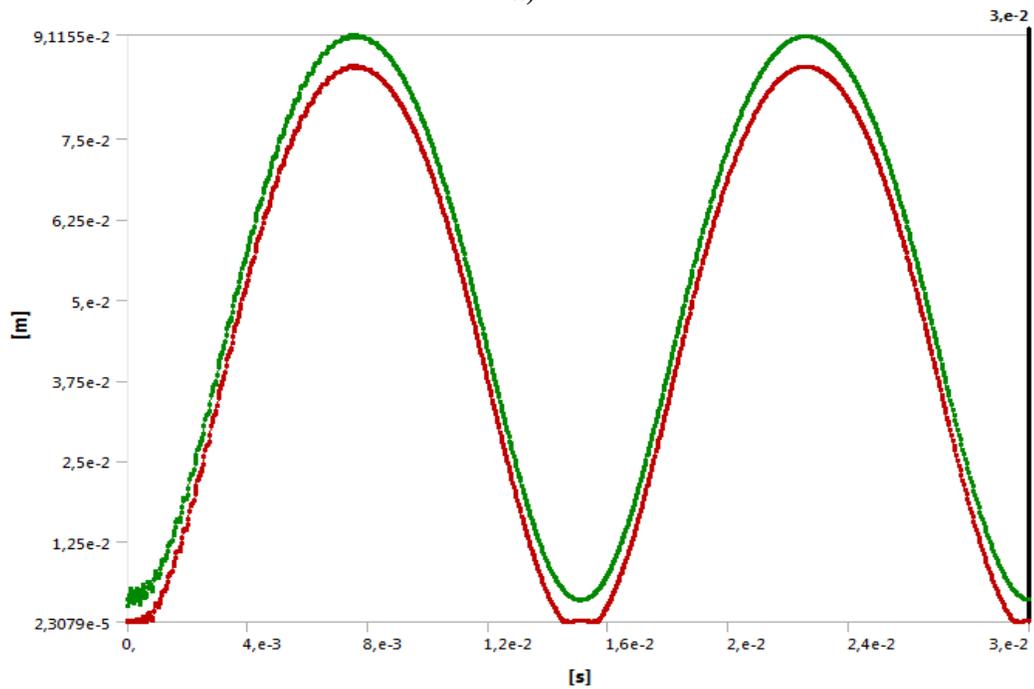
A continuación se a generado un escenario de simulación de desempeño del pistón bajo los siguientes parámetros.

Descripción	Condiciones Normales	Condiciones de Falla
Velocidad(rpm)	4000	6000
Carga (N)	24887,02	24887,02
Temperatura(°C)	2341,67	3415,67

Tabla No. 41: Valores Para Realizar El Análisis



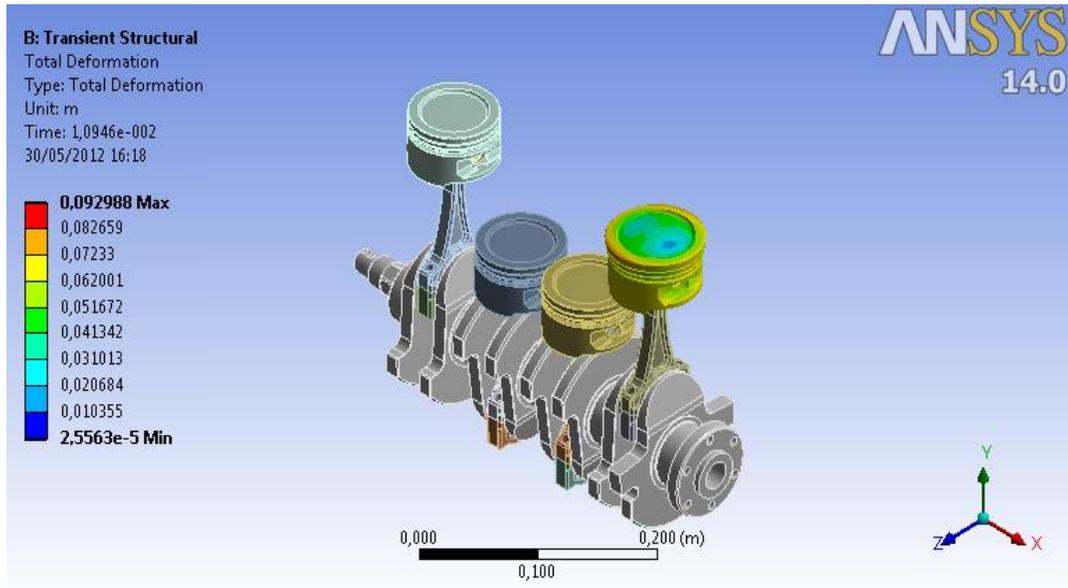
a)



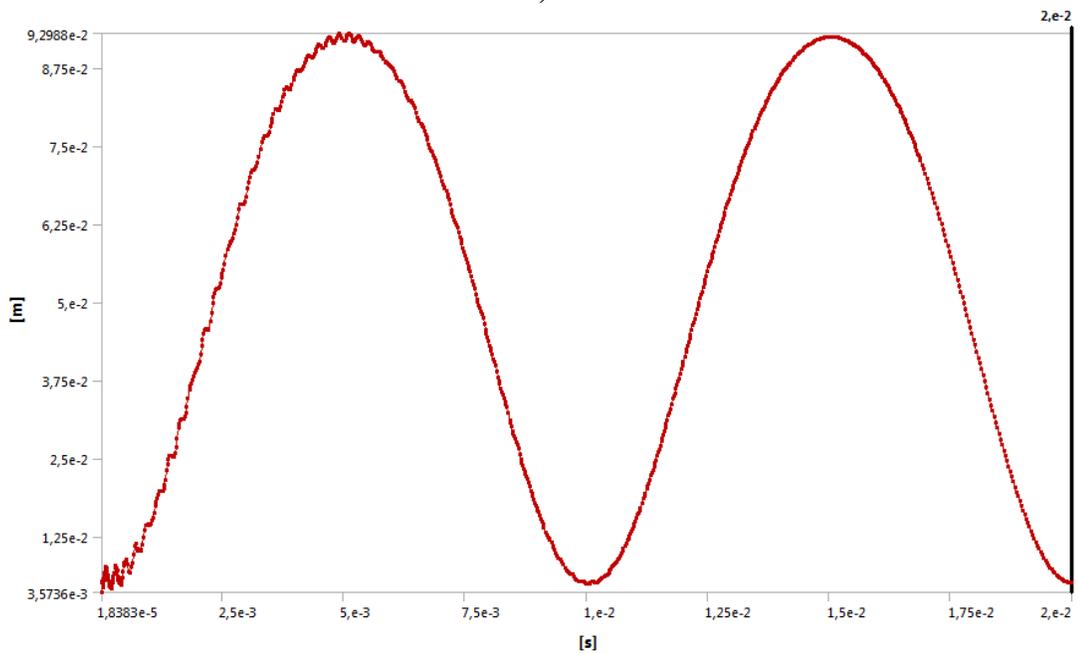
Se produce una deformación por motivo de la explosión de la mezcla esto hace que la deformación máxima y mínima del pistón sean casi iguales esto quiere decir que su deformación es pequeña.

b)

Gráfica No. 15: Total deformation (Condiciones normales)



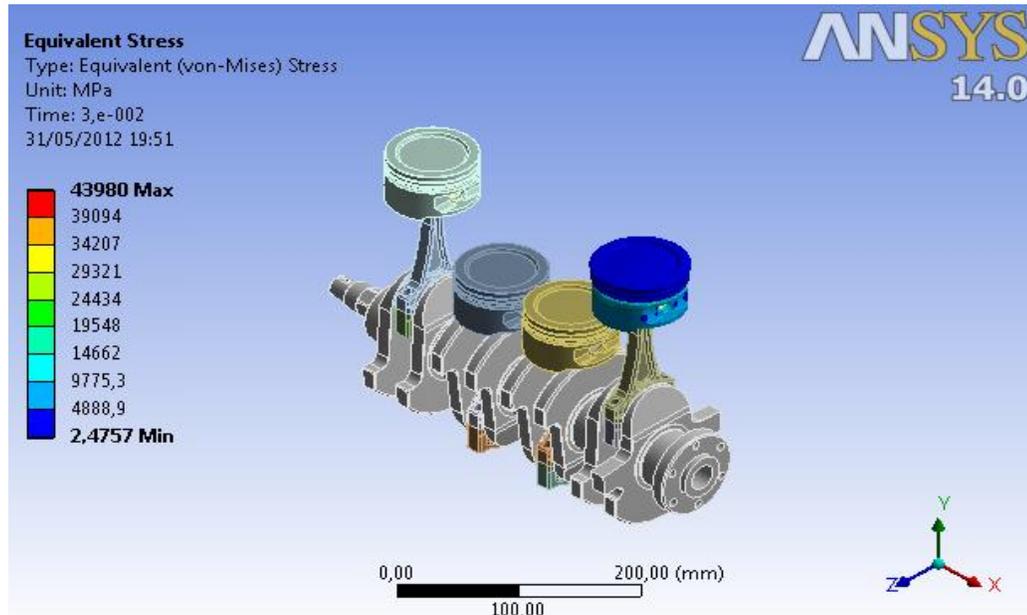
a)



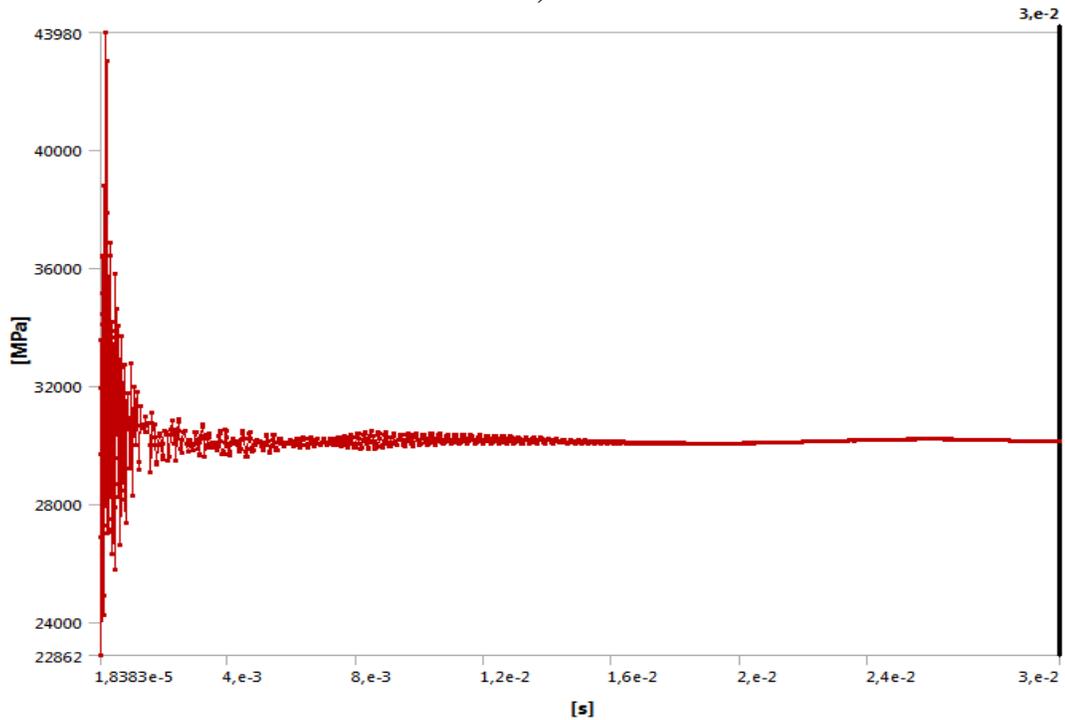
Se produce una deformación por motivo de la explosión de la mezcla esto hace que la deformación máxima y mínima del pistón sean casi iguales esto quiere decir que su deformación es pequeña pero mayor en comparación de condiciones normales ya que esta sometida a condiciones extremas.

b)

Gráfica No. 16: Total deformation (Condiciones falla)



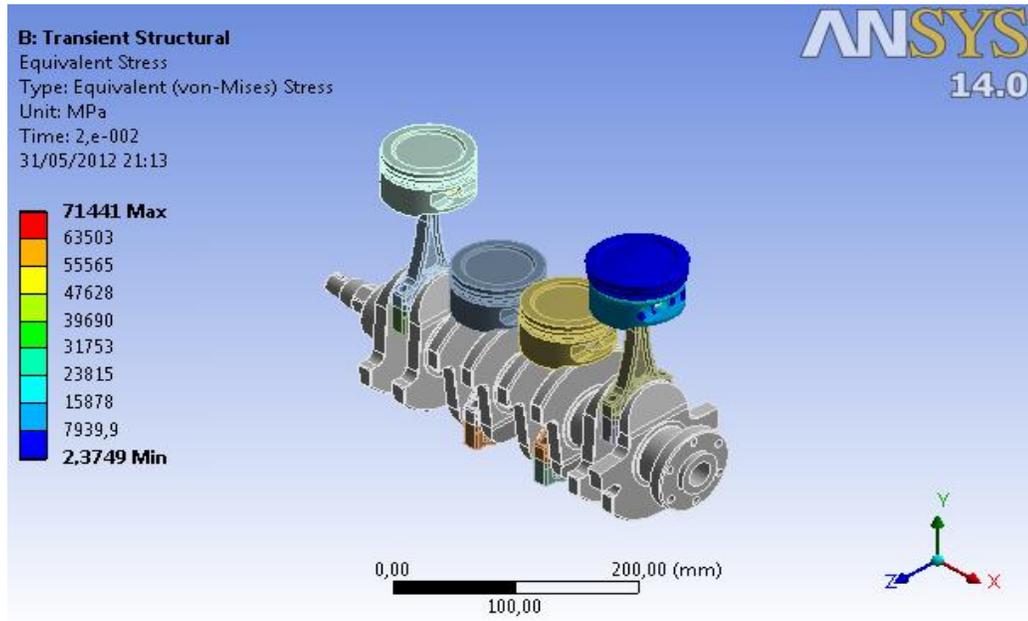
a)



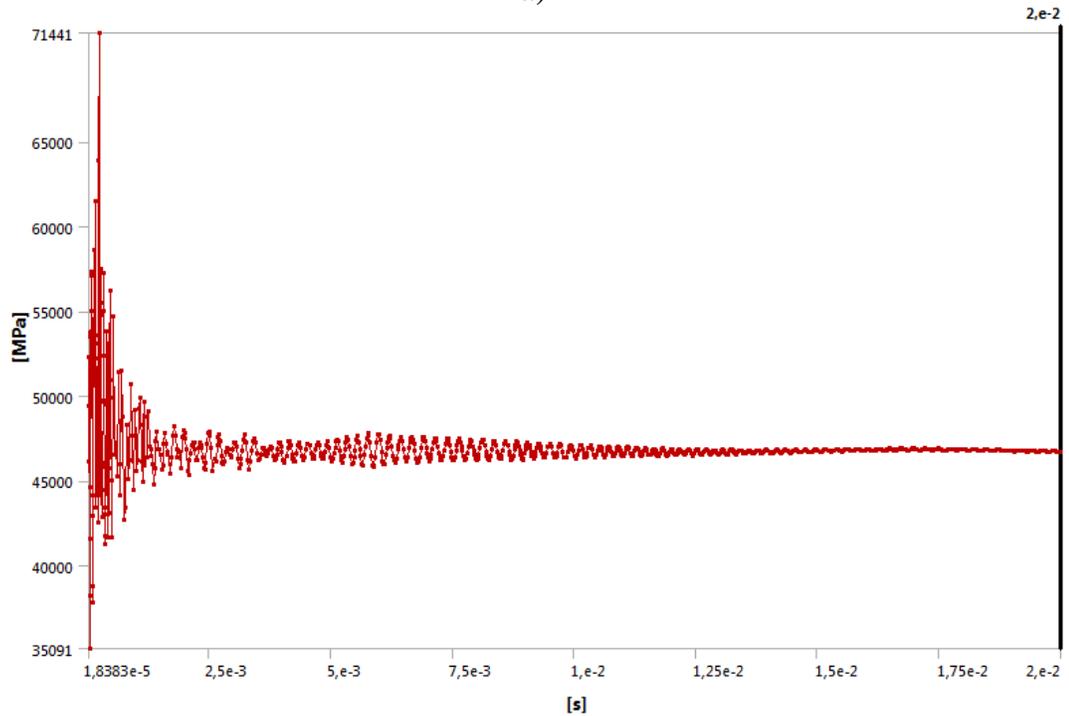
El máximo esfuerzo se produce en el tiempo de explosión 43980 MPa que tiene lugar al inicio del ciclo luego de esto el esfuerzo se reduce manteniéndose con valores menores hasta terminar el ciclo.

b)

Gráfica No. 17: Equivalent Stress (Condiciones Normales)



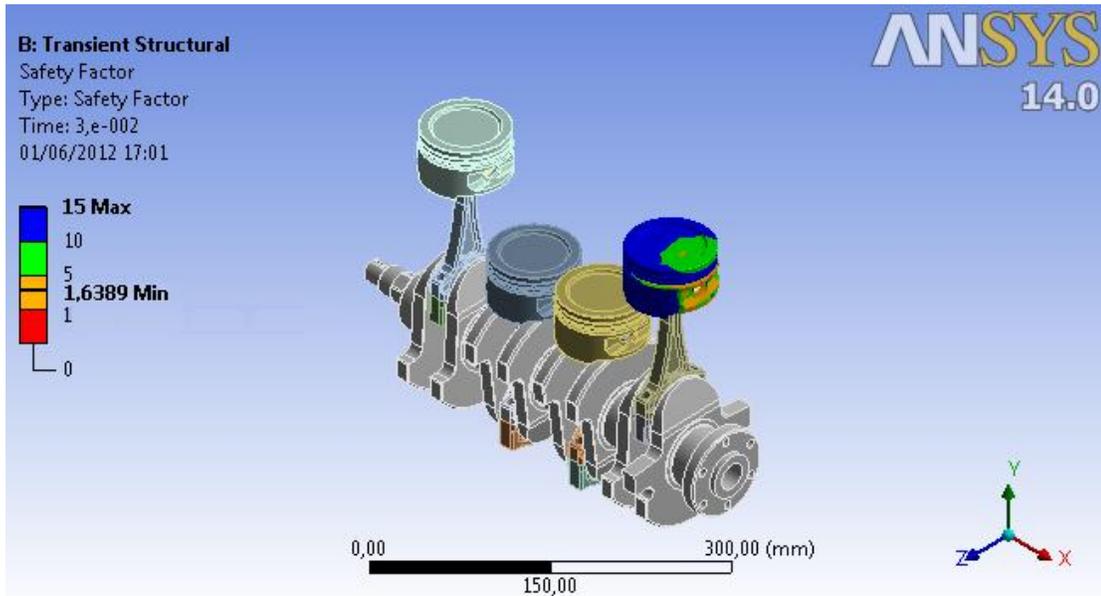
a)



El máximo esfuerzo se produce en el tiempo de explosión 71441 MPa que tiene lugar al inicio del ciclo mucho mayor que en condiciones normales generando así falla en la pieza.

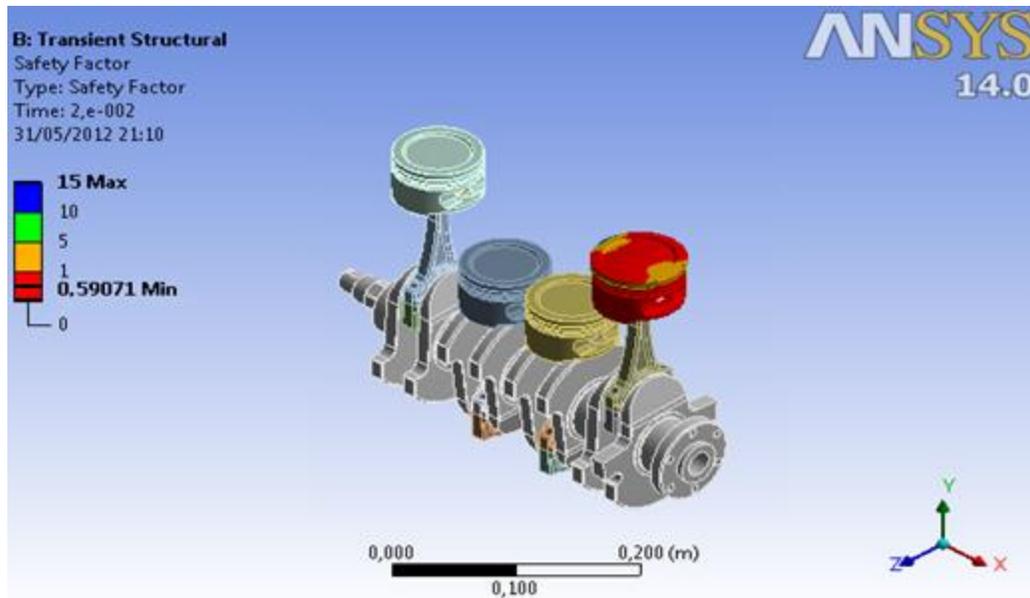
b)

Gráfica No. 18: Equivalent Stress (Condiciones de falla)



El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es >1 por ende se determina los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

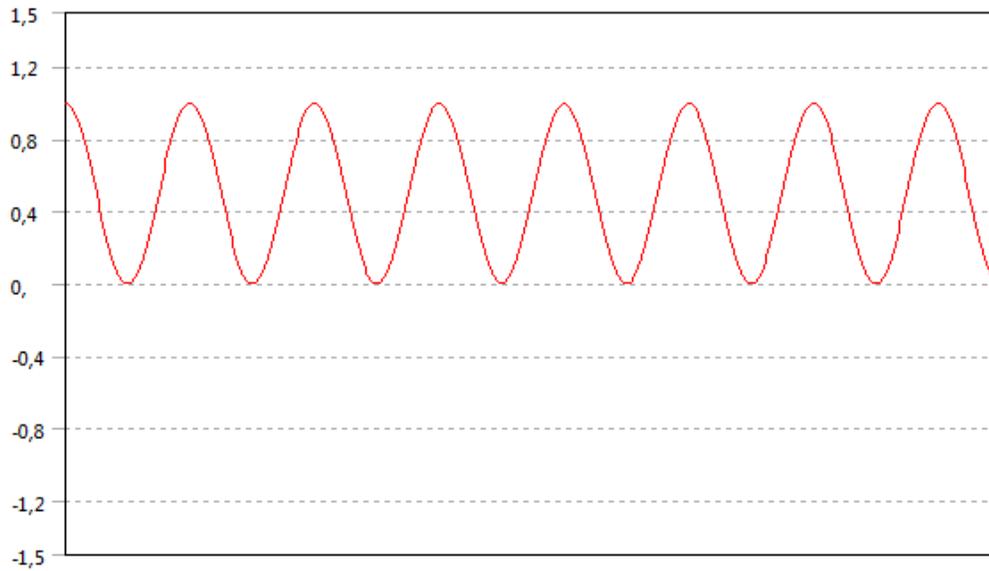
Figura No. 75: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)



El factor de seguridad en condiciones de esfuerzo es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en casi todo el pistón.

Figura No. 76: Stress Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)

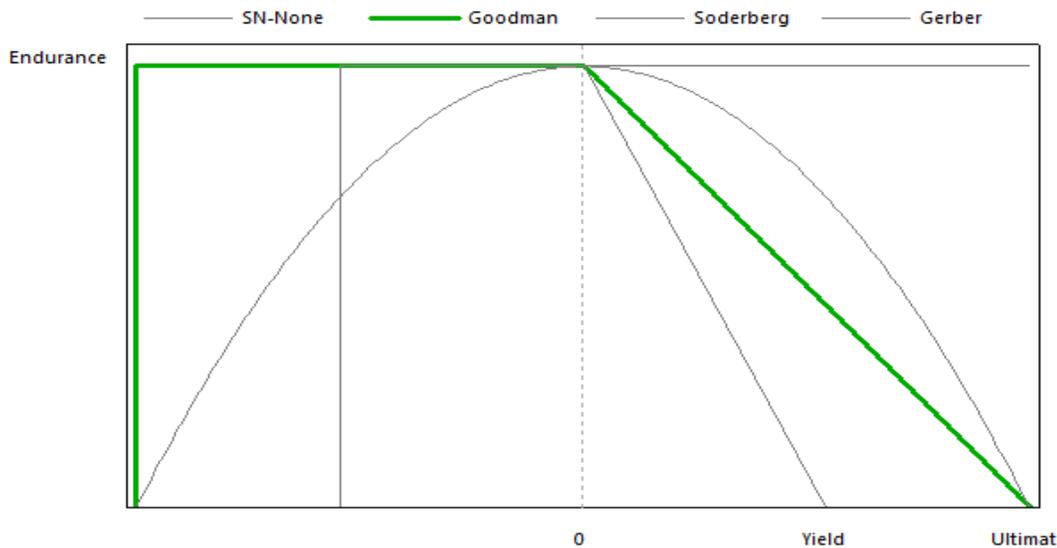
**Constant Amplitude Load
Zero-Based**



El factor de seguridad se determinara dentro del rango especificado en la figura.

a)

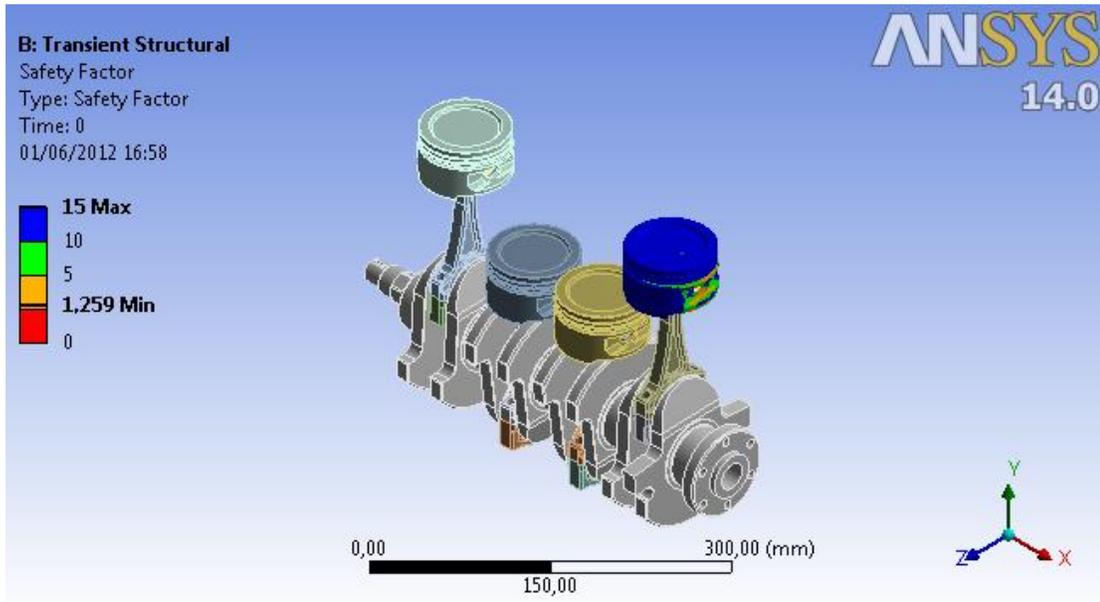
Mean Stress Correction Theory



Goodman es el método utilizado para determinar el factor de seguridad este método ya fue explicado el cap. 4.

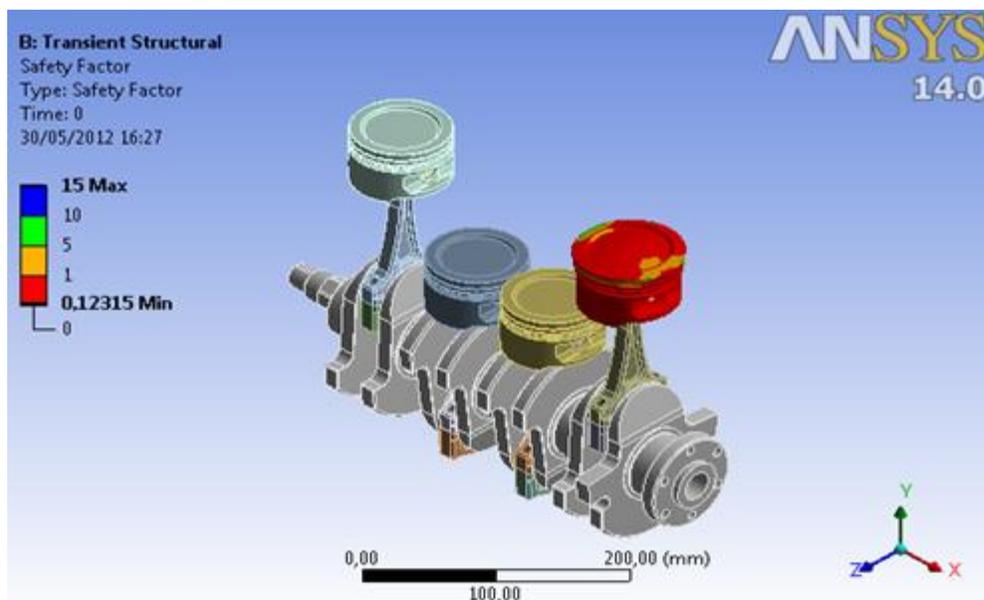
b)

Gráfica No. 19: Fatigue tool: Factor de Seguridad (método utilizado)



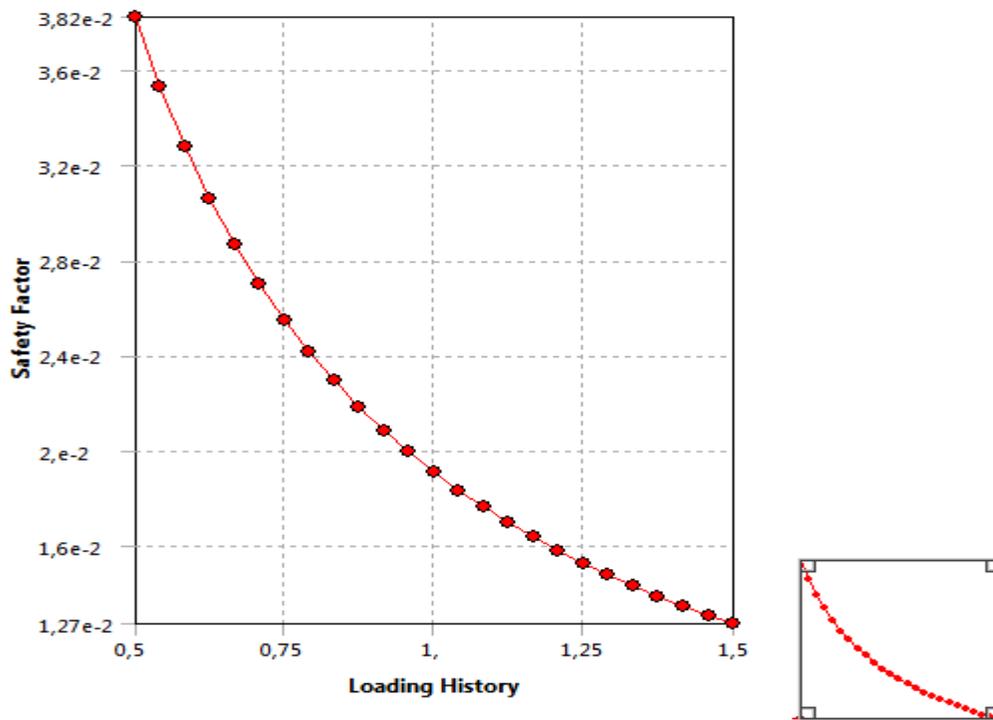
El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

Figura No. 77: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Condiciones Normales)

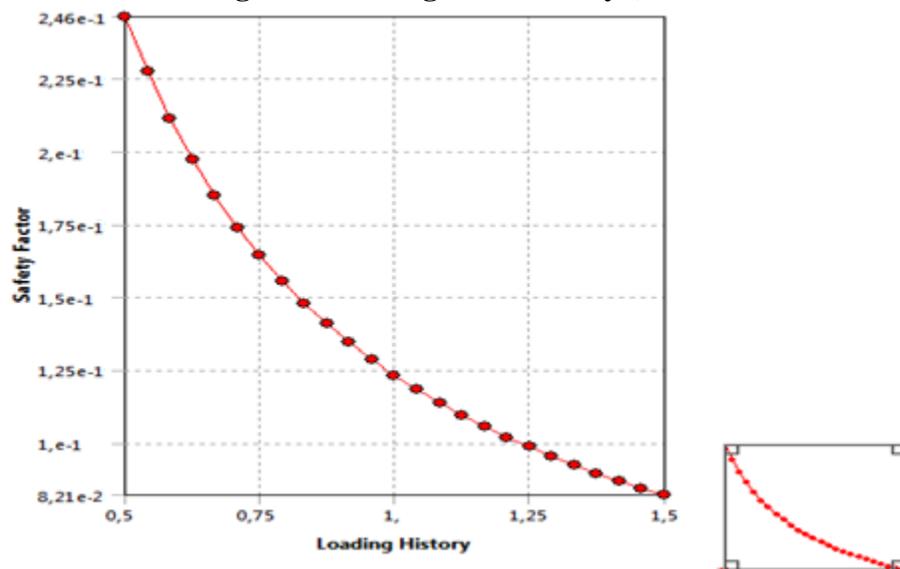


El factor de seguridad en condiciones de fatiga es <1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla se dan en la mayor parte del pistón

Figura No. 78: Fatigue Tool: Factor de Seguridad (Condiciones de Falla)



Gráfica No. 20: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones Normales)



Gráfica No. 21: Fatigue Tool: Fatigue Sensitivity (Condiciones de falla)

Sensibilidad fatiga muestra cómo los resultados de fatiga cambiar en función de la carga en el lugar crítico en el modelo.

Descripción	Condiciones normales	Condiciones de falla
Deformación(m)	0,091155	0,092988
Esfuerzo de von Mises(MPa)	43980	71441
Factor de seguridad(stress tool)	1,6389	0,59071
Factor de seguridad(fatigue tool)	1,259	0,12315

Tabla No. 42: Resultados del Análisis en Ansys

4.6 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA FALLAS

4.6.1. Conceptualización de la falla del cigüeñal

A partir de una sobrecarga motriz por problemas de combustión se logro simular y comprobar que sucede en el cigüeñal, al mirar los grandes esfuerzos que tienen lugar en los muñones de bancada y de biela. Pero la carga aplicada fue en el pistón numero 1 partiendo del ciclo de explosión por lo cual se aprecia que el máximo esfuerzo se produce en la unión del muñón de biela numero 1 con el contrapeso donde se observa el inicio de una posible falla.

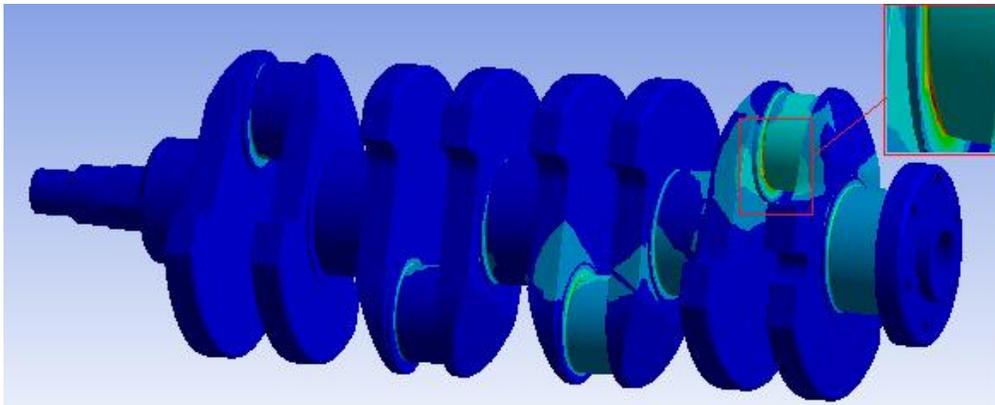


Figura No. 79: Falla Simulada en Ansys



Figura No. 80: Falla producida bajo condiciones de trabajo reales.

4.6.2. Conceptualización de la falla de la biela

La falla se produjo por un sobre esfuerzo que superó el límite elástico del material, que posteriormente provocó el pandeo plástico de la biela, variando bruscamente su geometría. Los esfuerzos más importantes a los que se halla sometida la biela según sus ciclos de carga son compresión y flexión; este tipo de combinación de cargas induce a la distensión de la biela, falla que es considerada en el diseño de la misma. Este fenómeno tiene lugar cuando se supera la carga crítica de pandeo que está en función del momento de inercia I , longitud del elemento L y módulo de elasticidad del material E . Al deformarse la biela, el límite de fluencia ha sido superado y posteriormente se produce la distorsión de la biela.

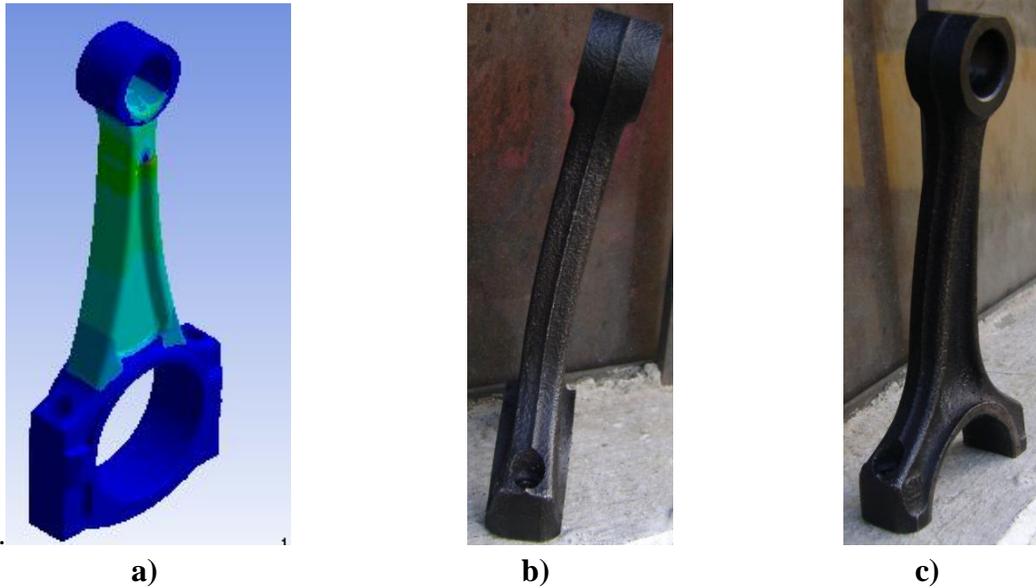
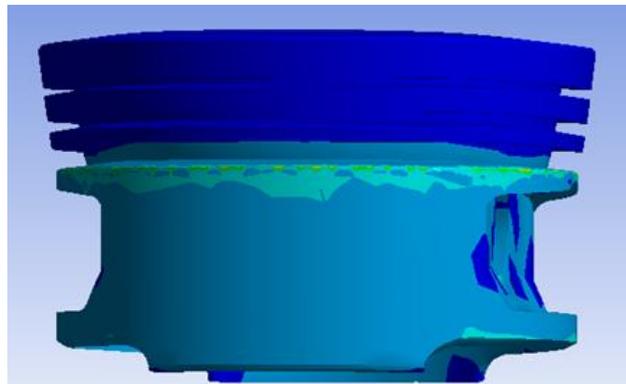


Figura No. 81: a) Falla Simulada en Ansys b) y c) Falla producida bajo condiciones de desempeño real.

4.6.3. Conceptualización de la falla del pistón

La falla se produce por un sobrecalentamiento que ha destruido la película lubricante entre el pistón y el cilindrodando lugar a que se desgaste el pistón esta falla comienza en la falda del pistón, causando que se agarrote y friccione la pared del pistón ya que se a perdido lubricación en ese punto.

En la simulación se observa como al haber sobrecalentamiento empiezan a aparecer puntos críticos al comienzo de la falda del pistón y no el la cabeza del mismo por motivo de que el diseño del pistón, la cabeza es mas pequeña que la falda.



a)



b)

Figura No. 82: a) Falla Simulada en Ansys b) Falla Producida en la Vida Real

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- Se compiló información relacionada a las fallas más reincidentes en el tren alternativo del motor Opel corsa 1600.
- Se realizo la simulación del funcionamiento en el tren alternativo en condiciones normales comprobándose que las piezas utilizadas son efectivas para el tipo de trabajo al que se encuentran sometidas.
- Se confirmó que estos tipos de análisis son muy efectivos para verificar que las piezas estudiadas son aptas o no para la construcción y posterior desempeño de la pieza.
- Se comprobó que las fallas analizadas en el software tienen una gran semejanza con las fallas que se presentan en la vida real de un motor.
- La sobrecarga que sufre el cigüeñal en el análisis realizado arrojó resultados indicando que sus puntos críticos se encuentran en las uniones del muñón con el contrapeso donde se observo mayor esfuerzo que es el comienzo para producirse la falla.
- Se determinó que la biela sufre mayor daño en el cuerpo de biela ya que es aquí donde se produce la torcedura por motivo de se a sobrepasado el limite de elasticidad.
- El sobrecalentamiento que se dio en el pistón mostró que la parte mas afectada del mismo fue la falda del pistón donde se pudo observar un grifado que tuvo lugar por las altas temperaturas debido a una falta de lubricación la cabeza del

pistón no se vio afectada ya que el diseño de la misma es un poco mas pequeño que su falda.

- Las pruebas iniciales sirvieron para familiarizarnos con el manejo de las herramientas computacionales y de esta manera poder realizar con éxito los respectivos análisis.
- El software nos proporciona un modelado del tren alternativo así como la facilidad para simular las fallas obteniendo así diferentes resultados para posteriormente ser comprobados con los obtenidos en fallas reales.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Se debe tener conocimientos de diseño y energía para ingresar los datos en la simulación y el análisis, así como deben ser correctamente calculados para obtener resultados precisos en cada una de las fallas.
- En el modelado del tren alternativo tener precaución al modelar las piezas ya que deben ser exactas al modelo original para no tener problemas al momento del ensamble y posterior mallado y análisis de la falla.
- Al realizar los análisis en el software tener en cuenta el material con el que se va a trabajar, las propiedades del mismo para obtener resultados satisfactorios.
- Para el modelado y análisis del tren alternativo mediante las herramientas computacionales, el graficador deberá poseer buenas aptitudes para el manejo y utilización del mismo
- Promover la utilización del software ANSYS ya que el mismo proporciona muchas aplicaciones para resolver análisis de este tipo de problemas.
- Para obtener una adecuada utilización del software ANSYS se recomienda utilizar una versión mayor a 13 y Autodesk inventor professional 2012 con un procesador mayor a Intel core™ I5.

BIBLIOGRAFIA.

- ANSYS, Inc., TutorialsAnsys, USA, 2009, Editorial Ansys Inc.
- <http://www.ansys.com>
- <http://area.autodesk.com/>
- <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6061t6>
- http://www.autosteel.org/~media/Files/Autosteel/Programs/LongProducts/crankshaft_executive_summary.ashx
- http://cdn.intechopen.com/pdfs/13397/InTech-Fatigue_behaviour_of_welded_joints_made_of_6061_t651
- <http://www.ductile.org/didata/Section3/3part1.htm>
- JÓVAJ, M.S. & TRÚSOV, V.I.: Motores del automóvil, 1982, Moscú, Editorial MIR.
- NORTON, Robert: Diseño de Maquinaria, cuarta edición, 2009, México, Editorial McGraw Hill.

ANEXOS

ANEXO A

**“FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA PARA OBTENER DATOS
REALES DE LAS FALLAS PRESENTADAS EN EL TREN ALTERNATIVO
DEL MOTOR OPEL CORSA 1600 CC.”**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

ENCUESTA PARA LA OBTENCION DE DATOS REALES DE FALLAS
PRESENTADAS EN EL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL CORSA

1600

¿Razón Social del taller?

.....

¿Ubicación del Taller?

.....

¿Cuáles son las fallas más comunes que ha encontrado durante proceso de
reparación de un motor específicamente en sus bielas?

.....
.....

Por favor detalle su criterio técnico sobre el por qué se han producido estas fallas en
las bielas

.....
.....

¿Con qué frecuencia se repite las fallas que menciona en las bielas?

.....
.....

¿Cuáles son las fallas más comunes que ha encontrado durante proceso de
reparación de un motor específicamente en sus pistones?

.....
.....

Por favor detalle su criterio técnico sobre el por qué se han producido estas fallas en las pistones

.....
.....

¿Con qué frecuencia se repite las fallas que menciona en los pistones?

.....
.....

¿Cuáles son las fallas más comunes que ha encontrado durante proceso de reparación de un motor específicamente en su cigüeñal?

.....
.....

Por favor detalle su criterio técnico sobre el por qué se han producido estas fallas en los cigüeñales

.....
.....

¿Con qué frecuencia se repite las fallas que menciona en los cigüeñales?

.....
.....

ANEXO B

**“PLANOS EN AUTODESK INVENTOR 2012 DEL TREN ALTERNATIVO
DEL MOTOR OPEL CORSA 1600 CC.”**

1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

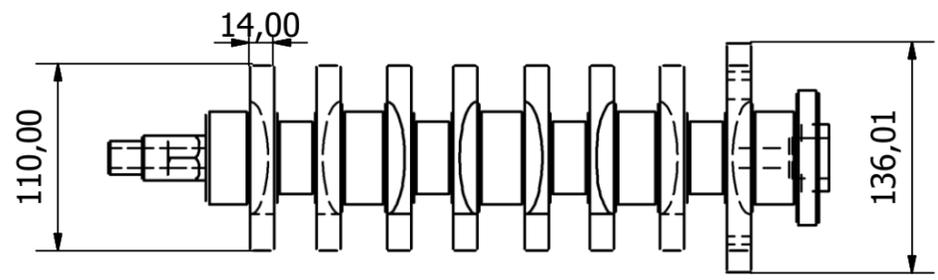
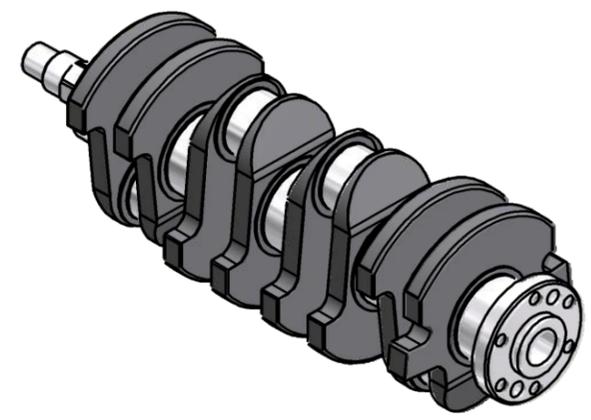
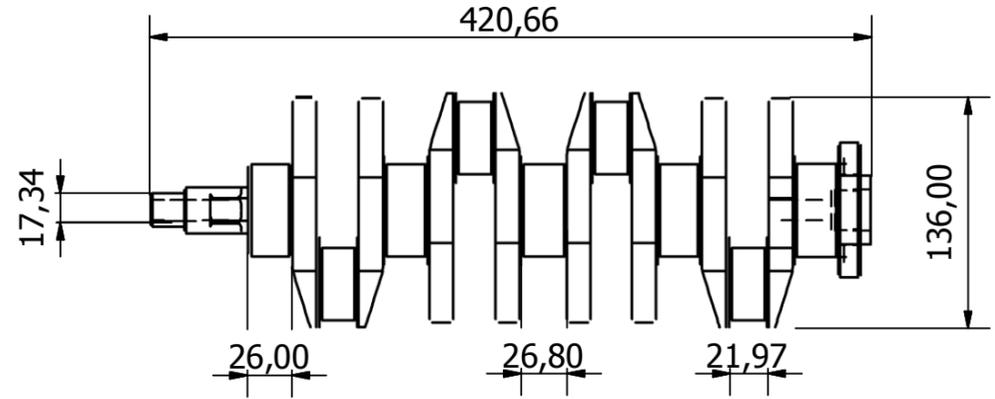
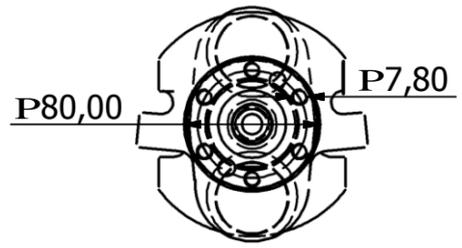
D

A

B

C

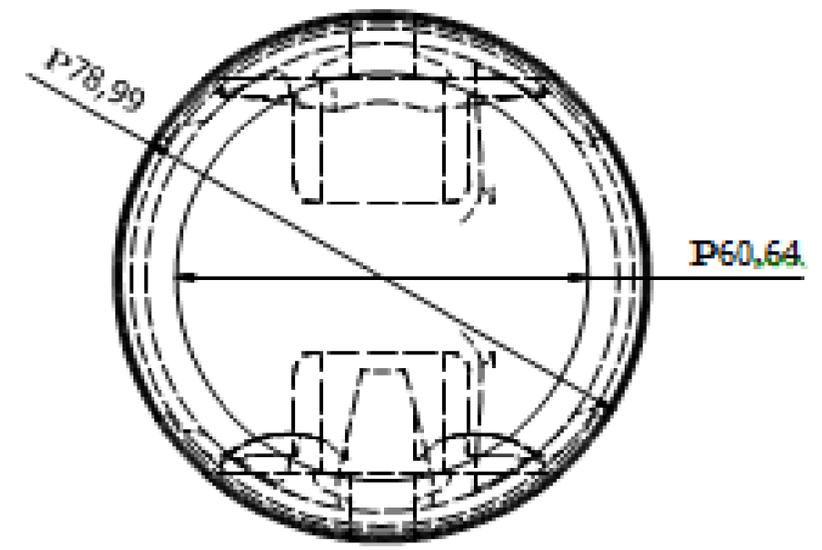
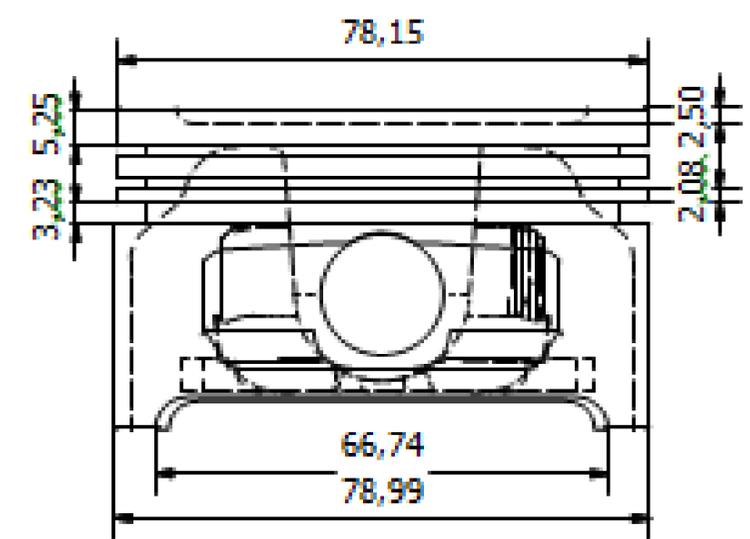
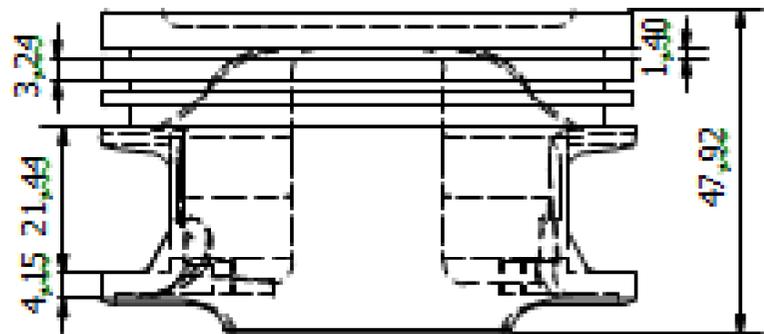
D



				Tolerancia +-0.01	Peso	HIERROFUNDIDO	
						CIGUEFAL	ESCALA 1:4
				Dib. 07-06-2012	Nombre David Vate Jose Manjarres		
				Rev. 07-06-2012	Ing. Manjarres		
				Aprob.	Ing. Manjarres		
				E.S.P.E.L.			
Edi- cion	Modificacion	Fecha	Nombre	IngeniartaAutomotriz			

1 2 3 4





				Tolerancia + - 0.01	Peso	ALUMINIO		
						PISTÓN	ESCALA 1:1	
				Fecha	Nombre			
				Dib. 201111	Ing. Manjemas			
				Rev. 201111	Ing. Manjemas			
				Aprob.	Ing. Manjemas			
				E.S.P.E.L.				
				Ingeniería Automotriz				

“ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL - CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES”

David Sebastián Valle Vásquez,
José Alberto Llangari Arizo. AUTORES¹,

¹Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército extensión
Latacunga,
Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

Email: dasevv87@gmail.com,
Ppin14@hotmail.com.

RESUMEN

Las interrogantes de cómo se producen las fallas en los motores y lo que sucede en los diferentes tipos de piezas han llevado a la ingeniería en la actualidad a tratar de solucionar los problemas por medio de la utilización de software de diseño y de análisis con los cuales se puede llegar a interpretar diferentes tipos de problemas reales que se presentan en la mayoría de maquinas utilizadas en la industria.

Nuestro trabajo se basa en la fundamentación teórica del funcionamiento de un motor, con la investigación exhaustiva de datos técnicos y reales, los que han sido plasmados en el software utilizado, para obtener los resultados correctos en el análisis.

ABSTRACT

The questions of what causes the engine failures and what happens in different types of parts have been engineered for today trying to solve

the problems through the use of software design and analysis with which you may hear different kinds of real problems that occur in most machines used in industry.

Our work is based on the theoretical performance of an engine, with extensive research and real technical data, which have been embodied in the software used to obtain the correct results in the analysis.

I. INTRODUCCION

Desde las primeras construcciones de los motores de combustión interna siempre se ha querido poder saber si estos motores eran los ideales para soportar las cargas a los que son sometidos, pero para poder saber a ciencia cierta si las maquinas podían aguantar dichas cargas se tenían que hacer estudios muy duraderos y reales de ello conllevando un gran gasto de dinero y esfuerzo.

Pero hoy en día gracias a los avances en tecnología tenemos la facilidad de

hacerlo usando software especializados en este tipo de análisis.

Ahora usaremos estas herramientas para ver como a través de ellas podemos simular y analizar que sucede con las piezas de estos motores mientras estas están sometidas a esfuerzos calculados.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado “Análisis de las fallas del tren alternativo del motor Opel - Corsa 1600 mediante el uso de herramientas” consta de cuatro etapas:

1. Marco Teórico.
2. Estudio de Campo
3. Análisis de esfuerzos
4. Modelado y Análisis de falla mediante herramientas computacionales.

Dentro de la etapa 1, se presentará una reseña teórica de las partes y funcionamiento de un motor de 4 cilindros de 1600 c.c. resaltando sus partes más importantes como son pistón, biela y cigüeñal.

En la etapa 2, se tendrá el estudio de campo, que fue la realización de una encuesta en diferentes talleres mecánicos, obteniendo las causas y fallas más comunes que se pueden presentar en un motor 4 cilindros de 1600 c.c., con lo que se logro determinar las fallas a analizar.

En la etapa 3, nos servirá como apoyo para el modelado y análisis respectivo

ya que dentro de este se encuentran medidas principales del motor y los esfuerzos a los que se encuentra sometido.

En la etapa 4, se crearán todos los accesorios del vehículo en el software de diseño de Autodesk, INVENTOR, además se realizaran los estudios dinámicos de las piezas, del vehículo estándar y del automóvil modificado, en el programa de simulación ANSYS, luego se procesaran y analizaran todos los resultados.

III. PROCEDIMIENTO

Inicialmente se procederá a tomar las medidas reales de cada una de las piezas del motor para luego realizar el modelado de las mismas en el programa de diseño Autodesk Inventor en la figura vemos el diseño del tren alternativo.



Figura 1a. Tren alternativo en Inventor

Una vez listo el tren alternativo se procede a realizar el estudio en el software de simulación Ansys, en las figuras se observa el proceso de cada una de las fallas analizadas.

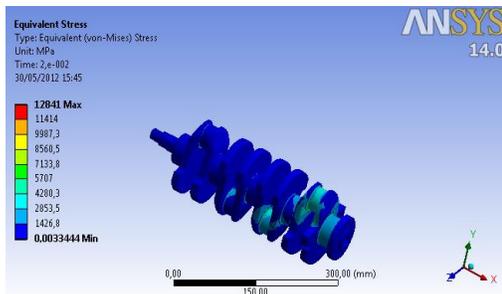


Figura 1b. Cigüeñal condiciones de falla en Ansys

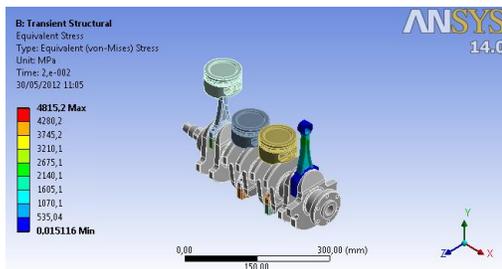


Figura 1c. Biela condiciones de falla en Ansys

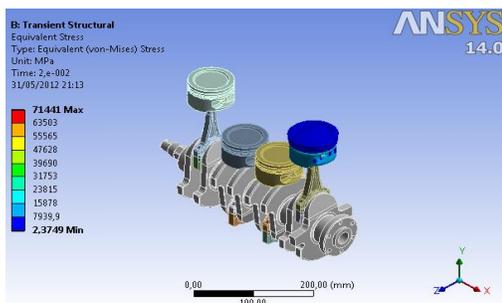


Figura 1d. Pistón condiciones de falla en Ansys

Y por ultimo comparamos los valores resultantes con los conseguidos en fallas reales.

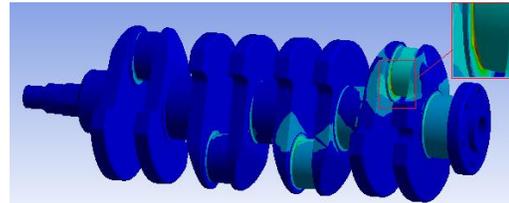


Figura 1e. Cigüeñal visualización de la falla Ansys

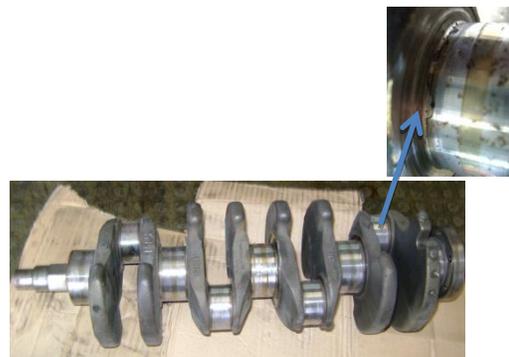


Figura 1f. Cigüeñal visualización de la falla en condiciones de trabajo reales.

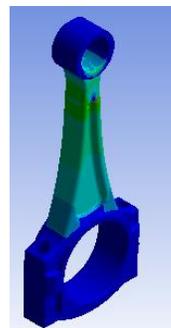


Figura 1g.



Figura 1h.

Biela visualización de la falla en Ansys (1g) y bajo condiciones de trabajo reales (1h)

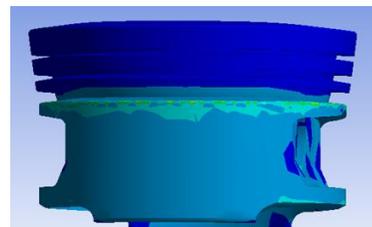


Figura 1i. Pistón visualización de la falla en Ansys



Figura 1j. Pistón visualización de la falla en condiciones de trabajo reales.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

El programa (Ansys), nos entregara resultados de lo que sucede con cada una de las piezas del tren alternativo.

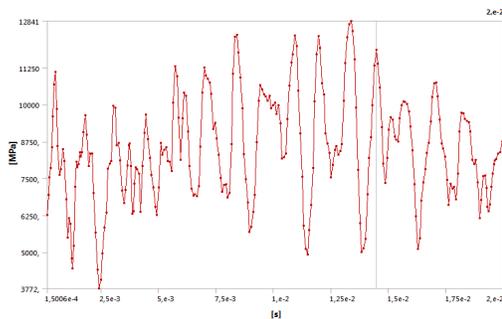


Figura 1k. Esfuerzo al que es sometido el cigüeñal en condiciones de falla

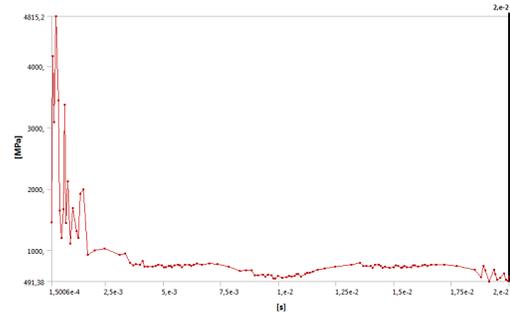


Figura 1l. Esfuerzo al que es sometida la biela en condiciones de falla

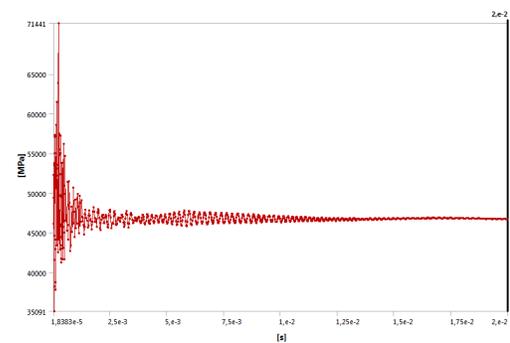


Figura 1m. Esfuerzo al que es sometida la biela en condiciones de falla

Como podemos observar las piezas del tren alternativo en condiciones de falla son sometidas a grandes esfuerzos que producen la falla en las mismas.

V. CONCLUSIONES

- Se modelo los elementos del tren alternativo tomando el CAD como herramienta principal de diseño que permitió realizar el proyecto con éxito.
- Se simulo cada una de las fallas del tren alternativo en el software inventado para este tipo de estudios.

- Se comparo resultados obtenidos del programa en condiciones normales y condiciones de falla viendo una notoria diferencia en cuanto a los esfuerzos a los que son sometidos.
- Se visualizo que las fallas estudiadas si se producen en condiciones de trabajo real.

VI. REFERENCIAS

- ANSYS, Inc., TutorialsAnsys, USA, 2009, Editorial Ansys Inc.
- JÓVAJ, M.S. & TRÚSOV, V.I.: Motores del automóvil, 1982, Moscú, Editorial MIR.
- NORTON, Robert: Diseño de Maquinaria, cuarta edición, 2009, México, Editorial McGraw Hill.

URL:

- <http://www.ansys.com>
- <http://area.autodesk.com/>
- <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6061t6>
- http://www.autosteel.org/~/media/Files/Autosteel/Programs/LongProducts/crankshaft_executive_summary.ashx
- http://cdn.intechopen.com/pdfs/13397/InTech-Fatigue_behaviour_of_welded_joints_made_of_6061_t651
- <http://www.ductile.org/didata/Section3/3part1.htm>

Latacunga, 15 de junio del 2012.

LOS AUTORES:

Valle Vásquez David Sebastián.

Llangarí Arizo José Alberto.

EL DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo.

UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca Corrales.

INGENIERIA AUTOMOTRIZ

“ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR OPEL
- CORSA 1600 MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS
COMPUTACIONALES”

ESPE
2012