

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE MANUFACTURA
MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANUFACTURA



**“Análisis Finito del Calor Generado
en un Sistema de Frenos de
Tipo de Tambor”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

QUE PRESENTA:
César Caín Chávez Sandoval

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRIA EN INGENIERÍA
EN MANUFACTURA**

ASESOR:
Mtro. Juan Antonio López Rodríguez


DEPARTAMENTO:
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA
No. OFICIO:
DIIM-188/16
ASUNTO:
PROYECTO DE TITULACIÓN

27 de Mayo del 2016.

CÉSAR CAÍN CHÁVEZ SANDOVAL
Presente.-

Por este conducto, se le notifica a Usted, que el Proyecto de Titulación denominado: **"Análisis Finito del Calor Generado en un Sistema de Frenos de Tipo de Tambor"**, ha sido revisado y aprobado por su (s) asesor (es), la Academia de Ingeniería en Manufactura y este Departamento, por lo que se le concede autorización para que proceda a su impresión. Asimismo, se le comunica que la fecha de su acto recepcional, ha sido programado para el **miércoles 01 de junio del 2016**; en la siguiente ubicación: **Edificio D, Salón 203, a las 12:00 hrs.**


Agradeceremos, entregue los ejemplares requeridos y realice su presentación, con el fin de efectuar y cumplir con sus trámites correspondientes.




DR. SALVADOR NORIEGA MORALES
Jefe del Departamento de Ingeniería
Industrial y Manufactura




DR. ERWIN ADÁN MARTÍNEZ GÓMEZ
Coordinador de la Academia de Ingeniería
En Manufactura



DR. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ JÁQUEZ
Maestro de la Asignatura



MTRO. JUAN ANTONIO LÓPEZ RODRÍGUEZ
Asesor del Proyecto



DR. FRANCISCO JAVIER LÓPEZ JÁQUEZ
Co-asesor Técnico

Dedicatoria

Dedico este presente trabajo a mi esposa Norma y a mis hijas Xitlali y Paulina por ser la motivación para dar este importante paso en mi vida personal y profesional.

Agradecimientos

A mis maestros por sus enseñanzas, en especial a mi asesor de proyecto M.C. Juan Antonio López Rodríguez por su dirección y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos que me animaron a seguir adelante.

Contenido

Capítulo 1	10
Introducción	
1.1 Antecedentes	10
1.2 Tema	12
1.3 Planteamiento.....	13
1.4 Objetivo.....	13
1.5 Objetivos particulares	13
1.6 Hipótesis.....	14
1.7 Justificación.....	14
1.8 Alcances	14
1.9 Limitaciones	15
1.10 Plan de trabajo.....	15
Capítulo 2	17
Marco teórico	
2.1 Sistemas automotrices.....	17
2.1.1. Motor	17
2.1.2. Tren propulsor	18
2.1.3. Rines, Llantas y Frenos	18
2.1.4. Suspensión	18
2.1.5. Dirección	18
2.1.6. Sistema Eléctrico	18
2.1.7. Carrocería y Chasis	19
2.2 Sistema de frenado	19
2.2.2. Frenos de disco	20
2.2.3. frenos de tambor	21
2.2.4. Tambor	22
2.2.5. Plato de freno.....	23
2.2.6. Forma y características de las zapatas	24
2.2.7. Tipos de freno de tambor	24
2.2.8. Bombines o cilindros de freno de tambor	28
2.2.9. Sistema de reglaje de los frenos de tambor.....	30
2.3 Ingeniería Asistida por Computadora	33
2.4 Reseña del sistema de frenos en vehículos	34
2.5 Materiales de las zapatas	35
2.6 Materiales de los tambores y discos	36
CAPITULO 3	37
Desarrollo	
3.1 Determinar ecuaciones	37
3.2 Temperatura a disipar durante el frenado.....	44
3.3 Calculo manual	46
3.4 Determinación de fronteras	48

3.5 Corrida de análisis.....	48
3.5.2. Parte (<i>Part</i>).....	49
3.5.3. Propiedades (<i>Property</i>):.....	50
3.5.4. Ensamble (<i>Assembly</i>):.....	50
3.5.5. Paso (<i>step</i>):.....	54
3.5.6. Interacción (<i>Interaraction</i>):.....	56
3.5.7. Carga (<i>Load</i>):.....	59
3.5.8. Mallado (<i>Mesh</i>):.....	62
3.5.9. Optimización (<i>Optimization</i>).....	65
3.5.10. Trabajo (<i>Job</i>):.....	65
3.5.11. Visualización (<i>Visulization</i>):.....	66
3.5.12. Bosquejo (<i>Scketch</i>).....	66
3.5.13. Resultados de análisis.....	67
Capitulo 4.....	71
Conclusiones	
4.1 Análisis de datos.....	71
4.2 Futuros proyectos.....	71
4.3 Glosario.....	72
4.4 Apéndice.....	73
4.5 Anexo A, Presentación defensa de tesis.....	84

Lista de Figuras

Figura 1.1. Varias configuraciones de cuchillas de ventiladores centrífugos [4].	11
Figura 2.1. Esquema básico de un circuito de frenos.	19
Figura 2.2. Freno de disco.	20
Figura 2.3. Esquema de un sistema de frenos de disco [7].	21
Figura 2.4. Elementos que forman un tambor de freno [6].	21
Figura 2.5. Tambores de freno.	22
Figura 2.6. Conjunto de tambor-rueda montado [6]s.	22
Figura 2.7. Diagrama de explosión de un freno de tambor [6].	23
Figura 2.8. Esquema interno de un plato de freno [6].	24
Figura 2.9. Zapatas de freno de tambor [6].	24
Figura 2.10. Freno de tambor simplex [6].	25
Figura 2.11. Distribución de la presión de frenado en las zapatas (Giro a la derecha) [6].	25
Figura 2.12. Distribución de la presión de frenado en las zapatas (Giro a la izquierda) [6].	26
Figura 2.13. Freno de tambor duplex [6].	26
Figura 2.14. Distribución de la presión de frenado en las zapatas en frenos dúplex [6].	27
Figura 2.15. Freno de tambor duo-servo [6].	28
Figura 2.16. Distribución de la presión de frenado en las zapatas en frenos duo-servo [6].	28
Figura 2.17. Diagrama de explosión de un bombín de doble pistón.	29
Figura 2.18. Diagrama de explosión de un bombín de un solo pistón.	29
Figura 2.19. Sección de un bombín de émbolo escalonado [6].	30
Figura 2.20. Esquema de un sistema bendix [6].	31
Figura 2.21. Diagrama de explosión del conjunto ajustador [6].	31
Figura 2.22. Esquema de ajustador bendix [6].	32
Figura 2.23. Diagrama de explosión de un sistema Girling.	32
Figura 2.24. Carro de Cugnot primer carro conocido movido por vapor [1].	35
Figura 3.1. Geometría de interacción interna de la zapata.	40
Figura 3.2. Geometría asociada con un punto arbitrario en la zapata.	41
Figura 3.3. Distribucion de la presio P_a según el angulo \emptyset .	42
Figura 3.4. Fuerzas actuantes en la zapata.	42
Figura 3.5. Módulos de programa Abaqus.	48
Figura 3.6. Geometría generada en ambiente de Abacus del tambor.	49
Figura 3.7. Geometría generada en ambiente de Abacus de la zapata.	50
Figura 3.8. nterface para crear las intancias.	51
Figura 3.9. Localización de las características comunes en los componentes.	51
Figura 3.10. Grupos de elementos y geometrías de control.	52
Figura 3.11. Superficies de control.	53
Figura 3.12. Lista de pasos para la corrida del análisis.	54
Figura 3.13. Descripción y valores del paso 1.	55
Figura 3.14. Descripción y valores del paso 2.	55
Figura 3.15. Nombres de los campos de salida.	56
Figura 3.16. Detalles de los campo de salida 1, 2 y 3.	56
Figura 3.17. Nombres de la interacciones entre los componentes.	57
Figura 3.18. Valores y geometias para la interaccion DISFILM-1.	57
Figura 3.19. Valores y geometias para la interaccion INTERF-STEP-1.	58
Figura 3.20. Lista de propiedades de interacción.	58
Figura 3.21. Presión aplicada en la zapata.	59
Figura 3.22. Nombres de las condiciones de frontera.	60
Figura 3.23. Posibles condiciones de frontera.	60
Figura 3.24. Valores de las Figuras de condiciones de frontera.	61
Figura 3.25. Campos predefinidos de control.	61

Figura 3.26. Características y geometría de aplicación del campo predefinido.....	62
Figura 3.27. Relación de la malla con los componentes.....	62
Figura 3.28. Valores predefinidos para generación de malla.....	63
Figura 3.29. Malla con posibilidad de generar errores de salida.	63
Figura 3.30. Malla modificada.....	64
Figura 3.31. Selección de las condiciones del tipo de malla (C3D8RT).	64
Figura 3.32. Nombres de los trabajos corridos en el análisis.....	65
Figura 3.33. Monitoreo del análisis durante la corrida.	66
Figura 3.34. Valores y visualización de resultados.....	66
Figura 3.35. Relación Vueltas-temperatura	67
Figura 3.36. Relación Vueltas-temperatura-tiempo.....	68
Figura 3.37. Relación tiempo-vueltas contante.....	69
Figura 3.38. Mapa de temperatura y datos - simulación del ejemplo mostrado en los cálculos manuales.	70

Lista de Tablas

Tabla 1.1. Clasificación de las pastillas de freno [1].	12
Tabla 1.2. Cronograma de actividades.	15
Tabla 2.1. Composiciones históricas de materiales de fricción de frenos del automóvil [1].	35
Tabla 3.1. Valores de p. v recomendados según el tipo de servicio [7].	46
Tabla 3.2. Comportamiento de los materiales.	50
Tabla 3.3. Detalles de elementos y geometrías de control.	52
Tabla 3.3 Detalles de elementos y geometrías de control (Cont.).....	52
Tabla 3.4. Descripción de las superficies de control.....	53
Tabla 3.5. Valores de las propiedades de interacción.	59
Tabla 3.6. Temperaturas de los elementos a diferentes giros.	67
Tabla 3.7. Temperaturas de los elementos a diferentes giros y variacion del tiempo.	68
Tabla 3.8. Temperatura incrementando el tiempo y manteniendo las vueltas	69

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En años recientes la competitividad de las compañías no solo se da en el ámbito de estar en los mercados mundiales, sino también en estar a la vanguardia en uso de las nuevas tecnologías y sobre todo en la introducción de nuevos productos al mercado en tiempos relativamente cortos, y con los índices más altos de calidad [1].

El uso de las computadoras en estos días cada vez más veloces y el desarrollo de programas son herramientas indispensables para la toma de decisiones, y que ayudan en análisis de mercados, cadena de suministros, control de inventario, entre otros, estas herramientas han influido directamente en la competitividad y en forma determinante en las compañías modernas [1].

Uno de los programas de mayor importancia en el desarrollo de nuevos productos o en el análisis de fallas de productos ya en el mercado, son los programas de análisis finitos por sus siglas en inglés FEA (Finite Element Analisis) que resuelven ecuaciones para modelos matemáticos basados en las simulaciones de las condiciones de aplicación a los que estarán sometidos los componentes de un producto o sistema [2].

El sistema que se va a analizar en este proyecto es el del frenado automotriz para conocer sus condiciones de operación en lo que se refiere a la generación de temperatura y proponer nuevos diseños o sistemas auxiliares para reducir las temperaturas de operación y así mejorar su desempeño y posiblemente incrementar su vida de operación [3].

El sistema de frenado automotriz es uno de los principales dispositivos de seguridad de los automóviles, cuya función principal es llevar los automóviles de un estado en movimiento a estado de reposo en el menor tiempo posible, para evitar la colisión contra un obstáculo o detenerse para obedecer las señales de tránsito, por lo que este sistema debe ser diseñado para condiciones extremas de operación tanto de temperatura como de estrés mecánico [4].

Se han desarrollado algunos trabajos en el diseño de los discos para mejorar la disipación de calor Figura 1.1. Otros trabajos se han desarrollado para los materiales de fricción la Tabla 1.1 muestra la base de los diferentes composiciones de materiales [3].

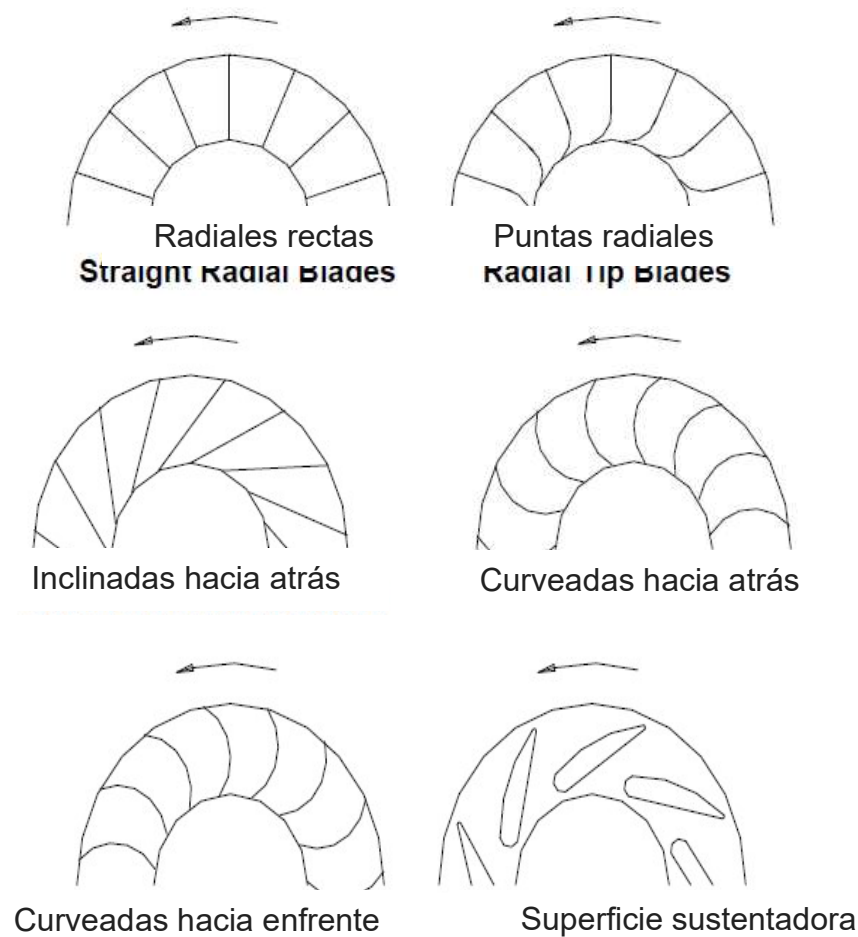


Figura 1.1. Varias configuraciones de cuchillas de ventiladores centrífugos [4].

Tabla 1.1. Clasificación de las pastillas de freno [3].

Componentes	Ventajas	Desventajas
Vidrio	Suficiente resistencia térmica (alto punto de fusión de 1430 ° C, pero comenzará a ablandarse a aproximadamente 600 ° C)	Frágil
Metálico	Acero y cobre térmicamente resistentes tienen puntos de fusión superior a 1.000 ° C	Grandes cantidades pueden causar un desgaste excesivo del rotor; puede corroer
Aramida	Buena rigidez en relación al peso, excelente resistencia térmica, buena resistencia al desgaste	Suave, No se puede utilizar sin otras fibras
Titanato de potasio (un tipo de cerámica)	Térmicamente resistente (alto punto de fusión aproximadamente 1,371 mil ° C); muy duro- buena resistencia al desgaste	Peligroso para la salud
Sepiolita	Térmicamente resistente (alto punto de fusión aproximadamente 1550 ° C); capaz de absorber líquidos	Peligro potencial para la salud
Cerámica	Térmicamente resistente (alto punto de fusión aproximadamente 1700-2040 ° C); buena rigidez-buena relación de peso	Frágil

1.2 Tema

Análisis finito virtual del calor generado en un sistema de frenado de tipo de tambor para obtener las temperaturas críticas a considerar en el diseño de estos sistemas, el modelo se va a desarrollar en Abaqus, programa para la ingeniería asistida por computadora, en él se van a modelar las geometrías del disco y las balatas, así como también se asignarán los materiales de construcción de estos incluyendo sus propiedades mecánicas y de temperatura como consideraciones de entrada y esperando como salida la temperatura generada por la presión ejercida de la zapatas sobre el tambor y el coeficiente de fricción entre ellos en el momento de frenado.

1.3 Planteamiento

El problema de disipación de calor en un sistema de frenado automotriz es primordial para la selección de los materiales de construcción, el diseño de sus componentes para hacer más eficiente la disipación, y en algunos casos el use de aire direccionado para hacer estos sistemas más eficientes en la disipación de calor.

1.4 Objetivo

Desarrollar un modelo de un sistema de frenado de tipo de tambor, aplicando las condiciones de trabajo del sistema, el modelo se va a desarrollar en Abaqus, programa para la ingeniería asistida por computadora, basado en la metodología de elementos finitos, en él se van a modelar las geometrías del disco y las balatas, teniendo como consideraciones de entrada los materiales de construcción, incluyendo sus propiedades mecánicas y coeficientes de expansión térmica y esperando como salida la temperatura generada por la presión ejercida de la zapatas sobre el disco y el coeficiente de fricción entre ellos en el momento de frenado.

1.5 Objetivos particulares

Adicional al objetivo se listan tres objetivos particulares el primero a manera de comprobación del modelo, corriéndolo a diferentes vueltas, incluyendo un cálculo manual, el segundo incluye el archivo de texto para la entrada del modelo en Abacus y el tercero una lista de posibles futuros proyectos relacionados a estos sistemas, algunos con interacción entre los proyectos, y listado también la creación de un modelo físico para comprobar los resultados obtenidos en los diferentes análisis.

1.6 Hipótesis

Mediante las herramientas de ingeniería asistida por computadora bajo la metodología de elementos finitos es posible tener temperaturas con tendencias de acuerdo a lo esperado en un evento de frenado.

$$\mu_{FEA} = \mu_c$$

No tiene un comportamiento de acuerdo a lo esperado.

$$\mu_{FEA} \neq \mu_c$$

μ_{FEA} = Valor de la temperatura obtenido por el método de elementos finitos (Abaqus)

μ_c = Valor de la temperatura calculado.

1.7 Justificación

La temperatura en el sistema de frenado es un factor crítico de seguridad en la operación de estos así como en la durabilidad de los mismos, por lo que conociendo el comportamiento de la temperatura en los sistemas de frenado se podría incrementar el factor de seguridad y el desempeño.

1.8 Alcances

El alcance del proyecto se va limitar a la correlación del valor de la temperatura obtenido manualmente contra el valor de la temperatura obtenido por el análisis de elementos finitos y obtener el mapa térmico del sistema de freno de tambor para soportar futuros proyectos relacionados al diseño de estos sistemas, materiales de fricción y métodos externos de enfriamiento de los mismos.

1.9 Limitaciones

El proyecto se va a limitar a mostrar el mapa de distribución de temperatura en los componentes del sistema de frenado.

No va a recomendar materiales de fricción ni materiales de los tambores, las recomendaciones de geometrías también quedarán fuera de este proyecto.

1.10 Plan de trabajo

En esta sección se van a listar las actividades para el desarrollo de trabajo de tesis, incluyendo las fechas para completar cada actividad.

Tabla 1.2. Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	NOTES
Inicio de proyecto	1/18/2016		
Investigación de análisis similares	1/18/2016	2/12/2016	Base de datos de Abaqus
Determinar ecuaciones	2/13/2016	2/19/2016	Ecuaciones de disipación, transferencia de calor y coeficientes de fricción.
Modelado de frenos	3/17/2016	3/20/2016	
Determinación de fronteras	3/21/2016	3/26/2016	
Corrida de análisis	3/27/2016	3/30/2016	
Comparación de datos	3/31/2016	4/2/2016	
Retroalimentación	4/3/2016	4/6/2016	
Fin de Proyecto	4/13/2016		

Investigación de análisis similares: Buscar en base de datos del programa Abaqus ejemplos relacionados a análisis que involucren generación de temperatura por la fricción entre un cuerpo fijo y otro en movimiento, para establecer un punto de partida para el análisis de la temperatura generada en el evento de frenado y también las consideraciones básicas del modelo.

Determinar ecuaciones: La mejor forma de interpretar los resultados de un análisis finito, es tener un conocimiento básico de las ecuaciones o fórmulas que dan origen a los resultados de las variables analizadas del sistema, por lo que el conocer estas ecuaciones es fundamental para en cierta forma validar los resultados obtenidos.

Modelado de frenos: Para el análisis finito se van a modelar en 3D los componentes de sistema de frenos de tambor dentro del módulo de parte en el programa de Abaqus con dimensiones aproximadas de un sistema real de frenos de un tracto camión.

Determinación de fronteras: Las fronteras que limitan el sistema en el análisis finito son primordiales para simular el sistema real, para que los resultados obtenidos sean lo más cercanos a lo que trabaja el sistema en la realidad.

Corrida de análisis: Se iniciarán las primeras simulaciones para visualizar que otros requerimientos son necesarios para el análisis finito para obtener una simulación completa y obtener los primeros resultados.

Comparación de datos: Se van a comparar los datos obtenidos en las simulaciones para validar el análisis y determinar la confiabilidad del modelo y considerarlo para futuros análisis.

Retroalimentación: Para hacer ajustes al modelo y basados en la comparación se harán los ajustes necesarios al modelo para obtener una confiabilidad mayor del modelo.

Confirmación: Para confirmar se buscará un proyecto o ejemplo con valores ya calculados y correr este modelo para comparar los datos y así obtener una confirmación del modelo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se van a describir las áreas que se van involucrar para el desarrollo del proyecto, empezando por describir los sistemas principales de un automóvil, posteriormente se describirán los sistemas de frenado y el funcionamiento básico y algunas variantes de estos sistemas, tanto en la composición de los materiales y las geometrías de sus componentes. Posteriormente se mencionará la parte básica de lo que es la ingeniería asistida por computadora y análisis de elementos finitos (CAE), para obtener los valores teóricos del sistema.

2.1 Sistemas automotrices

Las partes móviles esenciales que hacen que se ponga en marcha, se detenga y de vuelta, son pocas y muy similares en cualquier automóvil. A pesar de las enormes diferencias en diseño, rendimiento y costos, la mayoría de los automóviles funcionan con los mismos principios mecánicos. Para comprender mejor como funciona un automóvil a continuación se mostraran los siete sistemas que lo componen [5].

2.1.1. Motor

Es un tipo de una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Un motor tiene de 120 a 150 partes móviles que deben ser lubricadas para evitar el desgaste excesivo [5].

2.1.2. Tren propulsor

La fuerza motriz que entrega el motor llega a las ruedas por medio del tren propulsor, sus componentes dependen de la posición del motor y el tipo de transmisión (delantera o trasera), en todos los casos encontramos la caja de cambios que permite variar la fuerza, velocidad y dirección en que avanza el automóvil [5].

2.1.3. Rines, Llantas y Frenos

Estos elementos trabajan en conjunto soportando el peso del automóvil y resistiendo diversas fuerzas. Además permiten un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque y la disminución o detención total del automóvil [5]

2.1.4. Suspensión

Es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que circula el automóvil para la comodidad y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el chasis y las ruedas, las cuales reciben de forma directa las irregularidades de la superficie transitada [5].

2.1.5. Dirección

Es el conjunto de mecanismos que tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el automóvil tome la trayectoria deseada por el conductor [5].

2.1.6. Sistema Eléctrico

Este se compone por una batería de 12 volts la cual proporciona la corriente inicial al motor de arranque, también envía corriente a la bobina que la transforma hasta en 40000 volts y luego la envía a las bujías que dan la ignición al motor, además junto con el alternador

proporcionan corriente suficiente para todos los demás accesorios del automóvil, entre estos las luces y los instrumentacion de comunicación para el conductor [5].

2.1.7. Carrocería y Chasis

Son el soporte básico para todos los componentes del automóvil, desde el motor hasta los asientos, además protegen a todos sus elementos y a los pasajeros de las condiciones ambientales, también le dan la forma y elegancia característica al automóvil proporcionándole una superficie aerodinámica [5].

2.2 Sistema de frenado

Para frenar el vehículo se necesita absorber la energía cinética producida en su desplazamiento. Esto se realiza por fricción entre dos piezas de elevado coeficiente de adherencia, una de ellas fija, como son las zapatas o pastillas de freno, y la otra móvil, que pueden ser los tambores o los discos de freno, según se empleen frenos de tambor o frenos de disco o la combinación de ambos en las distintas ruedas. El frotamiento entre sí de estos dos elementos detiene el movimiento de las ruedas y transforma la energía de movimiento en calor, que es disipado a la atmósfera por las corrientes de aire que circulan a través de ellos durante el desplazamiento del vehículo.

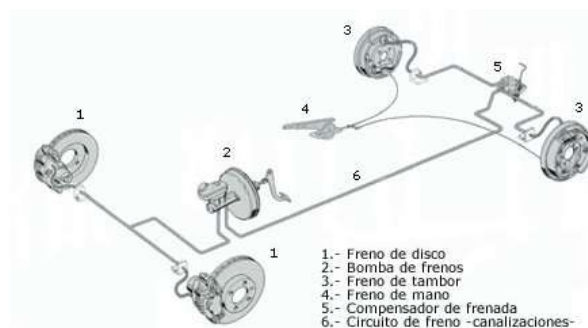


Figura 2.1. Esquema básico de un circuito de frenos.

Según los elementos empleados y la forma de efectuar el desplazamiento de la parte móvil, los frenos empleados en las ruedas pueden ser de dos tipos: frenos de disco y frenos de tambor y estos a su vez en cuatro más según la forma de ser accionados: frenos mecánicos, frenos hidráulicos, frenos neumáticos, frenos eléctricos [6].

2.2.2. Frenos de disco

Este tipo de freno adoptado en la mayoría de los vehículos, por su acción de frenado energética, se traduce en una menor distancia de parada. Ello es debido a que los elementos de fricción van montados al aire, al disponer de una mejor ventilación, la absorción de energía y transformación en calor se puede realizar más rápidamente [7].



Figura 2.2. Freno de disco.

El freno de disco está formado por un disco que se une al buje de la rueda o forma parte de él, girando con la rueda y constituyendo el elemento móvil de frenado. Sobre este disco, abarcando aproximadamente la quinta parte de la superficie del mismo, va montada una mordaza sujeta al puente o mangueta en cuyo interior se forman los cilindros por los que se desplazan los pistones. A estos pistones se unen las pastillas de freno de un material similar a los ferodos de las zapatas utilizadas en los frenos de tambor [7].

Por el interior de la mordaza (2) van situados los conductos por donde se comunica el líquido de freno a los cilindros (3), acoplando en (A) el latiguillo de freno y en (B) el purgador. El líquido a presión, procedente del circuito de frenos y que entra por (A), desplaza a los pistones (4) hacia el interior, aplicando las pastillas de freno (5) sobre el disco (1), las cuales, por fricción, detienen el giro del mismo [7].

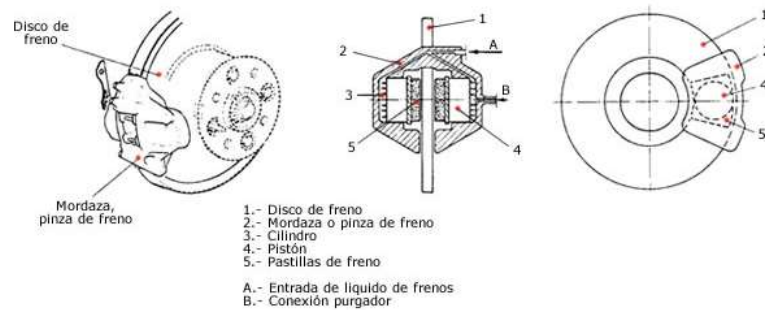


Figura 2.3. Esquema de un sistema de frenos de disco [7].

2.2.3. frenos de tambor

Este tipo de freno está constituido por un tambor, que es el elemento móvil, montado sobre el buje de la rueda por medio de unos tornillos o espárragos y tuercas, del cual recibe movimiento, y un plato de freno, elemento fijo sujeto al puente o la mangueta. En este plato van instalados los elementos de fricción, llamados ferodos, y los mecanismos de accionamiento para el desplazamiento de las zapatas [6].



Figura 2.4. Elementos que forman un tambor de freno [6].

2.2.4. Tambor

El tambor es la pieza que constituye la parte giratoria del freno y que recibe la casi totalidad del calor desarrollado en el frenado. Se fabrica en fundición gris perlítica con grafito esferoidal, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación y que absorbe bien el calor producido por el rozamiento en el frenado. Cabe destacar también, para ciertas aplicaciones, las fundiciones aleadas, de gran dureza y capaces de soportar cargas térmicas muy elevadas [6].



Figura 2.5. Tambores de freno.

El tambor va torneado interior y exteriormente para obtener un equilibrado dinámico del mismo, con un mecanizado fino en su zona interior o de fricción para facilitar el acoplamiento con los ferodos sin que se produzcan agarrotamientos. En la zona central lleva practicados unos taladros donde se acoplan los espárragos de sujeción a la rueda y otros orificios que sirven de guía para el centrado de la rueda al buje [6].

El diámetro de los tambores, según las características del vehículo, esta normalizado según la norma UNE 26 019.

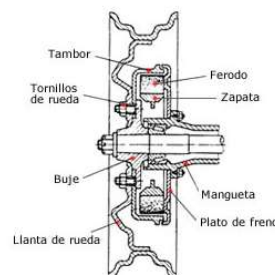
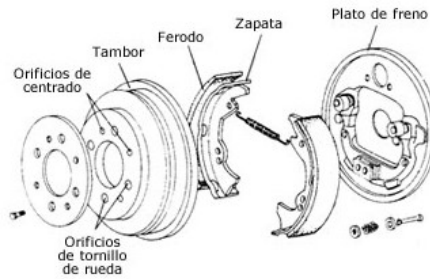


Figura 2.6. Conjunto de tambor-rueda montado [6]s.



Despiece del freno de tambor

Figura 2.7. Diagrama de explosión de un freno de tambor [6].

2.2.5. Plato de freno

El plato de freno está constituido por un plato porta frenos o soporte de chapa embutida y troquelada, sobre el que se monta el bombín o bombines de accionamiento hidráulico y las zapatas de freno y demás elementos de fijación y regulación. Las zapatas se unen por un extremo al bombín y por el otro a un soporte fijo o regulable; a su vez, se mantienen unidas al plato por medio de un sistema elástico de pasador y muelle, que permite un desplazamiento de aproximación al tambor y las mantiene fijas en su desplazamiento axial. El muelle, que une las dos zapatas, permite el retroceso de las mismas a su posición de reposo cuando cesa la fuerza de desplazamiento efectuada por el bombín [6].

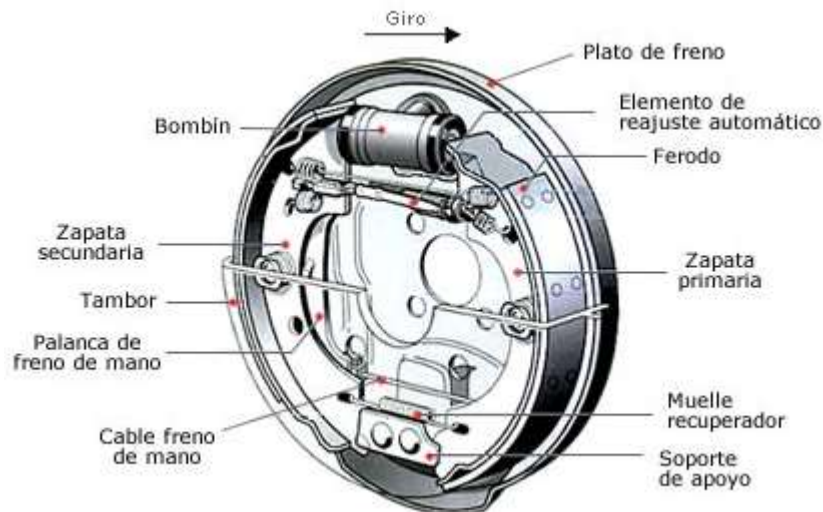


Figura 2.8. Esquema interno de un plato de freno [6].

2.2.6. Forma y características de las zapatas

Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en su zona exterior por los ferodos o forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor. Los forros de freno se unen a la zapata metálica por medio de remaches embutidos en el material hasta los 3/4 de espesor del forro para que no rocen con el tambor, o bien pegados con colas de contacto. El encolado favorece la amortiguación de vibraciones y, como consecuencia, disminuyen los ruidos que éstas ocasionan durante el frenado [6].

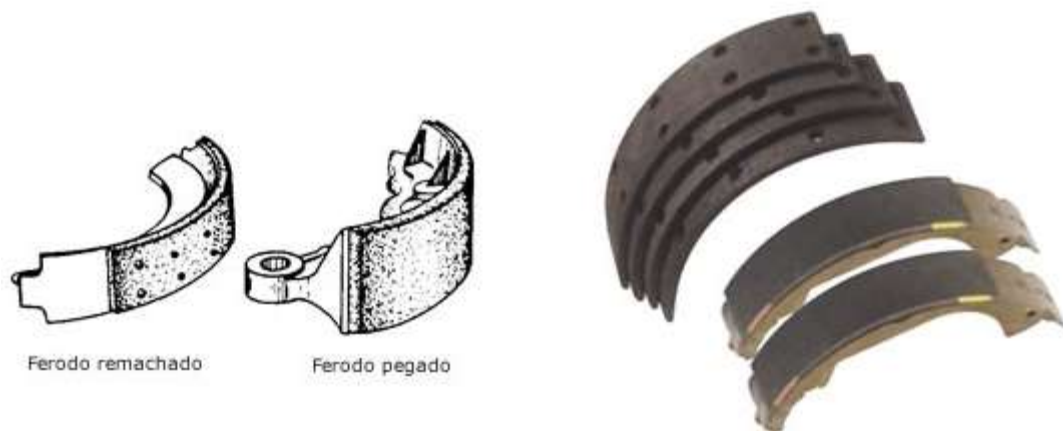


Figura 2.9. Zapatas de freno de tambor [6].

2.2.7. Tipos de freno de tambor

Según la forma de acoplamiento de las zapatas al tambor para ejercer el frenado, los frenos de tambor se clasifican en los siguientes tipos:

Freno de tambor Simplex: En este tipo de freno las zapatas van montadas en el plato, fijas por un lado al soporte de articulación y accionadas por medio de un solo bombín de

doble pistón. Este tipo de frenos de tambor es de los más utilizados sobre todo en las ruedas traseras [6].

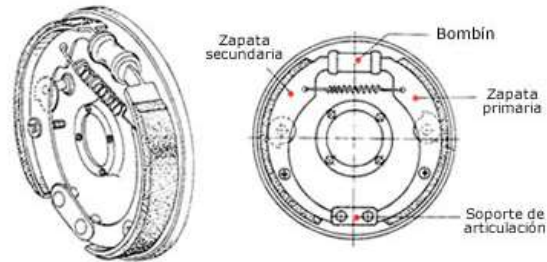


Figura 2.10. Freno de tambor simplex [6].

Con esta disposición, durante el frenado, una de las zapatas llamada primaria se apoya sobre el tambor en contra del giro del mismo y efectúa una fuerte presión sobre la superficie del tambor. La otra zapata, llamada zapata secundaria, que apoya a favor del giro de la rueda, tiende a ser rechazada por efecto del giro del tambor, lo que hace que la presión de frenado en esta zapata sea inferior a la primaria [6].

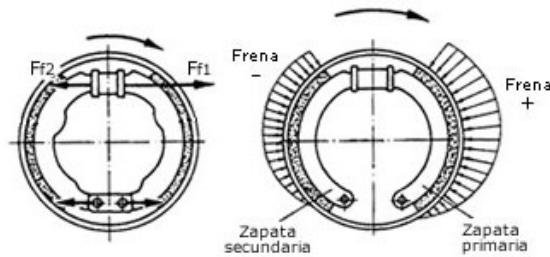


Figura 2.11. Distribución de la presión de frenado en las zapatas (Giro a la derecha) [6].

Invirtiendo el sentido de giro, se produce el fenómeno contrario: la zapata primaria se convierte en secundaria y la secundaria en primaria.

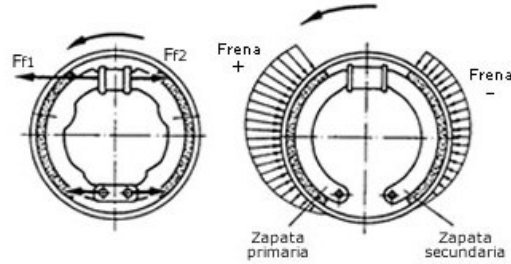


Figura 2.12. Distribución de la presión de frenado en las zapatas (Giro a la izquierda) [6].

Este tipo de freno de tambor se caracteriza por no ser el más eficaz a la hora de frenar, debido a que las zapatas no apoyan en toda su superficie sobre el tambor, pero destaca por su estabilidad en el coeficiente de rozamiento, es decir, la temperatura que alcanza los frenos en su funcionamiento le afectan menos que a los otros frenos de tambor [6].

Freno de tambor Duplex: En este freno, y con el fin de obtener una mayor fuerza de frenado, se disponen las zapatas en forma que ambas resulten primarias. Para ello se acopla un doble bombín de pistón único e independiente para cada zapata, los cuales reparten por igual las presiones en ambos lados del tambor. Estos frenos provistos de bastidores con efecto unilateral son muy eficaces pero sensibles a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Presentan la ventaja de que, con su empleo, no se ponen de manifiesto reacciones sobre los rodamientos del buje [6].

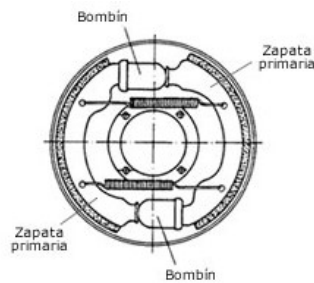


Figura 2.13. Freno de tambor duplex [6].

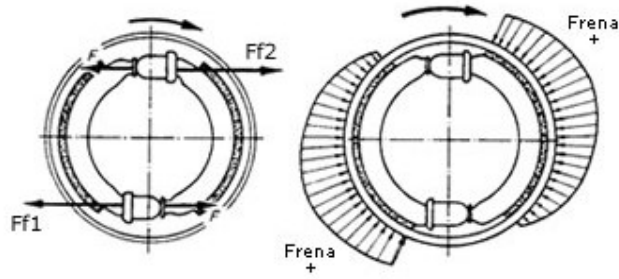


Figura 2.14. Distribución de la presión de frenado en las zapatas en frenos dúplex [6].

Freno de tambor Twinplex: Este tipo de freno de tambor es muy similar al Duplex salvo que los puntos de apoyo de las zapatas en vez de ir fijos se montan flotantes. En este freno las dos zapatas son secundarias, pero por un sistema de articulaciones, trabajando en posición flotante, se acoplan al tambor en toda su superficie, evitando el acuñaamiento y ejerciendo una presión uniforme sobre el tambor. En un sentido de giro las dos zapatas actuarían como zapatas primarias y en el otro sentido como zapatas secundarias [6].

Freno de tambor Duo-servo: Está constituido por dos zapatas primarias en serie, con lo cual se aumenta el efecto de auto bloqueo. En este freno, una zapata empuja a la otra mediante una biela de acoplamiento. Es un freno altamente eficaz, pero muy sensible a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Se consiguen esfuerzos más elevados de frenado y las zapatas ejercen en cada sentido de giro igual esfuerzo. Este tipo de freno se emplea mucho en frenos americanos [6].

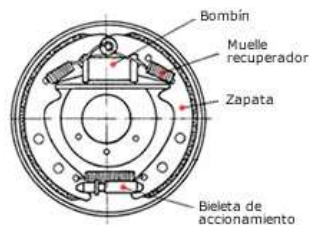


Figura 2.15. Freno de tambor duo-servo [6].

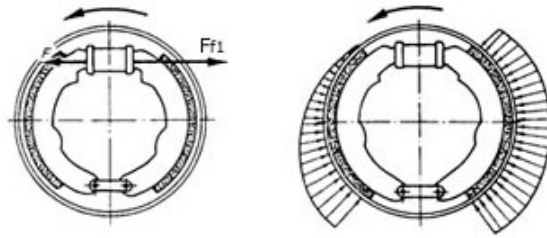


Figura 2.16. Distribución de la presión de frenado en las zapatas en frenos duo-servo [6].

2.2.8. Bombines o cilindros de freno de tambor

Estos elementos son los encargados de efectuar el desplazamiento lateral de las zapatas para el frenado del tambor. Según la finalidad que tienen que cumplir y la clase de freno empleado, se construyen tres tipos principales de bombines:

Bombín de doble pistón: Está formado por un cilindro (1) con los taladros (8) de amarre al plato porta frenos. En su interior van alojados los pistones (2) en oposición, sobre los que van roscados los tornillos (3) para el apoyo de las zapatas. Las cazoletas de goma (4) hacen de retén para mantener estanco el interior del cilindro y los pistones se mantienen separados por la acción del muelle (5) centrado sobre las dos cazoletas retén (4). Por el orificio (A), donde se rosca el latiguillo de freno, tiene lugar la entrada de líquido a presión procedente de las canalizaciones del circuito; en el orificio (B) se monta el purgador (6) que sirve para extraer el aire de las canalizaciones. El conjunto va cerrado con los guardapolvos (7), que evitan la entrada de polvo y suciedad al interior del cilindro [6].

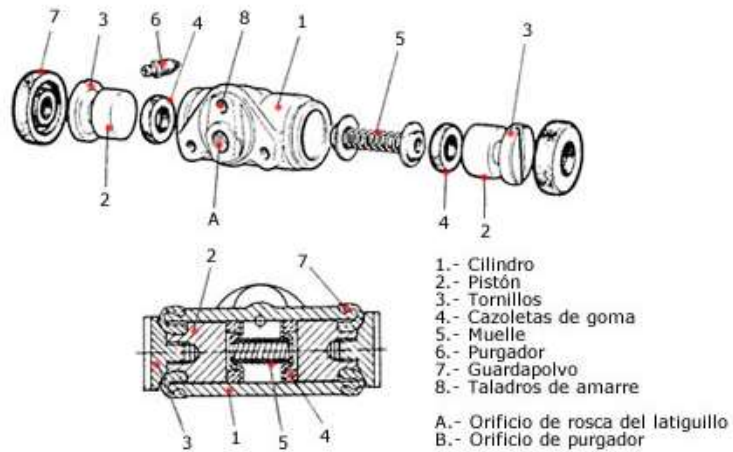


Figura 2.17. Diagrama de explosión de un bombín de doble pistón.

Bombín de émbolo único: Su constitución y funcionamiento es parecido al anterior, lleva un solo émbolo y se utiliza en los sistemas en que las dos zapatas son primarias.

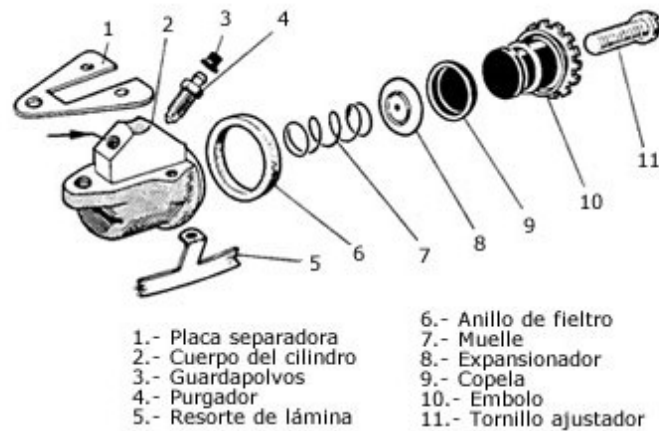


Figura 2.18. Diagrama de explosión de un bombín de un solo pistón.

Bombín de cilindros escalonado: También llamado "bombín diferencial" este modelo tiene dos pistones o émbolos de diámetros diferentes. El pistón más pequeño empujaría a la zapata primaria (la que más frena) y el de más diámetro empujaría a la zapata secundaria (la que menos frena) [6].

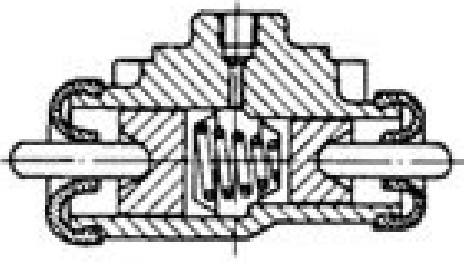


Figura 2.19. Sección de un bombín de émbolo escalonado [6].

2.2.9. Sistema de reglaje de los frenos de tambor

El desgaste que se produce en las frenadas como consecuencia del rozamiento de las zapatas contra el tambor, hace que aquellas queden cada vez más separadas de este en posición de reposo, lo que supone un mayor recorrido muerto en la acción de frenado y el envío de mayor cantidad de líquido desde la bomba. Para solucionar este problema existen unos sistemas de reglaje que pueden ser manuales o automáticos.

Dentro de los sistemas de reglaje manual tenemos el Sistema Bendix: En este tipo de freno para aproximar las zapatas al tambor cuando se produce el desgaste de los ferodos, se dispone de un sistema mecánico de accionamiento manual, que consiste, en unas levas excéntricas sobre el plato de frenos que limitan el recorrido tope de las zapatas hacia su posición de retroceso. Las excéntricas forman cuerpo con un eje, cuyo extremo posterior sobresale por la parte trasera del plato de freno, resultando así accesible aún con la rueda montada, lo cual supone que la operación de reglaje pueda ser efectuada sin necesidad de desmontar ningún componente [6].

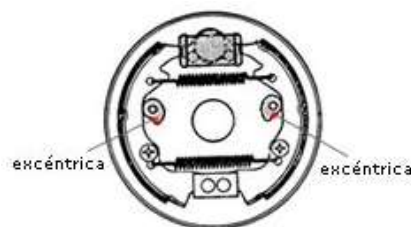


Figura 2.20. Esquema de un sistema bendix [6].

Sistema Girling: En este tipo de freno el reglaje se efectúa sobre el mismo bombín, actuando desde el exterior del plato de freno sobre la corona dentada del émbolo y tornillo ajustador, o sobre el mecanismo ajustador situado en el soporte inferior de apoyo de las zapatas cuyo despiece puede verse en la figura [6].

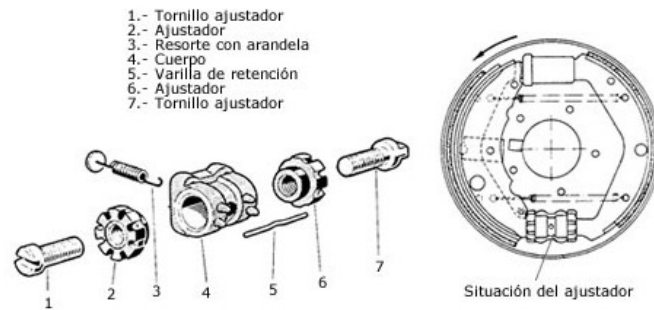


Figura 2.21. Diagrama de explosión del conjunto ajustador [6].

En la actualidad y desde hace bastantes años la mayor parte de los vehículos disponen de un sistema de reglaje automático para sus frenos de tambor. Existen tres tipos de sistemas de reglaje automático: el sistema Bendix, el Lucas Girling y el Teves [6].

Sistema Bendix: Está constituido por una palanca (1), articulada en la parte superior de la zapata primaria, que su extremo inferior esta provista de muescas en forma de diente de sierra, con las cuales engrana el trinquete (w), empujado por el muelle (3) y acoplada a la primaria en la ventana (7) de la palanca (1). Ambas zapatas se mantienen en posición de reposo por la acción del muelle (6). La holgura de montaje (H) determina el juego ideal entre zapata y tambor [6].

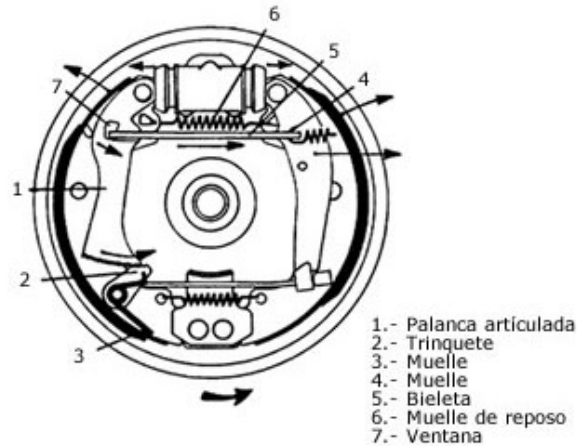


Figura 2.22. Esquema de ajustador bendix [6].

Sistema Girling: Este sistema hace variar la longitud de una biela situada entre las dos zapatas, primaria y secundaria. Está constituido por una bieleta de longitud variable, merced a una rueda moleteada que hace tope entre las dos mitades que la forman, que encajan una en el interior de la otra, sin roscar. La bieleta apoya por un extremo en la zapata secundaria y por el otro en la palanca y zapata primaria conjuntamente. En los dientes de la rueda moleteada encaja la punta de la leva, que se articula en la zapata secundaria, fijándose a ella también mediante un muelle [6].

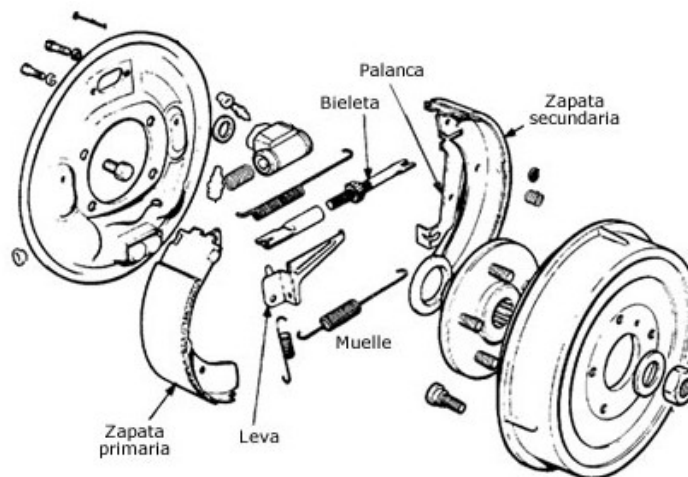


Figura 2.23. Diagrama de explosión de un sistema Girling.

Sistema Teves: El principio de funcionamiento es el mismo que los sistemas anteriores, por lo que no vamos a explicarlo [6].

2.3 Ingeniería Asistida por Computadora

El auge de los programas en estos últimos años para la ingeniería asistida por computadora y análisis de elementos finitos ha crecido considerablemente, tales como ANSYS (Analysis Systems) [8], Abacus [9], NASTRAN (NASA Structural Analysis System), entre otros que se listan en la Tabla 3.1, la cual muestra una comparación de 8 de una lista de 68 programas más importantes en el mercado, alistando los módulos o áreas en los que pueden ser aplicados, tales como mecánicos, de fluidos, magnéticos, etc. Para el desarrollo de este proyecto el programa a utilizar será Abacus, este programa cuenta con los módulos listados en la Tabla 3.2 [2] para la solución de diferentes tipos de problemas o pre análisis en la ingeniería del desarrollo de nuevos productos, equipos, por mencionar algunos.

Tabla. 3.1 Comparación de programas de análisis finitos e ingeniería asistida por computadora [2]

	Price	Graphical geometry modeler	Graphical manual meshing	CAD import	Units aware	Linear static	Nonlinear - large displacements	Nonlinear - contact	Transient linear	Transient nonlinear	Natural frequency	Linear buckling	Acoustic	Heat transfer	Electric/magnetic	Fluid flow	Fluid structure interaction	Solid elements	Shell elements	Beam/rod/tie	Anisotropic materials	Composites	Hypervlastic rubber	Plasticity	Viscoplastic/creep	Piezoelectric
Abaqus/CAE	no	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ADINA	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
COMSOL Multiphysics	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
midasNFX	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Strand7	\$4,500 - \$11,000	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	☐	
AMPS	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
LS-DYNA	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
NISA Mechanical	no	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

El módulo Abacus/Multiphysics se va usar para el análisis de este proyecto, puesto que va a ser un análisis térmico, por el calor generado del material de fricción contra el tambo.

Tabla 3.2 Módulos de Abacus, Aplicación y usos [10].

Modulo	Aplicación	Uso
Abaqus/ CAE	Se puede de una manera rápida y eficiente crear, editar, revisar, diagnosticar y visualizar análisis avanzados, puede crear geometría, importar modelos de CAD para mallado, o integrar mallas basadas en la geometría no asociadas a CAD, permite cambios rápidos de modelo sin pérdida de funciones de análisis definidos por el usuario.	
Abaqus/ Standard	Ideal para eventos estáticos y dinámicos de baja velocidad donde las soluciones de estrés de gran precisión son de importancia crítica	Presión de sellado en una unión, la propagación de grietas en el fuselaje de un avión.
Abaqus/ Explicit	está particularmente bien adaptado para simular eventos dinámicos transitorios breves	Pruebas de caída en electrónicos, pruebas de impacto automotriz, y de impacto balístico,
Abaqus/ CFD	Puede resolver problemas de flujo incompresibles: flujos Laminares y turbulentos, convección térmica.	
Abaqus Multiphysics	Se usa para resolver modelos que implican más de un elemento a analizar, estas problemas pueden ser, Coupled Eulerian-Lagrangian, Hydrostatic-Fluid-Mechanical, Piezoelectric- Mechanical, Structural-Acoustic, Thermal-Electric, Thermal-Mechanical, Thermal-Fluid-Mechanical, Structural-Pore Pressure	

2.4 Reseña del sistema de frenos en vehículos

La historia de los automóviles se inició en 1700, cuando Nicolás Cugnot convenció al rey de Francia para financiar su diseño, un vehículo de casi 10 toneladas para arrastrar los cañones utilizado entonces, Figura 1.1. El vehículo, alimentado por una caldera de vapor, llegó a la velocidad de 10 km / h. Sin embargo, el inventor descubrió, en su primer viaje, que no había pensado en cómo detener su invención. El vehículo de Cugnot se conserva hasta hoy en el Museo Del Automóvil en Turín, Italia. Fue al final del siglo 19, con el desarrollo de los trenes y el comienzo de la producción de automóviles, Surgió la necesidad de desarrollar un mecanismo de frenado para ellos. Su propósito, es para decelerar el vehículo y transformar la energía cinética en energía térmica mediante la fricción y disipar el calor a la atmósfera [3].



Figura 2.24. Carro de Cugnot primer carro conocido movido por vapor [1].

2.5 Materiales de las zapatas

Los materiales de fricción fueron evolucionando, como lo muestra la Tabla 1.1, para diferentes aplicaciones, aunque la mayoría fueron desarrolladas para la industria automotriz [3].

Tabla 2.1. Composiciones históricas de materiales de fricción de frenos del automóvil [1].

Descripción del Material	Aplicación (s)	Año Aproximado
Hierro fundido en acero	utilizado en bloques y otros componentes de frenos de automóviles del ferrocarril	1870
Algodón o pelo (correas)	de la rueda de la compra y la primera automóviles	1897
Tejido de asbestos y otros hilos para aumentar la fuerza y el rendimiento	camiones y automóviles	1908
Partículas de bronce con bajo contenido de ceniza carbón bituminoso, producido con refuerzo interno de fibra corta	camiones y automóviles	1926

Materiales moldeados a partir de una mezcla seca post-metálica para reemplazar las pastillas frágiles del hierro fundido en los freno de los trenes eléctricos	Londres subterráneo	1930
Resinas Flexibles desarrollados con elementos aglutinantes más intrincadamente formulados	tambor de refuerzo de frenos	1930
Aleaciones de metal con resina	para uso de la industria aeronáutica	1950
Vidrio, mineral, metálico, carbono, y fibras sintéticas para dar a los semi-metales mejor rendimiento que los asbestos (comienzo de la discusión acerca de la seguridad de los asbestos)	automóviles y camiones	1960
os compuestos sin asbestos	Frenos de tambor amianto y el equipo del coche	1980
Sugerencia de uso de fibra de carbono	frenos automotrices	1991

2.6 Materiales de los tambores y discos

El uso de las computadoras en estos días cada vez más veloces y el desarrollo de programas para la simulación de solución de diferentes tipos de problemas se han convertido en herramientas indispensables para la toma de decisiones en las etapas tempranas del desarrollo de un producto o sistema, ya que ayudan en análisis de componentes, ensambles, análisis de mercados, cadena de suministros, control de inventario, entre otros, estas herramientas han influido directamente en la competitividad global en una forma determinante en las compañías modernas.

Los programas de mayor importancia en el desarrollo de nuevos productos o en el análisis de fallas de productos ya en el mercado, son los programas de análisis finitos ingeniería asistida por computadora, (CAE por sus siglas en ingles), estos están basados en un método numérico para resolver los problemas de la ingeniería y la física matemática.

Útil para problemas con geometrías complicadas, cargas y propiedades de los materiales donde las soluciones analíticas no pueden ser obtenidas directamente de expresiones matemáticas [11].

El sistema que se va a analizar en este proyecto es el sistema de frenado automotriz, que consta de un tambor metálico y material de fricción.

CAPITULO 3

DESARROLLO

En este capítulo se va a describir en una forma más detallada las actividades de mayor relevancia en el desarrollo del proyecto.

3.1 Determinar ecuaciones

La temperatura generada en el momento de frenado está relacionada directamente relacionada con la energía absorbida por el freno. Una parte de esta energía corresponde a la energía cinética dada por el tipo de movimiento del cuerpo, la cual puede ser de rotación o de translación o una combinación de las dos [12].

Energía de translación: Considerando una masa (m) moviéndose con una velocidad v_1 m/s, la cual es reducida a v_2 m/s al aplicar el freno. Por lo tanto, el cambio de energía cinética por translación de la masa está dada por, [12]

$$E_1 = \frac{1}{2} m [(v_1)^2 - (v_2)^2]$$

Esta energía debe ser absorbida por el freno. Si la velocidad final después de aplicar el freno se detiene por completo, entonces $v_2=0$, y [12]

$$E_1 = \frac{1}{2} m (v_1)^2$$

Energía de rotación: Considerando una masa con un momento de inercia I relacionada a un eje de rotación, al cual está rotando con una velocidad angular ω_1 rad/s. Si esta velocidad es reducida a ω_2 rad/s, después de aplicar el freno, por lo tanto, el cambio de la energía cinética del cuerpo giratorio está dado por, [12]

$$E_2 = \frac{1}{2} I [(\omega_1)^2 - (\omega_2)^2]$$

Esta energía debe ser absorbida por el freno. Si el cuerpo giratorio es detenido por completo, entonces $\omega_2=0$, y [12]

$$E_2 = \frac{1}{2} I (\omega_1)^2$$

Energía combinada de translación y rotación: Considere un cuerpo teniendo ambos movimientos lineal y angular, en estos casos la energía total absorbida por el freno es igual a la suma de las dos energías cinéticas.

Energía cinética total absorbida por el freno [12],

$$E_3 = m.g (h_1 - h_2)$$

Energía potencial: Algunas veces, el freno tiene que absorber también la energía potencial como en los elevadores, en los autos a bajar una colina, etc. Considere un cuerpo de masa m es bajada de una altura h_1 a h_2 aplicando el freno. Por lo tanto la energía potencial está dada por, [12]

$$E_3 = m.g (h_1 - h_2)$$

Si v_1 y v_2 m/s son las velocidades de la masa antes y después de aplicar el freno, entonces el cambio de energía está dada por [12]

$$E_3 = m.g \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) t = m.g.v.t$$

Donde $v = \text{Velocidad media} = \frac{v_1 + v_2}{2}$, y

$t = \text{Tiempo de aplicación del frenado.}$

Así la energía total absorbida por el freno es,

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

Si $F_t = \text{Fuerza tangencial de frenado,}$

$d = \text{Diámetro del tambor del freno,}$

$N_1 = \text{Velocidad del freno antes de frenar,}$

$N_2 = \text{Velocidad del freno después de aplicar el freno, y}$

$N = \text{Velocidad media del freno de tambor} = \frac{N_1 + N_2}{2}$

Como sabemos el trabajo realizado por el freno en un tiempo t en segundos está dado por: [12]

$$E = F_t \times \pi d N \times t \quad \text{or} \quad F_t = \frac{E}{\pi d N \cdot t}$$

La magnitud de F_t depende sobre todo de la velocidad final (v_2) y el tiempo de frenado (t). Su valor es máximo cuando $v_2 = 0$.

El torque que debe ser absorbido por el freno es [12],

$$T = F_t \times r = F_t \times \frac{d}{2}$$

Donde $r =$ Radio de freno de tambor.

Las ecuaciones relacionadas de un freno de tambor están basadas según el ángulo de presión θ , puesto que la fuerza normal no es uniforme y el arreglo mecánico asume que en el punto de pivoteo (A) es cero [13].

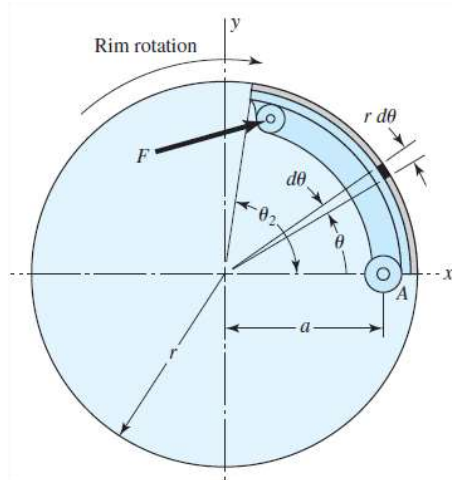


Figura 3.1. Geometría de interacción interna de la zapata

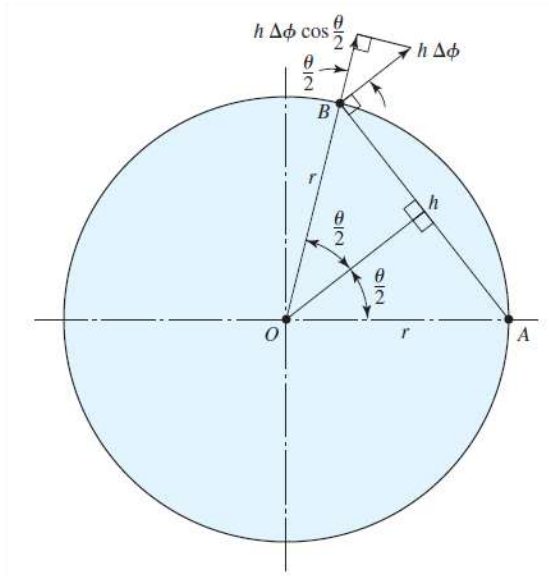


Figura 3.2. Geometría asociada con un punto arbitrario en la zapata.

Entonces la deformación y consecuentemente la presión, es proporcional al $\sin\theta$, en términos de presión en el punto B y donde la presión es máxima, esto es [13],

$$p = \frac{P_a}{\sin \theta_a} \sin \theta$$

Esta distribución de la presión tiene características interesantes y útiles:

- La distribución de la presión es sinusoidal con respecto al ángulo θ .
- Si la zapata es corta, como se muestra en la Fig., la máxima presión P_a se produce al final de la zapata θ_2 .
- Si la zapata es larga, como se muestra en la Figura 3.3 , la máxima presión P_a se produce a $\theta_a=90^\circ$.

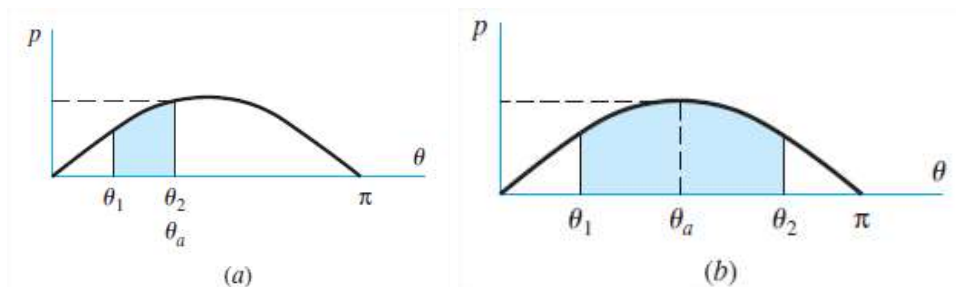


Figura 3.3. Distribucion de la presio P_a según el angulo θ .

Puesto que las limitaciones de diseño están basadas en las máximas presiones permitidas por el material de fricción, por lo que para un buen diseño se debe concentrar la mayor cantidad de material de fricción alrededor de esta presión. La Figura 3.3 muestra la distribución del material de fricción que inicia al ángulo θ_1 , medido del pin A, y termina en el ángulo θ_a [13].

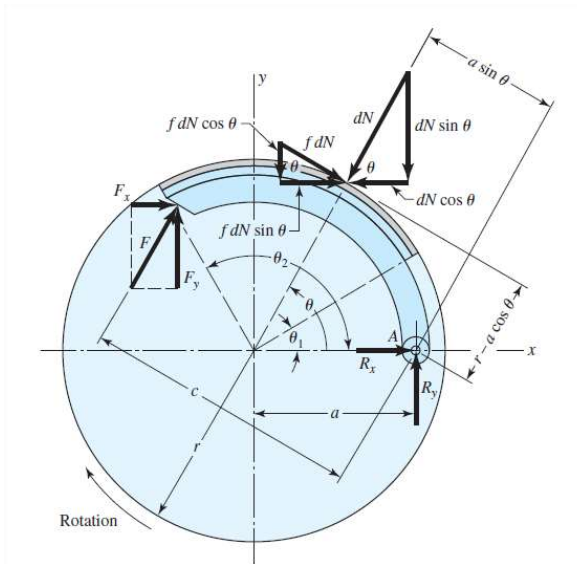


Figura 3.4. Fuerzas actuantes en la zapata.

De la Figura 3.4, las reacciones del pin a son R_x y R_y , de la fuerza actuante F tiene componentes F_x y F_y y actúa a una distancia c del pin A. A cualquier ángulo del punto de rotación actúa una fuerza diferencial normal cuya magnitud es [13].

$$dN = \frac{p_a b r \sin \theta d\theta}{\sin \theta_a}$$

La fuerza dN tiene componentes horizontal y vertical dados por $dN \cos \theta$ y $dN \sin \theta$, al igual que la fuerza de fricción $f dN$ con magnitudes $f dN \cos \theta$ y $f dN \sin \theta$ respectivamente. Aplicando las de equilibrio estática se pueden calcular la fuerza actuante, el torque T , y las fuerzas de reacción en el pin R_x y R_y .

La fuerza actuante se obtiene usando la condición de la sumatoria de momentos en el pivote $r - a \cos \theta$. El momento M_f de las fuerzas de fricción está dado por

$$M_f = \int f dN (r - a \cos \theta) = \frac{f p_a b r}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta (r - a \cos \theta) d\theta$$

mientras que la fuerza de fricción M_N asumiéndola en el mismo punto que M_f esta dada por

$$M_N = \int dN (a \sin \theta) = \frac{p_a b r a}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

Entonces la fuerza F actúa balanceando estos momentos. Por lo tanto

$$F = \frac{M_N - M_f}{c}$$

Podemos ver una condición de cero fuerza actuante, es decir si $M_N = M_f$ se obtiene una condición de auto aplicación.

El par T aplicado al tambor por la zapata es la suma de las fuerzas de fricción $f dN$ veces el radio del tambor:

$$\begin{aligned} T &= \int f r dN = \frac{f p_a b r^2}{\sin \theta_a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta \\ &= \frac{f p_a b r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a} \end{aligned}$$

Las fuerzas de reacción del pin se obtienen a partir de la suma de las fuerzas verticales y horizontales. Por lo tanto para la reacción horizontal R_x , tenemos

$$R_x = \int dN \cos \theta - \int f dN \sin \theta - F_x$$

$$= \frac{p_a b r}{\sin \theta_a} \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta d\theta - f \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta \right) - F_x$$

para la reacción vertical tenemos

$$R_y = \int dN \sin \theta + \int f dN \cos \theta - F_y$$

$$= \frac{p_a b r}{\sin \theta_a} \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta + f \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cos \theta d\theta \right) - F_y$$

3.2 Temperatura a disipar durante el frenado

La energía absorbida por el freno y transformada en calor debe ser disipada a medio ambiente para evitar que la temperatura de la zapata se eleve demasiado.

El incremento depende de la masa del freno, el tiempo de frenado y la capacidad de disipación de calor del freno. La máxima temperatura recomendada para frenos de automóviles con revestimientos de asbesto es de entre 180-225°C [12].

Como la energía absorbida y el desgaste de la zapata a una presión particular, depende de la presión de las superficies de frenado, esta es un factor importante para el diseño de frenos y valor va en función del material de fricción de las zapatas y la velocidad de absorción de la energía. La energía absorbida o calor generado está dado por [12]

$$E = H_g = \mu \cdot R_N \cdot v = \mu \cdot p \cdot A \cdot v \text{ (in J/s or watts)}$$

donde: μ = Coeficiente de fricción,

R_N = Fuerza normal actuando en las superficies de contacto (N),

p = Presión normal entre las superficies de frenado (N/m²),

A = Área proyectada de las superficies de contacto (m²), y

v = Velocidad periférica del freno de tambor (m/s).

El calor disipado está dado por [12]

$$H_d = C (t_1 - t_2) A_r$$

Donde:

C = Factor de disipación de calor o coeficiente de transferencia de calor (W /m² / °C)

$t_1 - t_2$ = Diferencia de temperatura entre las superficies radiantes y el aire circundante (°C), y

A_r = Área superficial radiante (m²).

El valor de C va del orden de 29.5 W / m² /°C para diferencias de temperatura de 40°C y se incrementa hasta 44 W/m²/°C para diferencias de temperatura de 200°C.

Las expresiones para la disipación de calor son bastante aproximadas y solo deben servir como una indicación de la capacidad de freno para disipar calor. El desempeño exacto del freno debe ser determinado a base de pruebas [12].

Se ha encontrado que de un 10 al 25 % del calor generado es inmediatamente disipado por el aire circundante, mientras que el otro calor es absorbido por el tambor del freno, causando el incremento del freno de tambor. El aumento de la temperatura del freno de tambor esta

dada por [12]

$$\Delta t = \frac{H_g}{m.c}$$

dónde Δt = Aumento de temperatura del freno de tambor (°C),

H_g = Calor generado por el freno (joules),

m = Masa de freno de tambor (kg), y

c = Calor específico del material del freno de tambor (J/kg °C).

En los frenos es muy difícil calcular con precisión el aumento de la temperatura, en diseños de análisis preliminares, el producto $p \cdot v$ es considerado como un aumento de calor en sí, la experiencia ha mostrado que valores altos de $p \cdot v$ el desgaste de las zapatas va a ser alto y su vida va a ser baja. Así que los valores de $p \cdot v$ deben de ser bajos para tener zapatas con desgaste bajos y vidas útiles razonables.

La siguiente tabla muestra los valores de $p \cdot v$ sugeridos por varios diseñadores para diferentes tipos de servicio.

Tabla 3.1. Valores de $p \cdot v$ recomendados según el tipo de servicio [12]

S. No.	Tipo de servicio	Valor recomendado $p \cdot v$ N-m/m ² de área proyectada por segundo
1	Aplicaciones continuas de carga como en operaciones de descarga y con disipación pobre de calor	0.98×10^6
2	Aplicación intermitente con periodos relativamente largos de descanso y disipación pobre de calor.	1.93×10^6
3	Para aplicaciones de carga continua y Buena disipación de calor como por ejemplo en un baño de aceite.	2.9×10^6

3.3 Calculo manual

Puesto que no tenemos un modelo físico del cual pudiéramos obtener valores tanto para el cálculo de las condiciones de operación, así como para los valores de salida, en nuestro caso de temperatura, usaremos un problema de aplicación conocido.

Los cálculos se harán usando como base las ecuaciones consideradas para este proyecto, esto con la finalidad de tener una fuente confiable para la solución del modelo en el análisis finito.

Un vehículo de 1200 kg de masa se mueve hacia abajo en una colina con pendiente de 1:5 a 72 km / h. debe ser detenido en una distancia de 50 m. Si el diámetro del neumático es de 600 mm, determinar el par de frenado medio a aplicar para detener el vehículo, dejando de lado toda la energía de fricción, excepto para el freno. Si la energía de fricción se almacena momentáneamente en un freno de tambor de hierro fundido de 20 kg, ¿Cual es la temperatura promedio del tambor? El calor específico de hierro fundido puede ser tomado como 452 J / kg ° C [12].

Aplicando la fórmula de la energía cinética de translación se tiene,

$$E_K = \frac{1}{2} m.v^2 = \frac{1}{2} \times 1200 (20)^2 = 240\,000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Y resolviendo para la energía potencial,

$$E_P = m.g.h \times \text{Slope} = 1200 \times 9.81 \times 50 \times \frac{1}{5} = 117\,720 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Entonces la energía total absorbida es de,

$$E = E_K + E_P = 240\,000 + 117\,720 = 357\,720 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Puesto que el auto se debe detener en una distancia de 50m, entonces la fuerza tangencial requerida es,

$$F_t = 357\,720 / 50 = 7154.4 \text{ N}$$

Si la energía absorbida por el freno de tambor H_g es igual F_t y si ΔT es el incremento de la temperatura, entonces de

$$\Delta t = \frac{H_g}{m.c}$$

$$357\,720 = m_b \times c \times \Delta t = 20 \times 520 \times \Delta t = 10\,400 \Delta t$$

$$\Delta t = 357\,720 / 10\,400 = 34.4^\circ\text{C}$$

3.4 Determinación de fronteras

Para la solución confiable en un análisis finito, otra entrada importante aparte de la información de los materiales, el mallado, pasos y cargas de los modelos a analizar, son las fronteras de análisis, es decir la simulación de la aplicación del sistema o producto, mostrando las interacciones con otro sistemas o componentes dentro del mismo sistema y el medio ambiente, como lo es esta aplicación de sistema de frenos la cual opera a una temperatura del ambiente la cual consideramos de 20°C, por lo que estas son las que determinan la similitud de la aplicación real del modelo a analizar.

3.5 Corrida de análisis

Algunos de los datos usados en el cálculo manual serán utilizados como valores de entrada en el análisis, como lo son el coeficiente de fricción, dimensiones del disco y las zapatas, esto con la finalidad de congruencia de la información de entrada y para corroborar los resultados de este.

Para el análisis se van a explicar los módulos del programa Abaqus que se usaron para el análisis. Estos se muestran en la Figura 3.5.

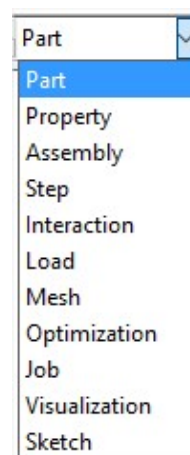


Figura 3.5. Módulos de programa Abaqus.

3.5.2. Parte (Part)

Los modelos 3D para representar el freno de tambor y correr el análisis se crean en este módulo, los valores son tomados del problema descrito anteriormente.

El tambor: La Figura 3.6 muestra las dimensiones del tambor por los siguientes datos listados:

Diámetro exterior de tambor (DEt)= 160mm

Espesor de soporte (Es)=5mm

Espesor del tambor (Et)=10mm

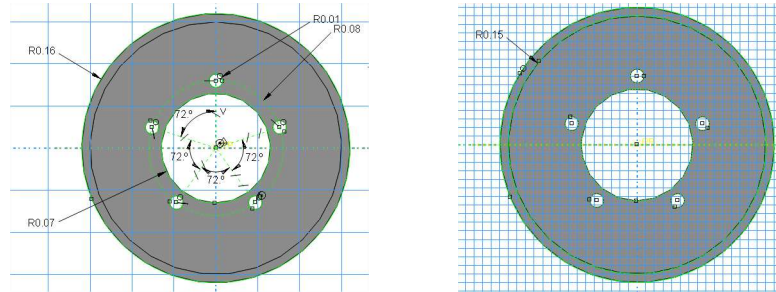


Figura 3.6. Geometría generada en ambiente de Abacus del tambor.

La zapata: La Figura 3.7 muestra las dimensiones de la zapata por los siguientes datos listados

Las dimensiones para la zapata (DE_z)=150mm

Angulo de contacto de la zapata (ϕ)=126°

Espesor de la zapata (E_z)=10mm

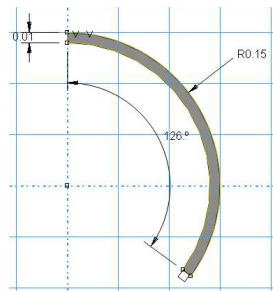


Figura 3.7. Geometría generada en ambiente de Abacus de la zapata


3.5.3. Propiedades (*Property*):

Este es el módulo para agregar las propiedades de los materiales que son de acuerdo a la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Comportamiento de los materiales.

Comportamientos de los materiales (<i>Material Behaviors</i>)		Característica	Tipo (Type)	MAT TAMBOR	MAT ZAPATA	Unidades
General (<i>General</i>)	Densidad (<i>Density</i>)	Densidad - ρ (<i>Density</i>)	Uniforme (<i>Unifrom</i>)	7800	1550	kg/m^3
Mecánico (<i>Mechanical</i>)	Elasticidad (<i>Elastic</i>)	Módulo de young - E (<i>Young's Module</i>)	Isotrópico (<i>Isotropic</i>)	209E+009	*	N-mm ²
		Relación de Poisson's - ν (<i>Poisson's ratio</i>)	Isotrópico (<i>Isotropic</i>)	0.3	0.25	-
	Expansión (<i>Expansion</i>)	Coefficiente de expansión alfa (<i>Expansion Coeff alpha</i>)	Isotrópico (<i>Isotropic</i>)	1.1E-005	1E-005	K ⁻¹
Térmico (<i>Thermal</i>)	Calor Especifico (<i>Specific Heat</i>)	Calor Específico - Cp (<i>Specific Heat</i>)	Volumen constante (<i>Constant Volume</i>)	452	1200	J/kgK
	Conductividad (<i>Conductivity</i>)	Conductividad (<i>Conductivity</i>)	Isotrópico (<i>Isotropic</i>)	48	0.9	w/mK

3.5.4. Ensamble (*Assembly*):

Este módulo es para definir algunos parámetros de las geometrías, tales, como los grupos que definirían las geometrías de aplicación de las fronteras de la simulación de la presión aplicada a las zapatas, movimientos de los elementos, geometrías de control y las interacciones entre ellos.  Primeramente se van a agregar las geometrías de los elementos que vamos a analizar, esto es creando estas seleccionando el comando crear instancias (*Create instances*) y en la ventana posterior según la Figura 3.8, seleccionar los dos elementos y terminar (*Ok*).

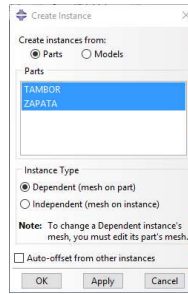


Figura 3.8. Interface para crear las instancias.

Se van a asignar las características comunes de los dos componentes que posteriormente se van a utilizar en las fronteras del análisis, estos se agregan según el tipo de relación común entre los componentes, como son el punto de referencia y un sistema coordinado común que se muestran en la Figura 3.9.

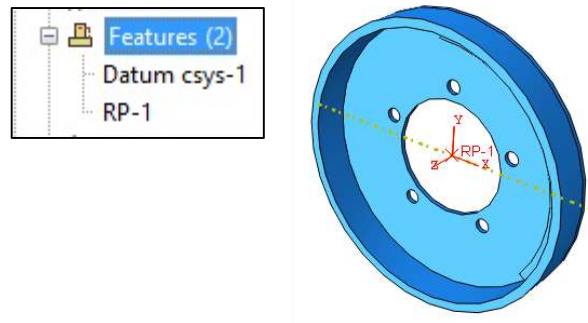


Figura 3.9. Localización de las características comunes en los componentes.

Los grupos de control se van a generar en función de la frontera de aplicación, los cuales pueden ser nodales, de elementos, de geometría, o combinaciones entre ellos, los que vamos a usar en este análisis listan en la Figura 3.10 y se describen en la Tabla 3.3.

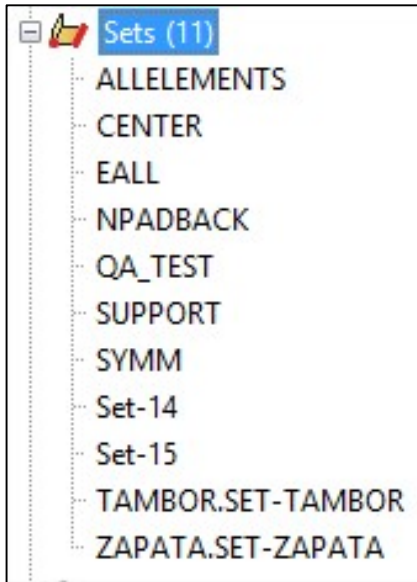
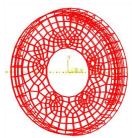
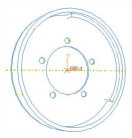
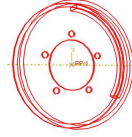
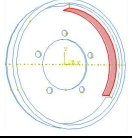
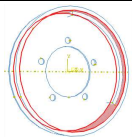
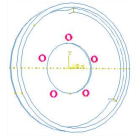
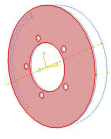
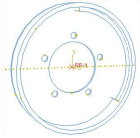
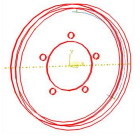
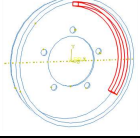


Figura 3.10. Grupos de elementos y geometrías de control.

Tabla 3.3. Detalles de elementos y geometrías de control.

Grupo	Tipo	Tamaño	Descripción	Descripción visual
ALLELEMENTS	Elemento (<i>Element</i>)	461	Todos los elementos de los dos componentes	
CENTER	Geometría (<i>Geometry</i>)	1	Centro común de los dos componentes	
EALL	Geometría (<i>Geometry</i>)	5	Todas las geometrías a utilizar en el análisis	
NPADBACK	Geometría (<i>Geometry</i>)	1	Cara de aplicación de la fuerza en la zapata	
Tabla 3.3 Detalles de elementos y geometrías de control (Cont.).				
QA_TEST	Geometría (<i>Geometry</i>)	1	Superficie de prueba o medición de la temperatura	

SUPPORT	Geometría (Geometry)	10	Grupo para simular la sujeción de la rotación	
SYMM	Geometría (Geometry)	1	Superficie para limitar movimiento perpendicular a esta	
Set-14 y Set-15	Geometría (Geometry)	1	Punto de referencia seleccionados para interacciones	
TAMBOR. SET_TAMBOR	Geometría (Geometry)	2	Grupo generado automáticamente al crear el grupo en la parte	
TAMBOR. SET_TAMBOR	Geometría (Geometry)	2	Grupo generado automáticamente al crear el grupo en la parte	

También aquí se van a crear las superficies de control listadas en la Figura 3.11 y descritas en la Tabla 3.4.

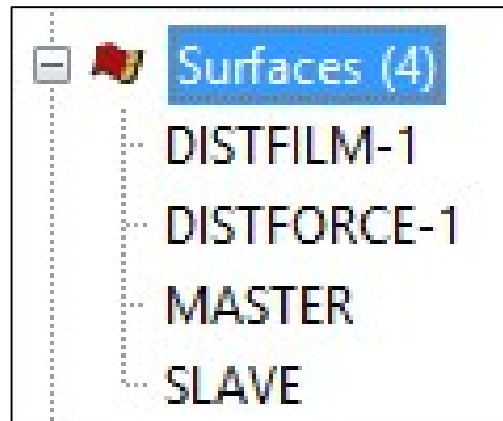
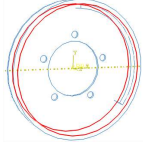
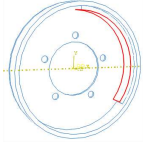
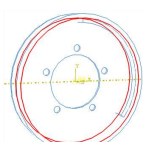
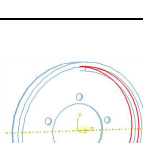


Figura 3.11. Superficies de control.

Tabla 3.4. Descripción de las superficies de control

Grupo	Tipo	Tamaño	Descripción	Descripción visual
-------	------	--------	-------------	--------------------

DISFILM-1	Geometría (Geometry)	1	Superficie de interacción para el análisis	
DISFORCE-1	Geometría (Geometry)	1	Superficie de aplicación de la presión	
MASTER	Geometría (Geometry)	1	Superficie principal de control de la interacción entre los componentes	
SLAVE	Geometría (Geometry)	1	Superficie de contacto de la zapata con la superficie principal de control	

Este módulo tiene una correlación con el módulo de mallado (*mesh*) que explicaremos posteriormente.

3.5.5. Paso (*step*):

Para simular la operación de sistema en este módulo se van a asignar los pasos que va a efectuar el análisis, la Figura 3.12, muestra los pasos que se va a utilizar en el análisis.

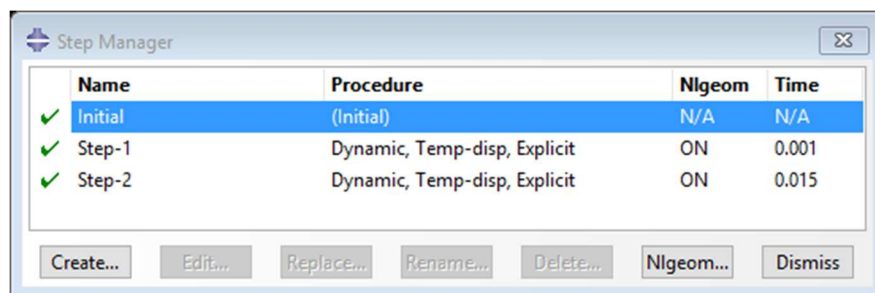


Figura 3.12. Lista de pasos para la corrida del análisis

Para este análisis se van a efectuar dos pasos más el inicial, en el paso 1 se va a utilizar para aplicar la presión de la zapata contra el tambor, así como el tiempo de duración del paso como lo muestra la Figura 3.13.



Figura 3.13. Descripción y valores del paso 1.

En el paso dos se va a simular el giro de tambor en 60° (1.0472 radianes) y al igual que el paso uno se asignará el tiempo de duración del paso, según la Figura 3.14.

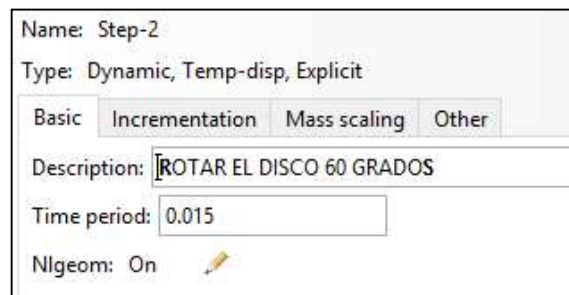


Figura 3.14. Descripción y valores del paso 2.

En este módulo también se van a asignar los campos de salida para nuestro análisis que están dados por la variable NT11 para los valores de temperatura generada por la fricción entre los componentes, la Figura 3.15 muestra los nombres de los campos de salida para cada paso.

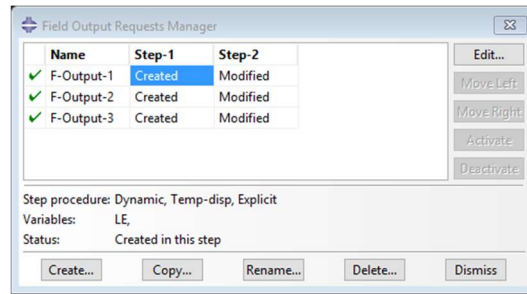


Figura 3.15. Nombres de los campos de salida.

La Figura 3.16, muestra el procedimiento, dominio, frecuencia, intervalos, tiempo y las variables de salida de cada uno de los campos.

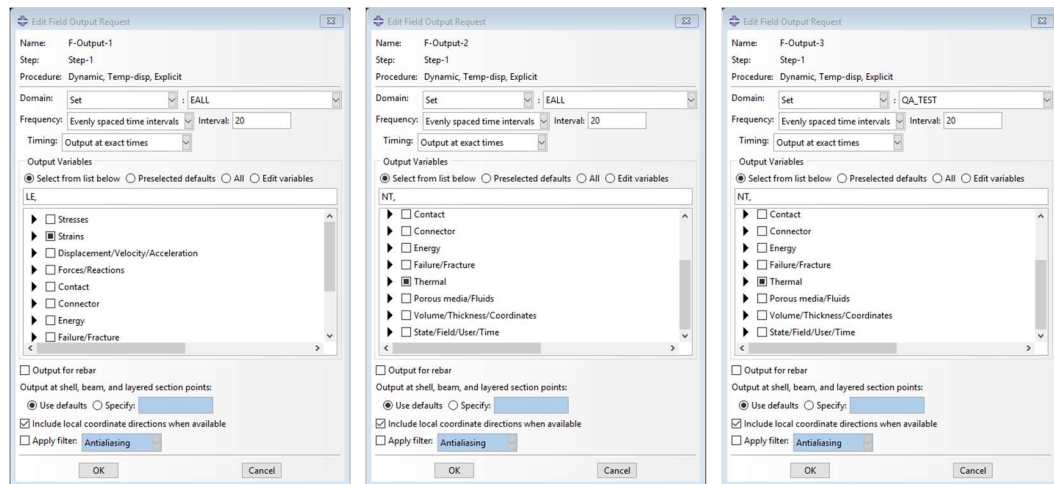


Figura 3.16. Detalles de los campo de salida 1, 2 y 3.

3.5.6. Interacción (*Interaraction*):

Las interacciones son una parte fundamental del análisis, por lo que este módulo es para agregar las interacciones entre los componentes y el medio en el que están envueltos, se agregaran dos interacciones entre los componentes, se muestran en la Figura 3.17.

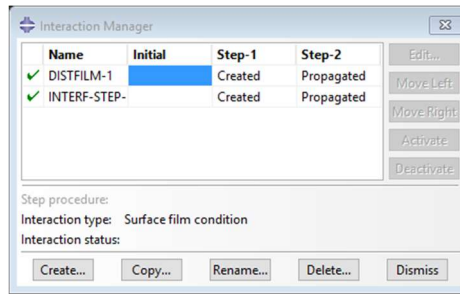


Figura 3.17. Nombres de la interacciones entre los componentes.

Primeramente agregaremos una interacción DISFILM-1, para evaluar la condición de la superficie en el tambor este va a ser una interacción dinámica y con las condiciones mostradas en la Figura 3.18. En la que los valores se usaran los predefinidos por el programa a excepción del coeficiente de la capa (*Film coefficient*), considerando el total de la capa, la mínima temperatura (*Sink temperature*), correspondiente a la temperatura ambiente de 20°, y la mínima amplitud (*Sink amplitud*) el cual se define en la sección de amplitudes, que se describirá posteriormente.

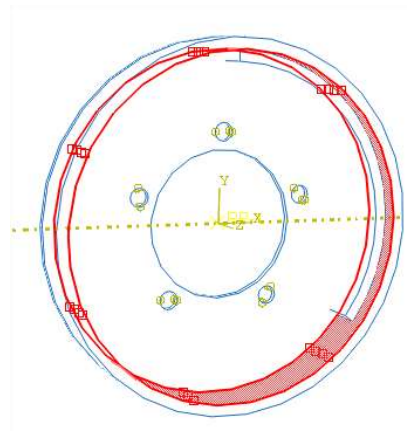
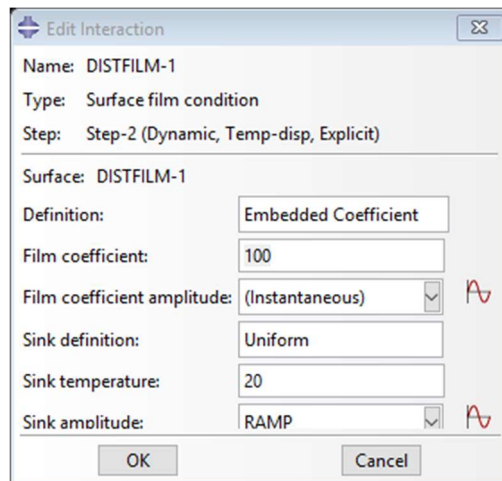


Figura 3.18. Valores y geometias para la interaccion DISFILM-1

Una segunda interacción INTERF-STEP-1 se va agregar para definir la forma de interaccion entre las superficies, las condiciones están dadas según la figura (), este a su vez está definido por un contacto de superficie contras otra superficie, con un limitante mecánico

cinemático y por una propiedad de interacción de contacto con la información mostrada en la Figura 3.19.

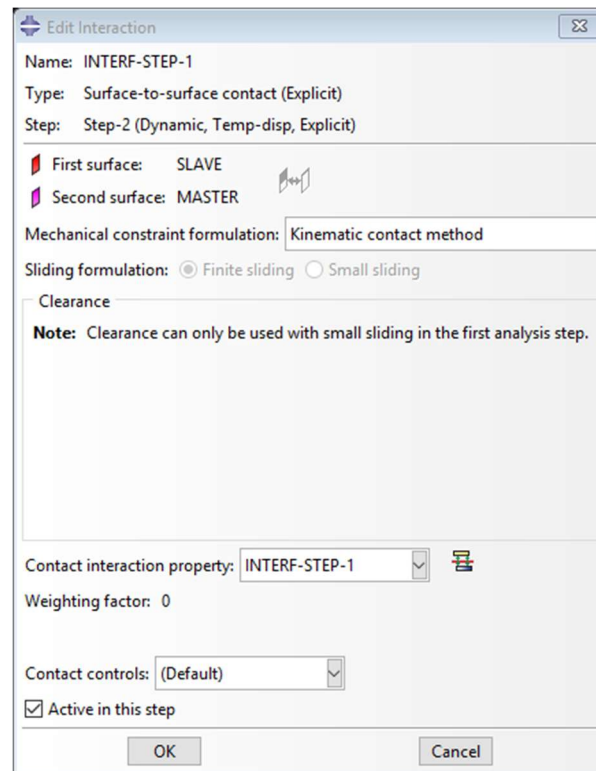


Figura 3.19. Valores y geometías para la interaccion INTERF-STEP-1

Las propiedades de interacción se muestran en la Figura 3.20, el valor de la fricción entre los componentes se ve afectado por la temperatura por lo que los datos de la Tabla 3.5 muestran el valor de la fricción según la temperatura.

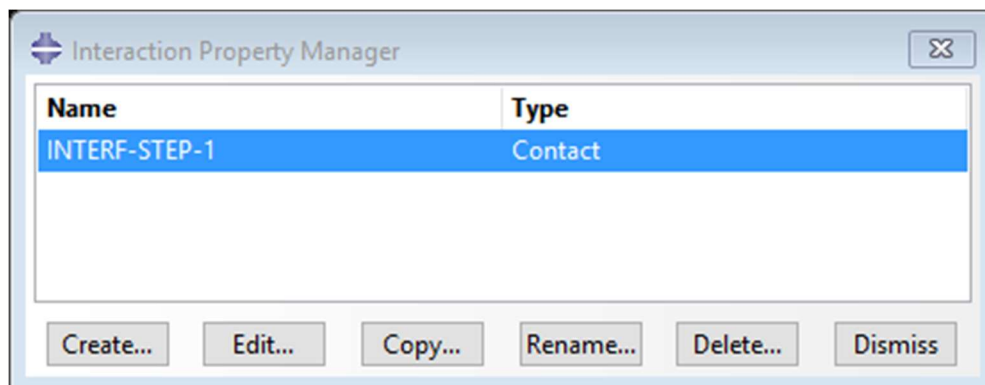


Figura 3.20. Lista de propiedades de interacción.

Tabla 3.5. Valores de las propiedades de interacción.

Opciones de Propiedades de Contacto (Contact property Opciones)				
Mecánico (Mechanical)		Térmico (Thermal)		Térmico (Thermal)
Comportamiento tangencial (Tangential Behavior)		Conducción térmica (Thermal Conductance)		Generación de calor (Heat Generation)
Coefficiente de fricción (Friction coeff) - μ	Temperatura (Uniform) - $^{\circ}\text{C}$	Conducción (Conductance) - $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	Presión - N/mm^2 (Pressure)	Usar predefinidos
0.37	20	50000000	0	
0.38	100	50000000	1000	
0.39	200			
0.41	300			
0.24	400			
0.20	500			

3.5.7. Carga (Load):

El sistema de frenos esta accionado por una fuerza externa, esta se va a definir en este módulo, esta es el resultado de la presión hidráulica generada al presionar el pedal de frenado.

Esta fuerza es convertida a una fuera de presión FORCE-1 ejercida en la cara de interior de la zapata asumiéndola uniformemente distribuida, según los valores de la Figura 3.21, la amplitud se va a describir posteriormente

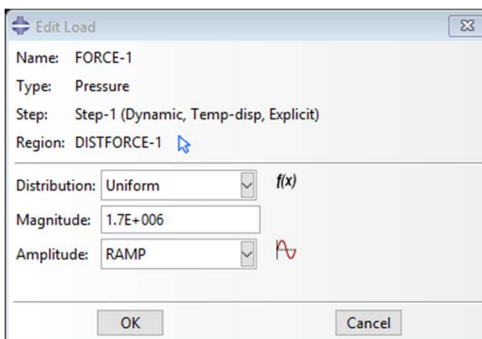


Figura 3.21. Presión aplicada en la zapata

Dentro de este módulo también se van a agregar las condiciones de frontera del análisis, se agregan seleccionando crear (*Create*) del menú del administrador de condiciones de frontera (*Boundary Condition Manager*) de la Figura 3.22, que según el tipo de condición de frontera se le asignara el paso al que va a aplicar, la categoría, el grupo de la Figura 3.24 muestra las condiciones de frontera usadas en el análisis.

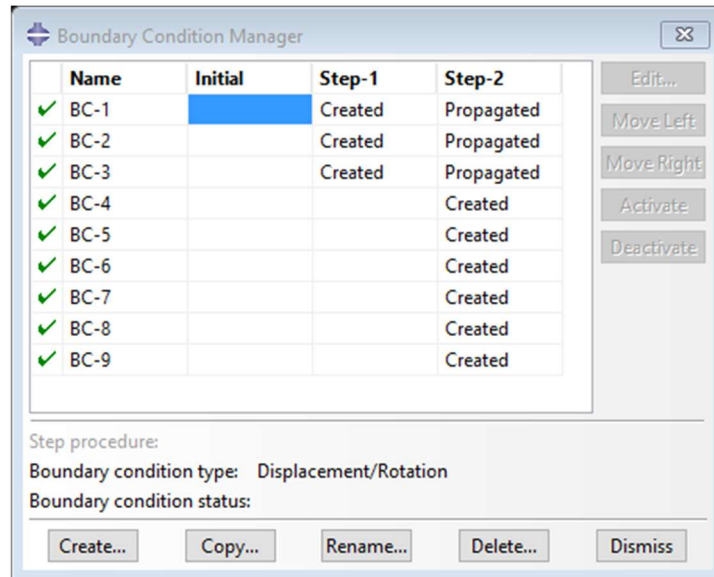


Figura 3.22. Nombres de las condiciones de frontera.

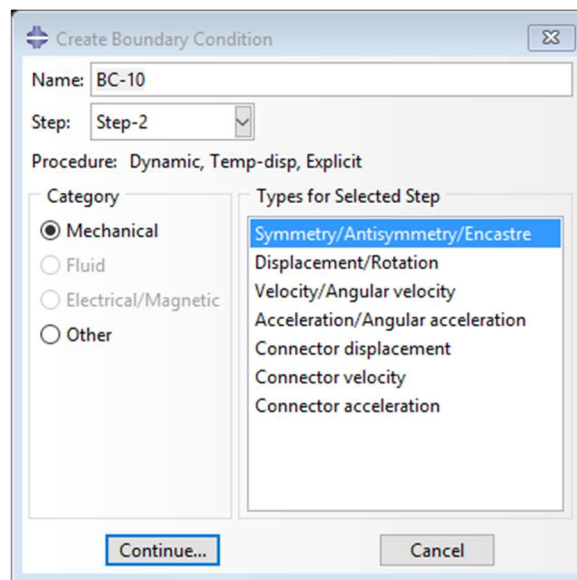


Figura 3.23. Posibles condiciones de frontera.

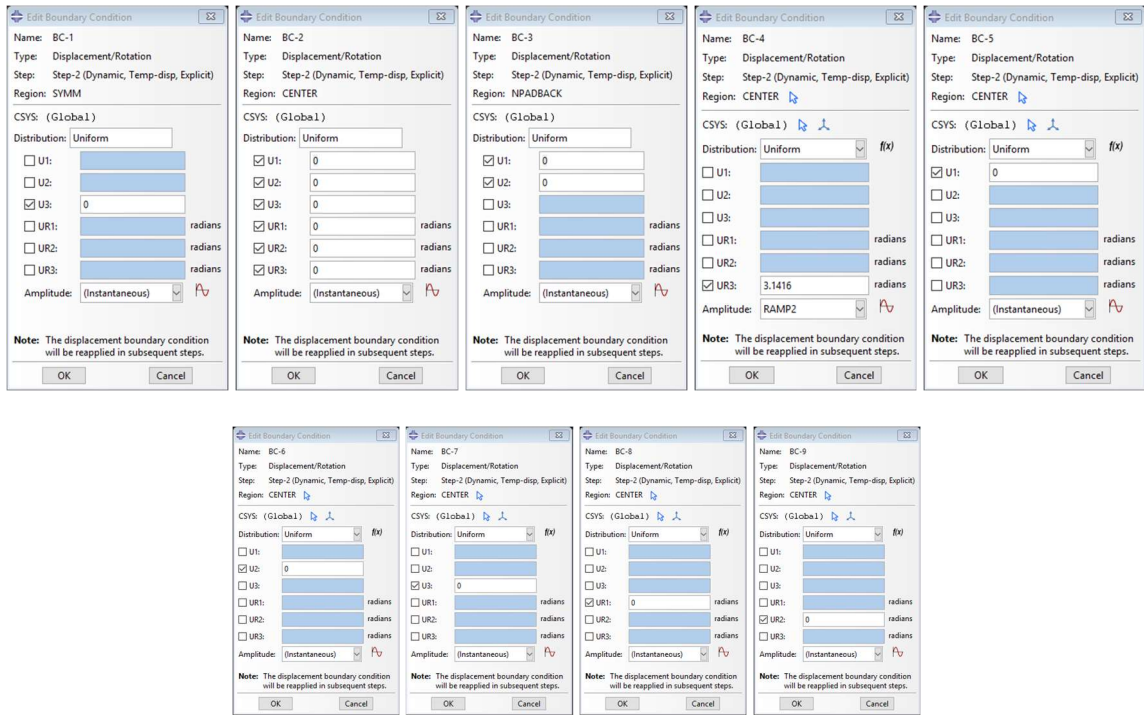


Figura 3.24. Valores de las Figuras de condiciones de frontera

Otro condición importante para este análisis son los campos predefinidos (*predefined fields*), listados en la Figura 3.25, en este caso el campo corresponde al total de las superficies de los dos componentes, los que están afectados por temperatura en la que están envueltos según se muestra en la Figura 3.26, que en este caso se asume están a temperatura ambiente con valor de 20°C.

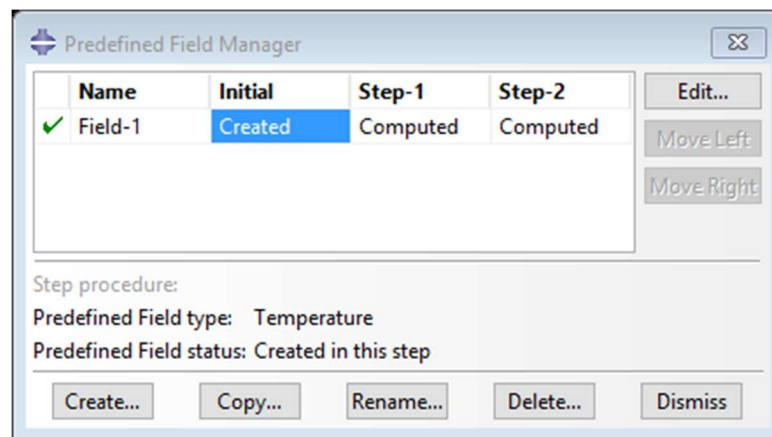


Figura 3.25. Campos predefinidos de control.

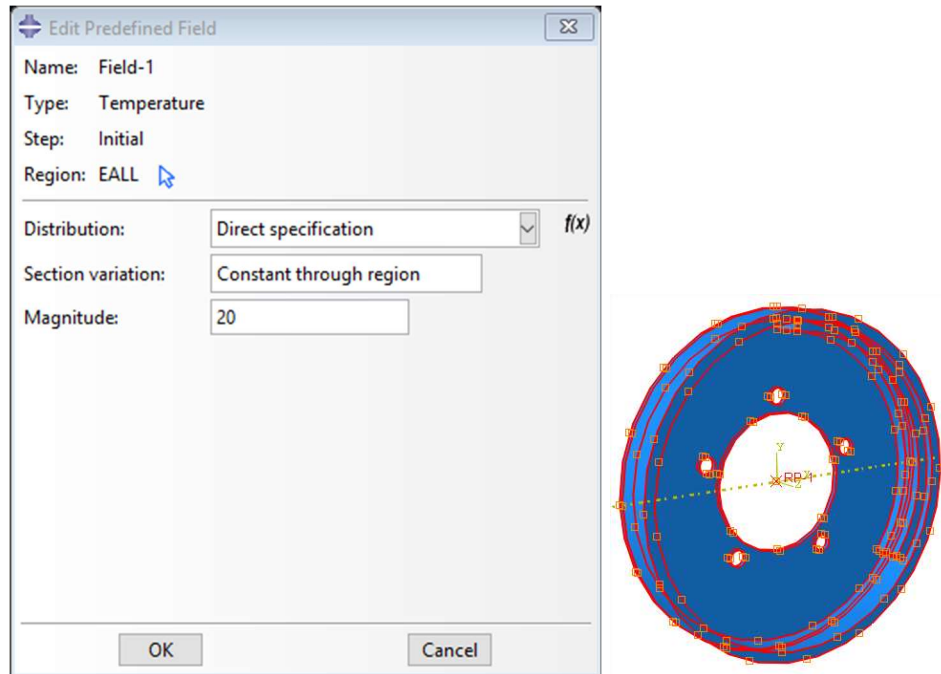


Figura 3.26. Características y geometría de aplicación del campo predefinido.

3.5.8. Mallado (*Mesh*):

Para facilitar la solución del problema, debemos fragmentar los modelos en partes más pequeñas, por lo que este módulo nos sirve para este fin.

Este aunque es un módulo del programa Abaqus, cabe mencionar que el mallado es aplicado dentro del módulo de ensamble en las instancias del modelo y se localizan según lo muestra la Figura 3.27.

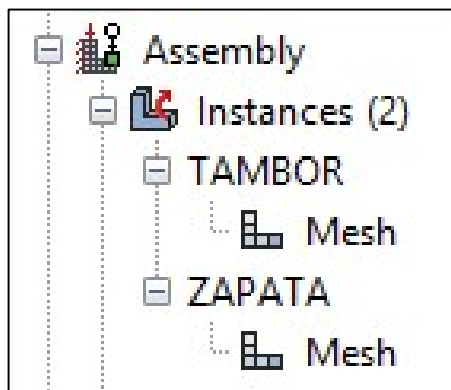


Figura 3.27. Relación de la malla con los componentes.

Primeramente se van a asignar los controles de la malla para las dos partes según los parámetros predefinidos por el programa para tomar una referencia inicial del mallado como se muestra en la figura (), a la que se accede seleccionando del menú *Mesh>Controls*.

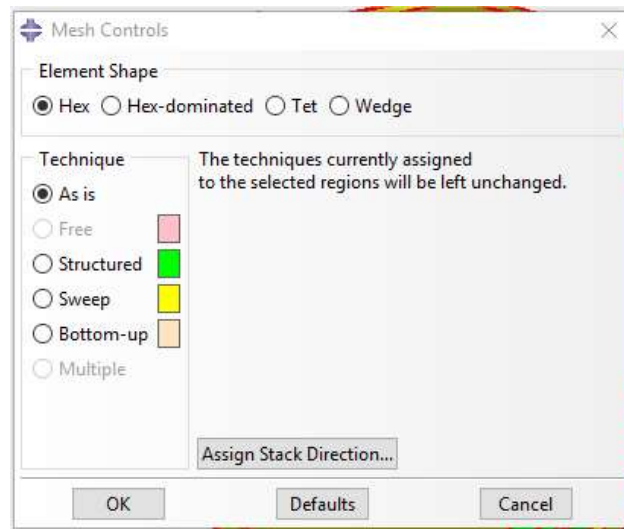



Figura 3.28. Valores predefinidos para generación de malla.

Del menú del módulo de malla seleccionar  *Mesh part instance*, se seleccionan los componentes y se termina la operación,

Al crear la malla con las opciones predeterminadas del programa se genera una malla en la zona de contacto del tambor con la zapata, tal que visualmente podríamos asumir que en el momento de correr el análisis, los resultados podrían mostrar datos no uniformes o no confiables por la distribución de los valores. Según la Figura 3.29, entonces para tener un mallado más confiable editamos las raíces de los elementos de malla para tener un mallado más uniforme.

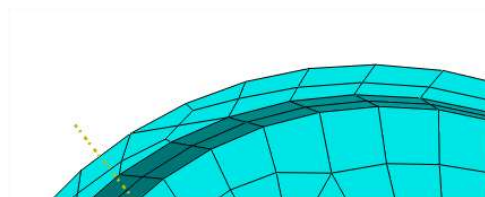



Figura 3.29. Malla con posibilidad de generar errores de salida.

Nuevamente dentro del módulo de malla seleccionar  *Seed edges* esto con la finalidad de definir los elementos por número y no por tamaño, para obtener una malla como se muestra en la Figura 3.30.

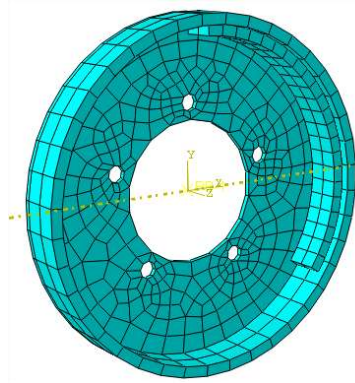


Figura 3.30. Malla modificada.

Lo más importante a considerar en el mallado es el tipo de malla, este se debe definir de acuerdo al tipo de análisis que se va a realizar, para este opción se accede en el menú referente al mallado en *mesh>Element Type*, seleccionando en la familia (*Family*) *Coupled Temperatura-Displacement* con la finalidad de tener elementos de malla C3D8RT, junto con las opciones mostradas en la Figura 3.31.

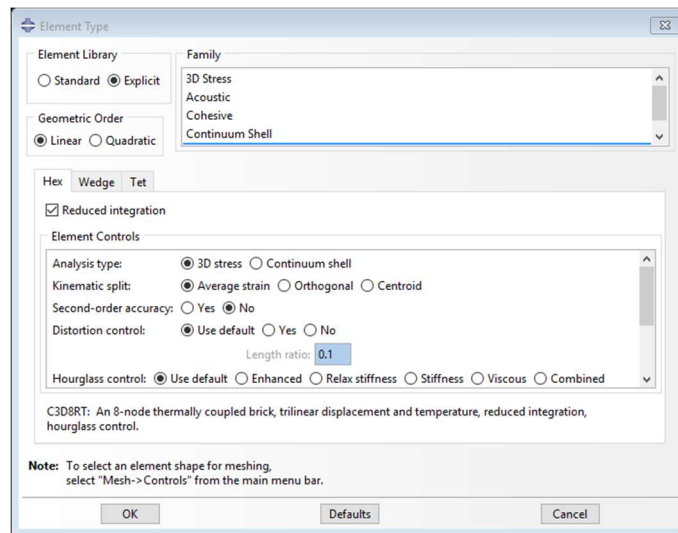


Figura 3.31. Selección de las condiciones del tipo de malla (C3D8RT).

3.5.9. Optimización (Optimization)

Este módulo es para optimizar el diseño de los componentes, este no se va a utilizar en este proyecto, puesto que el objetivo es solo visualizar la distribución de la temperatura en el freno de tambor.

3.5.10. Trabajo (*Job*):

Los análisis se corren bajo este módulo, en la Figura 3.32 se muestran los trabajos corridos para este modelo, se tienen opciones para detener el análisis o para estar monitoreándolo durante la corrida como se muestra en la Figura 3.33, esto es una gran ventaja porque en caso de existir un error en los parámetros de entrada, se pueden visualizar los resultados de salida y ver si estos son de acuerdo a lo que se espera y el análisis se puede terminar antes para corregir los posibles errores de entrada de datos y disminuir el tiempo de procesado.

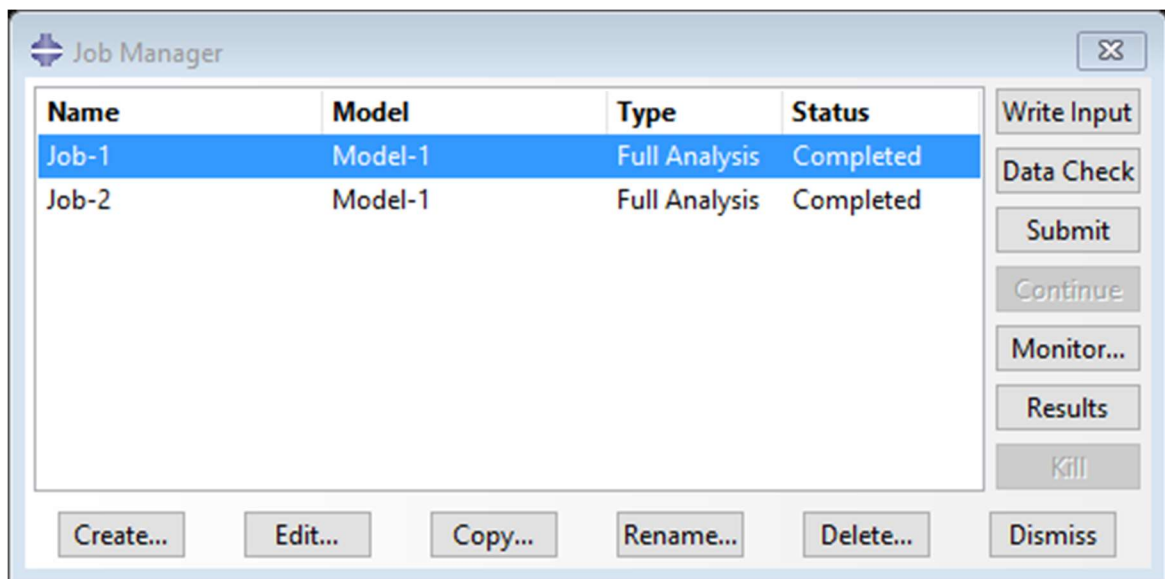


Figura 3.32. Nombres de los trabajos corridos en el análisis.

Step	Increment	Total Time	CPU Time	Step Time	Stable Time Inc	Kinetic Energy	Total Energy
2	18586	0.0145	23.2	0.0135	7.2755e-07	195.509	54432.1
2	18999	0.0148	23.6	0.0138	7.2755e-07	65.3306	54432.1
2	19412	0.0151	24.1	0.0141	7.27517e-07	18.354	54432.1
2	19825	0.0154	24.6	0.0144	7.2751e-07	2.97832	54432.1
2	20238	0.0157	25.1	0.0147	7.27545e-07	0.290064	54432.1
2	20651	0.016	25.5	0.015	7.27541e-07	0.284097	54432.1

Log Errors Warnings Output Data File Message File Status File

Completed: analysis input rui processor

Started: Abaqus/Explicit Packager

Completed: Abaqus/Explicit Packager

Started: Abaqus/Explicit

Completed: Abaqus/Explicit

Completed: Mon May 02 13:08:42 2016

Search Text

Text to find: Match case Next Previous

Dismiss

Figura 3.33. Monitoreo del análisis durante la corrida.

3.5.11. Visualización (*Visualization*):

Hay dos formas de acceder a este módulo: una es accediendo durante el proceso de corrida del análisis seleccionando resultados (*Results*) en la ventana de trabajo (*Job*), o bien se puede seleccionar este de la lista de módulos después de haber finalizado el análisis.

Este módulo nos muestra los valores numéricos de salida del análisis, estos a su vez los correlaciona a una gama de colores que nos ayudan a identificar las zonas o áreas críticas de los componentes como se muestran en la Figura 3.34.

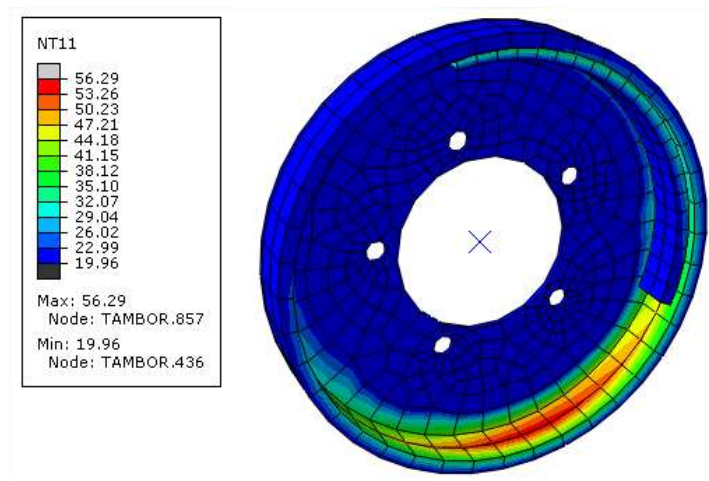


Figura 3.34. Valores y visualización de resultados

3.5.12. Bosquejo (*Sketch*)

Este módulo no fue utilizado en este análisis.

3.5.13. Resultados de análisis

Los resultados obtenidos a diferentes rotaciones y manteniendo los otros parámetros constantes, se muestran en la Tabla 3.6, mientras que la Figura 3.35 muestra la gráfica de estos valores.

Tabla 3.6. Temperaturas de los elementos a diferentes giros.

Giro		Temperatura
Vueltas	Radianes	°C
0.25	1.5708	36.737
0.5	3.1416	56.286
1	6.2832	132.008
2	12.5664	107.875
3	18.8496	114.783
4	25.1327	178.232
5	31.4159	223.293
6	37.6991	298.680
7	43.9823	414.924
8	50.2655	333.477
9	56.5487	335.012
10	62.8319	310.670

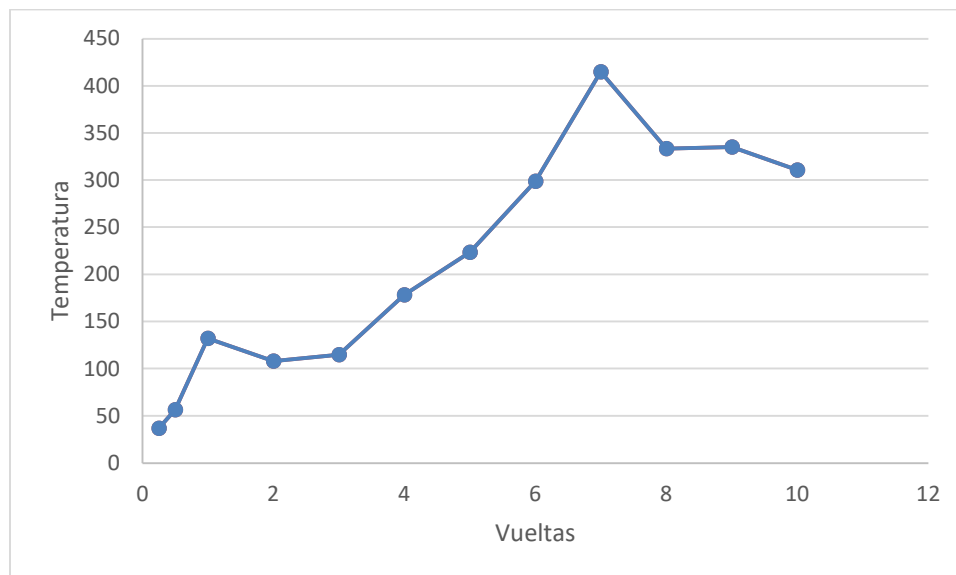


Figura 3.35. Relación Vueltas-temperatura

Los resultados obtenidos a diferentes rotaciones y manteniendo los otros parámetros constantes, se muestran en la Tabla 3.7. la Figura 3.36 es el resultado de los parámetros considerados para este análisis.

Tabla 3.7. Temperaturas de los elementos a diferentes giros y variación del tiempo.

Giro		Tiempo	Temperatura
Vueltas	Radianes	s	°C
0.25	1.5708	0.015	38.923
0.5	3.1416	0.02	55.670
1	6.2832	0.025	216.871
2	12.5664	0.03	189.028
3	18.8496	0.035	163.271
4	25.1327	0.04	209.219
5	31.4159	0.045	264.634
6	37.6991	0.05	186.787
7	43.9823	0.055	394.136
8	50.2655	0.06	245.972
9	56.5487	0.065	136.234
10	62.8319	0.07	170.331

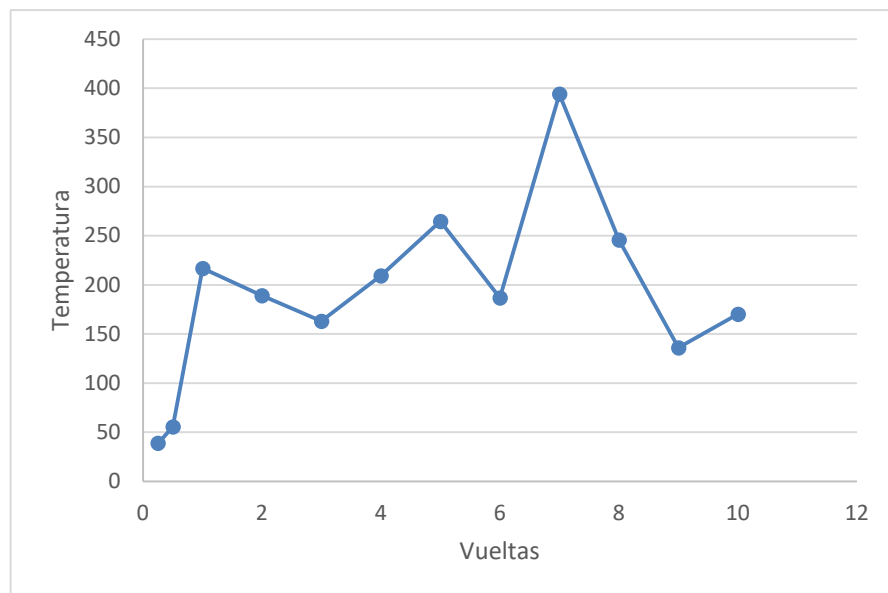


Figura 3.36. Relación Vueltas-temperatura-tiempo

Una tercer corrida se hizo incrementando el tiempo, estos valores se muestran en la Tabla 3.8y la gráfica de estos valores se muestran en la

Tabla 3.8. Temperatura incrementando el tiempo y manteniendo las vueltas

0.5 Vueltas (3.1415 Radianes)	
Tiempo	Temperatura
S	°C
0.015	56.288
0.02	55.741
0.025	55.038
0.03	54.61
0.035	54.319
0.04	54.116
0.045	53.837
0.05	52.681
0.055	50.951
0.06	48.669
0.065	45.494
0.07	43.45

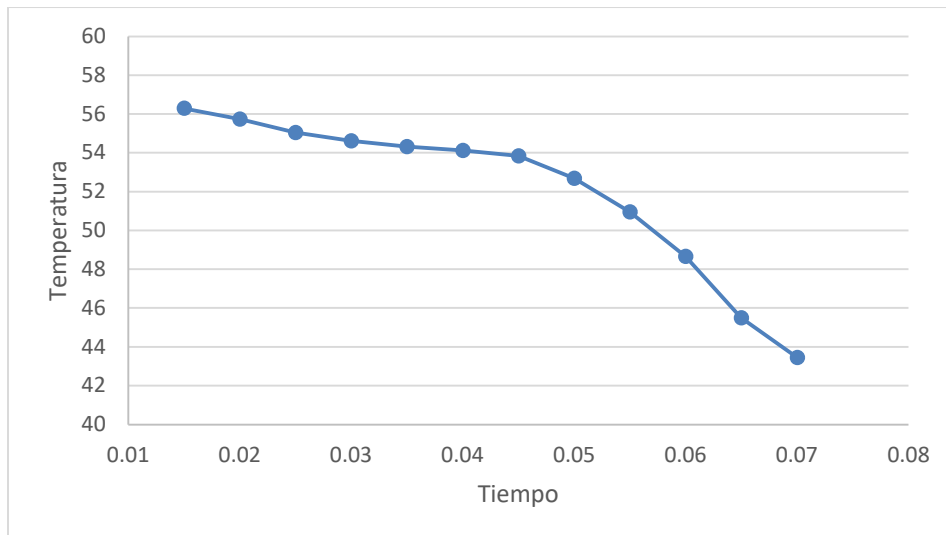


Figura 3.37. Relación tiempo-vueltas contante

En la Figura 3.35 muestra la primera corrida una relación directa al número de vueltas obteniendo su valor máximo en 7 vueltas, y disminuyendo en el resto, este es un factor que en futuros proyectos podría ser analizado, ya que es una condición que podría ser considerada como no esperado.

La Figura 3.36 tiene la variante respecto de la Figura 3.35 el tiempo, el cual se fue incrementando en 0.005 segundos para tratar de simular un desplazamiento en los modelos, este resultado de datos con comportamiento de crestas y valles podría ser el resultado del efecto de tiempo en el que en algunos casos, incrementa el tiempo de disipación de calor, mientras que en otros lo concentra.

El tercer análisis muestra los valores obtenidos al ir variando el tiempo manteniendo el número de vueltas constante, esta tendencia de disminución de temperatura corresponde a una simulación en la que el tambor tiende a disipar el calor generado como resultado en el incremento del tiempo.

El cuarto análisis corresponde a la simulación del problema mostrado en la sección de cálculos manuales, en la que se observa que al girar el tambor media vuelta la temperatura es aproximadamente a la temperatura calculada, la Figura 3.38

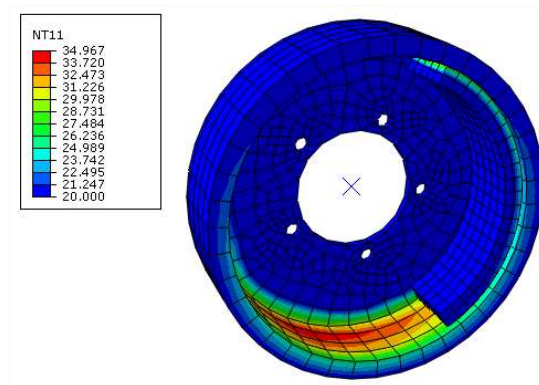


Figura 3.38. Mapa de temperatura y datos - simulación del ejemplo mostrado en los cálculos manuales.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

4.1 Análisis de datos

El dato de mayor relevancia en las corridas del modelo y que nos dice que la hipótesis nula no se rechaza, es en la que se simuló el ejemplo del cálculo manual, cuyo valor obtenido por este método de 34.4°C es aproximadamente igual al girar media vuelta el tambor en el modelo obteniendo un valor de 34.967°C , por lo que el objetivo de tener un modelo que pudiera simular un sistema de frenos de tambor se cumple, y puede ser de apoyo para futuros proyectos.

Sin embargo, los datos de las otras corridas y que se debieran esperar es de que a mayor número de vueltas, mayor temperatura, pero es posible que debido a las capacidades térmicas de los materiales, a las condiciones de frontera usados, el resultado obtenido en dos de las tres corridas no sean de acuerdo a lo esperado.

Una revisión de las fronteras y los valores de entrada podrían ayudar a mejorar los resultados y tener una mejor relación vueltas-temperatura y un mejor entendimiento de los datos de salida.

4.2 Futuros proyectos

En el sistema de frenos no solo es importante la capacidad del sistema de absorber la energía de frenado, por lo que este trabajo se podría considerar como el inicio de otros proyectos relacionados al sistema de frenado, estos podrían ser:

El análisis de esfuerzos mecánicos generados al momento de ejercer la presión de frenado, para optimización de geometrías y diseño de estos sistemas.

Análisis de esfuerzos termo-mecánicos, esto considerando lo investigado en este proyecto y lo referente a los esfuerzos mecánicos.

Uno de los elementos que podrían ayudar a la disipación del calor en los sistemas que trabajan a altas temperaturas, es la ventilación y si es posible forzar o generar flujos de aire para disminuir la temperatura de operación de los sistemas, por lo otro proyecto podría ser el análisis del flujo de aire para hacer más eficiente el enfriamiento, he incrementar el performance del sistema de frenado y aumentar la vida útil de los materiales de fricción.

El mantenimiento en los automóviles es basado en programación de servicio de este, por lo que un proyecto podría ser enfocado al cálculo del desgaste de las zapatas y proponer el remplazo según su uso y no por programación.

Basado en los anteriores se podría desarrollar un proyecto, enfocado al uso de elementos externos de enfriamiento, como agregar ventiladores adicionales, etc.

Ente otros, en los que pueden ser los mecanismos de ajuste, materiales de las zapatas, etc.

La creación de un modelo físico para la comprobación real de los datos obtenidos en los diferentes análisis sería el proyecto que comprobaría las teorías y se podrían hacer propuestas concretas sobre diseños, materiales, sistemas de enfriamiento, etc., porque sería un modelo confiable para usar como referencia.

4.3 Glosario

¿Qué es una norma "UNE"?

Una norma UNE (Una Norma Española) es una especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba AENOR, organismo reconocido a nivel nacional e internacional por su actividad normativa (Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria).

4.4 Apéndice

El texto que se adjunta es el modelo en formato de texto (.inp) que se obtiene del programa Abaqus, en el que se listan las geometrías, los elementos, las condiciones de frontera, valores de entrada, variables de salida, etc. es decir lo utilizado en el modelo de análisis finito.

```

**Heading
** Job name: ejemplo Model name: Model-1
** Generated by: Abaqus/CAE 6.13-1
**Preprint, echo=NO, model=NO, history=NO,
contact=NO
**
** PARTS
**
*Part, name=TAMBOR
**End Part
**
*Part, name=ZAPATA
**End Part
**
** ASSEMBLY
**
*Assembly, name=Assembly
**
**Instance, name=TAMBOR, part=TAMBOR
**Node
1, -0.166442052, -0.0685349628, 0.00999999978
2, -0.121733434, 0.103831455, 0.00999999978
3, 0.101033419, 0.0255294051, 0.00999999978
4, -0.00120349741, -0.064988859, 0.00999999978
5, 0.0080000038, 0.100000001, 0.00999999978
6, -0.0967435613, 0.0387322344, 0.00999999978
7, -0.0667319447, -0.08003968, 0.00999999978
8, 0.0555009507, -0.0881994739, 0.00999999978
9, 0.101033419, 0.0255294051, 0.00999999978
10, -0.00120349741, -0.064988859, 0.00999999978
11, 0.0080000038, 0.100000001, 0.00999999978
12, -0.0967435613, 0.0387322344, 0.00999999978
13, -0.0667319447, -0.08003968, 0.00999999978
14, 0.0555009507, -0.0881994739, 0.00999999978
15, -0.166442052, -0.0685349628, 0.00999999978
16, -0.121733434, 0.103831455, 0.100000001
17, -0.166442052, -0.0685349628, 0.100000001
18, -0.153671652, -0.0937284604, 0.00999999978
19, -0.137117341, -0.116614051, 0.00999999978
20, -0.11718674, -0.136628211, 0.00999999978
21, -0.094370611, -0.153278142, 0.00999999978
22, -0.0692307726, -0.166153848, 0.00999999978
23, -0.0423862338, -0.137117341, 0.00999999978
24, -0.0144980121, -0.179415181, 0.00999999978
25, 0.0137472004, -0.179474279, 0.00999999978
26, 0.0416539125, -0.17511411, 0.00999999978
27, 0.0685349628, -0.166442052, 0.00999999978
28, 0.0937284604, -0.153671652, 0.00999999978
29, 0.116614051, -0.137117341, 0.00999999978
30, 0.136628211, -0.11718674, 0.00999999978
31, 0.153278142, -0.094370611, 0.00999999978
32, 0.166153848, -0.0692307726, 0.00999999978
33, 0.174938291, -0.0423862338, 0.00999999978
34, 0.179415181, -0.0144980121, 0.00999999978
35, 0.179474279, 0.0137472004, 0.00999999978
36, 0.17511411, 0.0416539125, 0.00999999978
37, 0.166442052, 0.0685349628, 0.00999999978
38, 0.153671652, 0.0937284604, 0.00999999978
39, 0.137117341, 0.116614051, 0.00999999978
40, 0.11718674, 0.136628211, 0.00999999978
41, 0.094370611, 0.153278142, 0.00999999978
42, 0.0692307726, 0.166153848, 0.00999999978
43, 0.0423862338, 0.174938291, 0.00999999978
44, 0.0144980121, 0.179415181, 0.00999999978
45, -0.0137472004, 0.179474279, 0.00999999978
46, -0.0416539125, 0.17511411, 0.00999999978
47, -0.0685349628, 0.166442052, 0.00999999978
48, -0.0937284604, 0.153671652, 0.00999999978
49, -0.116614051, 0.137117341, 0.00999999978
50, -0.136628211, 0.11718674, 0.00999999978
51, -0.153278142, 0.094370611, 0.00999999978
52, -0.166153848, 0.0692307726, 0.00999999978
53, -0.174938291, 0.0423862338, 0.00999999978
54, -0.179415181, 0.0144980121, 0.00999999978
55, -0.179474279, -0.0137472004, 0.00999999978
56, -0.17511411, -0.0416539125, 0.00999999978
57, -0.136477515, 0.0835098177, 0.00999999978
58, -0.147861063, 0.0611318834, 0.00999999978
59, -0.155603781, 0.0372486822, 0.00999999978
60, -0.159515008, 0.0124482969, 0.00999999978
61, -0.159498468, -0.0126586081, 0.00999999978
62, -0.155554533, -0.0374538153, 0.00999999978
63, -0.147780329, -0.0613267869, 0.00999999978
64, -0.136367276, -0.0836896896, 0.00999999978
65, -0.121596426, -0.103991874, 0.00999999978
66, -0.103831455, -0.121733434, 0.00999999978
67, -0.0835098177, -0.136477515, 0.00999999978
68, -0.0611318834, -0.147861063, 0.00999999978
69, -0.0372486822, -0.155603781, 0.00999999978
70, -0.0124482969, -0.159515008, 0.00999999978
71, 0.0126586081, -0.159498468, 0.00999999978
72, 0.0374538153, -0.155554533, 0.00999999978
73, 0.0613267869, -0.147780329, 0.00999999978
74, 0.0836896896, -0.136367276, 0.00999999978
75, 0.103991874, -0.121596426, 0.00999999978
76, 0.121733434, -0.103831455, 0.00999999978
77, 0.136477515, -0.0835098177, 0.00999999978
78, 0.147861063, -0.0611318834, 0.00999999978
79, 0.155603781, -0.0372486822, 0.00999999978
80, 0.159515008, -0.0124482969, 0.00999999978
81, 0.159498468, 0.0126586081, 0.00999999978
82, 0.155554533, 0.0374538153, 0.00999999978
83, 0.147780329, 0.0613267869, 0.00999999978
84, 0.136367276, 0.0836896896, 0.00999999978
85, 0.121596426, 0.103991874, 0.00999999978
86, 0.103831455, 0.121733434, 0.00999999978
87, 0.0835098177, 0.136477515, 0.00999999978
88, 0.0611318834, 0.147861063, 0.00999999978
89, 0.0372486822, 0.155603781, 0.00999999978
90, 0.0124482969, 0.159515008, 0.00999999978
91, -0.0126586081, 0.159498468, 0.00999999978
92, -0.0374538153, 0.155554533, 0.00999999978
93, -0.0613267869, 0.147780329, 0.00999999978
94, -0.0836896896, 0.136367276, 0.00999999978
95, -0.103991874, 0.121596426, 0.00999999978
96, -0.13096001, 0.03129448, 0.00999999978
97, 0.100477949, 0.0368294679, 0.00999999978
98, 0.0947128683, 0.0388920531, 0.00999999978
99, 0.0891778842, 0.0362739936, 0.00999999978
100, 0.0871153027, 0.0305089206, 0.00999999978
101, 0.0897333547, 0.0249739308, 0.00999999978
102, 0.0954984277, 0.0229113474, 0.00999999978
103, 0.0189380683, -0.0621799789, 0.00999999978
104, 0.0372258425, -0.0532844886, 0.00999999978
105, 0.0518696904, -0.0391731411, 0.00999999978
106, 0.0614361763, -0.0212272555, 0.00999999978
107, 0.064988859, -0.00120349741, 0.00999999978
108, 0.0621799789, 0.0189380683, 0.00999999978
109, 0.0532844886, 0.0372258425, 0.00999999978
110, 0.0391731411, 0.0518696904, 0.00999999978
111, 0.0212272555, 0.0614361763, 0.00999999978
112, 0.00120349741, 0.064988859, 0.00999999978
113, -0.0189380683, 0.0621799789, 0.00999999978
114, -0.0372258425, 0.0532844886, 0.00999999978
115, -0.0518696904, 0.0391731411, 0.00999999978
116, -0.0614361763, 0.0212272555, 0.00999999978
117, -0.064988859, 0.00120349741, 0.00999999978
118, -0.0621799789, -0.0189380683, 0.00999999978
119, -0.0532844886, -0.0372258425, 0.00999999978
120, -0.0391731411, -0.0518696904, 0.00999999978
121, -0.0212272555, -0.0614361763, 0.00999999978
122, 0.00565685425, 0.105656855, 0.00999999978
123, 0, 0.108000003, 0.00999999978
124, -0.00565685425, 0.105656855, 0.00999999978
125, -0.0080000038, 0.100000001, 0.00999999978
126, -0.00565685425, 0.0943431482, 0.00999999978
127, 0, 0.092000002, 0.00999999978
128, 0.00565685425, 0.0943431482, 0.00999999978
129, -0.101800852, 0.0352805443, 0.00999999978
130, -0.102936186, 0.0292637888, 0.00999999978
131, -0.0994844958, 0.0242064986, 0.00999999978
132, -0.0934677422, 0.0230711661, 0.00999999978
133, -0.088410452, 0.0265228543, 0.00999999978
134, -0.0872751176, 0.0325396098, 0.00999999978
135, -0.0907268077, 0.0375969, 0.00999999978
136, -0.0650119856, -0.0859160796, 0.00999999978
137, -0.0596405491, -0.0888551176, 0.00999999978
138, -0.0537641495, -0.0871351585, 0.00999999978
139, -0.0508251041, -0.081763722, 0.00999999978
140, -0.0525450632, -0.0758873224, 0.00999999978
141, -0.0579165034, -0.072948277, 0.00999999978

```

142, -0.0637928993, -0.0746682361, 0.009999999978
143, 0.0616212338, -0.0883795992, 0.009999999978
144, 0.066076301, -0.0841792747, 0.009999999978
145, 0.0662564263, -0.0780589879, 0.009999999978
146, 0.0620560981, -0.0736039281, 0.009999999978
147, 0.055935815, -0.0734237954, 0.009999999978
148, 0.0514807515, -0.0776241273, 0.009999999978
149, 0.0513006262, -0.0837444067, 0.009999999978
150, 0.103096001, 0.03129448, -2.23517413e-10
151, 0.100477949, 0.0368294679, -2.23517413e-10
152, 0.0947128683, 0.0388920531, -2.23517413e-10
153, 0.0891778842, 0.0362739936, -2.23517413e-10
154, 0.0871153027, 0.0305089206, -2.23517413e-10
155, 0.0897333547, 0.0249739308, -2.23517413e-10
156, 0.0954984277, 0.0229113474, -2.23517413e-10
157, 0.0189380683, -0.0621799789, -2.23517413e-10
158, 0.0372258425, -0.0532844886, -2.23517413e-10
159, 0.0518696904, -0.0391731411, -2.23517413e-10
160, 0.0614361763, -0.0212272555, -2.23517413e-10
161, 0.064988859, -0.00120349741, -2.23517413e-10
162, 0.0621799789, 0.0189380683, -2.23517413e-10
163, 0.0532844886, 0.0372258425, -2.23517413e-10
164, 0.0391731411, 0.0518696904, -2.23517413e-10
165, 0.0212272555, 0.0614361763, -2.23517413e-10
166, 0.00120349741, 0.064988859, -2.23517413e-10
167, -0.0189380683, 0.0621799789, -2.23517413e-10
168, -0.0372258425, 0.0532844886, -2.23517413e-10
169, -0.0518696904, 0.0391731411, -2.23517413e-10
170, -0.0614361763, 0.0212272555, -2.23517413e-10
171, -0.064988859, 0.00120349741, -2.23517413e-10
172, -0.0621799789, -0.0189380683, -2.23517413e-10
173, -0.0532844886, -0.0372258425, -2.23517413e-10
174, -0.0391731411, -0.0518696904, -2.23517413e-10
175, -0.0212272555, -0.0614361763, -2.23517413e-10
176, 0.00565685425, 0.105656855, -2.23517413e-10
177, 0, 0.108000003, -2.23517413e-10
178, -0.00565685425, 0.105656855, -2.23517413e-10
179, -0.0080000038, 0.100000001, -2.23517413e-10
180, -0.00565685425, 0.0943431482, -2.23517413e-10
181, 0, 0.0920000002, -2.23517413e-10
182, 0.00565685425, 0.0943431482, -2.23517413e-10
183, -0.101800852, 0.0352805443, -2.23517413e-10
184, -0.1029361486, 0.0292678888, -2.23517413e-10
185, -0.0994844958, 0.0242064986, -2.23517413e-10
186, -0.0934677422, 0.0230711661, -2.23517413e-10
187, -0.088410452, 0.0265228543, -2.23517413e-10
188, -0.0872751176, 0.0325396098, -2.23517413e-10
189, -0.0907268077, 0.0375969, -2.23517413e-10
190, -0.0650119856, -0.0859160796, -2.23517413e-10
191, -0.0596405491, -0.0888551176, -2.23517413e-10
192, -0.0537641495, -0.0871351585, -2.23517413e-10
193, -0.0508251041, -0.081763722, -2.23517413e-10
194, -0.0525450632, -0.0758873224, -2.23517413e-10
195, -0.0579165034, -0.072948277, -2.23517413e-10
196, -0.0637928993, -0.0746682361, -2.23517413e-10
197, 0.0616212338, -0.0883795992, -2.23517413e-10
198, 0.066076301, -0.0841792747, -2.23517413e-10
199, 0.0662564263, -0.0780589879, -2.23517413e-10
200, 0.0620560981, -0.0736039281, -2.23517413e-10
201, 0.055935815, -0.0734237954, -2.23517413e-10
202, 0.0514807515, -0.0776241273, -2.23517413e-10
203, 0.0513006262, -0.0837444067, -2.23517413e-10
204, -0.153671652, -0.0937284604, -2.23517413e-10
205, -0.137117341, -0.116614051, -2.23517413e-10
206, -0.11718674, -0.136628211, -2.23517413e-10
207, -0.094370611, -0.153278142, -2.23517413e-10
208, -0.0692307726, -0.166153848, -2.23517413e-10
209, -0.0423862338, -0.174938291, -2.23517413e-10
210, -0.0144980121, -0.17945181, -2.23517413e-10
211, 0.0137472004, -0.179474279, -2.23517413e-10
212, 0.0416539125, -0.17511411, -2.23517413e-10
213, 0.0685349628, -0.166442052, -2.23517413e-10
214, 0.0937284604, -0.153671652, -2.23517413e-10
215, 0.116614051, -0.137117341, -2.23517413e-10
216, 0.136628211, -0.11718674, -2.23517413e-10
217, 0.153278142, -0.094370611, -2.23517413e-10
218, 0.166153848, -0.0692307726, -2.23517413e-10
219, 0.174938291, -0.0423862338, -2.23517413e-10
220, 0.17945181, -0.0144980121, -2.23517413e-10
221, 0.179474279, 0.0137472004, -2.23517413e-10
222, 0.17511411, 0.0416539125, -2.23517413e-10
223, 0.166442052, 0.0685349628, -2.23517413e-10
224, 0.153671652, 0.0937284604, -2.23517413e-10
225, 0.137117341, 0.116614051, -2.23517413e-10
226, 0.11718674, 0.136628211, -2.23517413e-10
227, 0.094370611, 0.153278142, -2.23517413e-10
228, 0.0692307726, 0.166153848, -2.23517413e-10
229, 0.0423862338, 0.174938291, -2.23517413e-10
230, 0.0144980121, 0.17945181, -2.23517413e-10
231, -0.0137472004, 0.179474279, -2.23517413e-10
232, -0.0416539125, 0.17511411, -2.23517413e-10
233, -0.0685349628, 0.166442052, -2.23517413e-10
234, -0.0937284604, 0.153671652, -2.23517413e-10
235, -0.116614051, 0.137117341, -2.23517413e-10
236, -0.136628211, 0.11718674, -2.23517413e-10
237, -0.153278142, 0.094370611, -2.23517413e-10
238, -0.166153848, 0.0692307726, -2.23517413e-10
239, -0.174938291, 0.0423862338, -2.23517413e-10
240, -0.17945181, 0.0144980121, -2.23517413e-10
241, -0.179474279, -0.0137472004, -2.23517413e-10
242, -0.17511411, -0.0416539125, -2.23517413e-10
243, -0.136477515, 0.0835098177, 0.100000001
244, -0.147861063, 0.0611318834, 0.100000001
245, -0.155603781, 0.0372486822, 0.100000001
246, -0.159515008, 0.0124482969, 0.100000001
247, -0.159498468, -0.0126586081, 0.100000001
248, -0.155554533, -0.0374538153, 0.100000001
249, -0.147780329, -0.0613267869, 0.100000001
250, -0.136367276, -0.0836896896, 0.100000001
251, -0.121596426, -0.103991874, 0.100000001
252, -0.103831455, -0.121733434, 0.100000001
253, -0.0835098177, -0.136477515, 0.100000001
254, -0.0611318834, -0.147861063, 0.100000001
255, -0.0372486822, -0.155603781, 0.100000001
256, -0.0124482969, -0.159515008, 0.100000001
257, 0.0126586081, -0.159498468, 0.100000001
258, 0.0374538153, -0.155554533, 0.100000001
259, 0.0613267869, -0.147780329, 0.100000001
260, 0.0836896896, -0.136367276, 0.100000001
261, 0.103991874, -0.121596426, 0.100000001
262, 0.121733434, -0.103831455, 0.100000001
263, 0.136477515, -0.0835098177, 0.100000001
264, 0.147861063, -0.0611318834, 0.100000001
265, 0.155603781, -0.0372486822, 0.100000001
266, 0.159515008, -0.0124482969, 0.100000001
267, 0.159498468, 0.0126586081, 0.100000001
268, 0.155554533, 0.0374538153, 0.100000001
269, 0.147780329, 0.0613267869, 0.100000001
270, 0.136367276, 0.0836896896, 0.100000001
271, 0.121596426, 0.103991874, 0.100000001
272, 0.103831455, 0.121733434, 0.100000001
273, 0.0835098177, 0.136477515, 0.100000001
274, 0.0611318834, 0.147861063, 0.100000001
275, 0.0372486822, 0.155603781, 0.100000001
276, 0.0124482969, 0.159515008, 0.100000001
277, -0.0126586081, 0.159498468, 0.100000001
278, -0.0374538153, 0.155554533, 0.100000001
279, -0.0613267869, 0.147780329, 0.100000001
280, -0.0836896896, 0.136367276, 0.100000001
281, -0.103991874, 0.121596426, 0.100000001
282, -0.121596426, 0.103991874, 0.100000001
283, -0.136477515, 0.0835098177, 0.100000001
284, -0.147861063, 0.0611318834, 0.100000001
285, -0.155603781, 0.0372486822, 0.100000001
286, -0.166153848, 0.0124482969, 0.100000001
287, -0.153278142, 0.094370611, 0.100000001
288, -0.136628211, 0.11718674, 0.100000001
289, -0.116614051, 0.137117341, 0.100000001
290, -0.0937284604, 0.153671652, 0.100000001
291, -0.0685349628, 0.166442052, 0.100000001
292, -0.0416539125, 0.17511411, 0.100000001
293, -0.0137472004, 0.179474279, 0.100000001
294, 0.0144980121, 0.17945181, 0.100000001
295, 0.0423862338, 0.174938291, 0.100000001
296, 0.0692307726, 0.166153848, 0.100000001
297, 0.094370611, 0.153278142, 0.100000001
298, 0.11718674, 0.136628211, 0.100000001
299, 0.137117341, 0.116614051, 0.100000001
300, 0.153671652, 0.0937284604, 0.100000001
301, 0.166442052, 0.0685349628, 0.100000001
302, 0.17511411, 0.0416539125, 0.100000001
303, 0.179474279, 0.0137472004, 0.100000001
304, 0.17945181, -0.0144980121, 0.100000001
305, 0.174938291, -0.0423862338, 0.100000001
306, 0.166153848, -0.0692307726, 0.100000001
307, 0.153278142, -0.094370611, 0.100000001
308, 0.136628211, -0.11718674, 0.100000001
309, 0.116614051, -0.137117341, 0.100000001
310, 0.0937284604, -0.153671652, 0.100000001
311, 0.0685349628, -0.166442052, 0.100000001
312, 0.0416539125, -0.17511411, 0.100000001
313, 0.0137472004, -0.179474279, 0.100000001
314, -0.0144980121, -0.17945181, 0.100000001
315, -0.0423862338, -0.174938291, 0.100000001
316, -0.0692307726, -0.166153848, 0.100000001
317, -0.094370611, -0.153278142, 0.100000001
318, -0.11718674, -0.136628211, 0.100000001
319, -0.137117341, -0.116614051, 0.100000001
320, -0.153671652, -0.0937284604, 0.100000001
321, -0.1787481889, -0.084917143, 0.009999999978
322, 0.102388144, 0.013202749, 0.009999999978
323, 0.0166070294, 0.10864158, 0.009999999978
324, -0.0905769616, 0.0457048155, 0.009999999978
325, 0.0379828944, -0.0853869059, 0.009999999978
326, -0.0563923642, -0.0998395011, 0.009999999978
327, 0.101376139, 0.0440533943, 0.009999999978
328, -0.0451373719, -0.0778193101, 0.009999999978
329, -0.0187603198, 0.0945699814, 0.009999999978
330, 0.0488727912, -0.0717198551, 0.009999999978
331, -0.0211227555, 0.108424142, 0.009999999978
332, -0.0822303295, 0.0418016836, 0.009999999978
333, -0.0502114072, -0.0680698305, 0.009999999978
334, -0.0672167838, -0.0972106084, 0.009999999978
335, 0.0779057816, 0.0397216976, 0.009999999978
336, -0.107950434, 0.0244885795, 0.009999999978
337, 0.00248432602, 0.0825662166, 0.009999999978
338, -0.0421032235, -0.0867993608, 0.009999999978
339, 0.0567190275, -0.0667181015, 0.009999999978
340, 0.107940383, 0.0364995189, 0.009999999978
341, -0.0825846568, 0.0175064951, 0.009999999978
342, -0.0792026594, 0.0287845731, 0.009999999978
343, 0.0685778409, -0.0954177454, 0.009999999978
344, 0.0705035701, -0.0742909312, 0.009999999978
345, 0.0083580084, 0.116698146, 0.009999999978
346, -0.0108019235, 0.0832885355, 0.009999999978
347, -0.00541228615, 0.1200041172, 0.009999999978
348, -0.112201877, 0.041246336, 0.009999999978
349, 0.0860165507, 0.0492523265, 0.009999999978
350, -0.103141017, 0.013623856, 0.009999999978
351, 0.0554762334, -0.100812778, 0.009999999978
352, 0.112678446, 0.019775223, 0.009999999978
353, 0.0468618274, -0.0911602005, 0.009999999978
354, -0.077733539, -0.0709451735, 0.009999999978
355, 0.0189452898, 0.0902623162, 0.009999999978
356, -0.101766527, 0.0500705354, 0.009999999978
357, 0.0439517312, -0.0759353787, 0.009999999978
358, -0.062242426, -0.0615746453, 0.009999999978
359, 0.0405003726, -0.0834076628, 0.009999999978
360, -0.084625639, -0.0629384369, 0.009999999978
361, 0.112206891, 0.00932819676, 0.009999999978
362, -0.0846860707, 0.049779582, 0.009999999978
363, 0.0170669146, 0.11737805, 0.009999999978
364, 0.0631757751, -0.107921034, 0.009999999978
365, -0.0350708887, -0.0970687494, 0.009999999978
366, 0.0780572221, 0.0147423651, 0.009999999978
367, -0.0267094336, 0.102168553, 0.009999999978
368, -0.0149826659, 0.0891795456, 0.009999999978
369, 0.0797658116, -0.0772513151, 0.009999999978
370, -0.0246245395, 0.119684272, 0.009999999978
371, -0.0460251942, -0.0727314129, 0.009999999978
372, -0.124677315, 0.0345747285, 0.009999999978
373, 0.0724880174, 0.0332381167, 0.009999999978
374, -0.0655488372, -0.109970436, 0.009999999978
375, -0.0791683272, 0.0355102457, 0.009999999978
376, -0.0390618742, -0.0795730799, 0.009999999978
377, 0.0487038232, -0.0617065132, 0.009999999978
378, -0.0716593415, 0.0234826077, 0.009999999978
379, -0.0865728334, 0.0064615747, 0.009999999978
380, 0.085888302, 0.0576957599, 0.009999999978
381, -0.00552928634, 0.075335741, 0.009999999978
382, 0.0741874948, 0.0503808931, 0.009999999978
383, 0.0663206428, -0.0674075633, 0.009999999978
384, -0.00300216069, 0.129456788, 0.009999999978
385, 0.089486466, 0.0020605009, 0.009999999978
386, 0.0268544685, 0.108180761, 0.009999999978
387, 0.050094936, -0.0956066772, 0.009999999978
388, 0.114703342, 0.0273534153, 0.009999999978
389, -0.0954020023, 0.0482675992, 0.009999999978
390, -0.048057165, -0.0593347624, 0.009999999978
391, 0.0477953553, -0.0672725663, 0.009999999978
392, 0.0461050003, -0.108658701, 0.009999999978
393, -0.0711643696, -0.0652271509, 0.009999999978
394, -0.0977268517, -0.0843251348, 0.009999999978
395, 0.0772593915, -0.0963685364, 0.009999999978
396, -0.0261330325, 0.0914490297, 0.009999999978
397, 0.0388815925, -0.0924942642, 0.009999999978
398, 0.0986908451, -0.00628886651, 0.009999999978
399, -0.0898716301, 0.0577577055, 0.009999999978
400, 0.0275934897, 0.1181271, 0.009999999978
401, -0.0327717103, 0.117733926, 0.009999999978
402, -0.075735651, 0.0447936133, 0.009999999978
403, 0.0789048895, -0.00467531383, 0.00999999

424, -0.0563424081, 0.05544094, 0.00999999978
425, -0.07687018463, -0.00436274521, 0.00999999978
426, -0.0710627735, -0.0378167778, 0.00999999978
427, 0.073353, -0.0244819783, 0.00999999978
428, 0.0694332123, -0.0399797894, 0.00999999978
429, -0.03112421098, 0.0715549812, 0.00999999978
430, 0.0405812524, 0.0682804957, 0.00999999978
431, -0.0165415127, -0.0774670988, 0.00999999978
432, 0.0149934078, -0.0792161077, 0.00999999978
433, -0.0226830701, 0.12661989, 0.00999999978
434, 0.0412431806, -0.10902483, 0.00999999978
435, -0.0942234248, -0.0649515837, 0.00999999978
436, 0.0340820886, 0.0953596756, 0.00999999978
437, 0.108948223, 0.00131457008, 0.00999999978
438, -0.0863380805, -0.0939923152, 0.00999999978
439, -0.114186198, 0.0592450313, 0.00999999978
440, 0.126199558, 0.0234012399, 0.00999999978
441, 0.00465295929, 0.128379241, 0.00999999978
442, -0.114324309, 0.00857484061, 0.00999999978
443, -0.0676267892, -0.05011643382, 0.00999999978
444, 0.029053973, -0.0812688917, 0.00999999978
445, -0.0797851458, 0.00733353477, 0.00999999978
446, 0.0256604403, 0.073161453, 0.00999999978
447, -0.03423265, -0.106992148, 0.00999999978
448, 0.0883903503, -0.0716508701, 0.00999999978
449, 0.0935520123, 0.0618153326, 0.00999999978
450, -0.027380228, -0.0797491819, 0.00999999978
451, 0.0690316483, -0.0528446548, 0.00999999978
452, 0.0355166458, -0.0693226457, 0.00999999978
453, -0.0565170906, -0.04811742471, 0.00999999978
454, -0.0342197567, 0.0952465981, 0.00999999978
455, -0.0795498937, 0.0647294894, 0.00999999978
456, 0.113420002, -0.0105021074, 0.00999999978
457, -0.0275723785, -0.0965742394, 0.00999999978
458, -0.109096766, -0.00291269648, 0.00999999978
459, 0.124647647, 0.00385981356, 0.00999999978
460, 0.056354442, -0.130602613, 0.00999999978
461, 0.076031452, -0.116164729, 0.00999999978
462, 0.0551872663, 0.115170896, 0.00999999978
463, -0.10851033, -0.0937947407, 0.00999999978
464, -0.050398618, -0.117559545, 0.00999999978
465, 0.107380927, 0.0661259145, 0.00999999978
466, 0.0879369751, -0.0898584202, 0.00999999978
467, -0.0162769035, -0.0914492309, 0.00999999978
468, -0.0904510468, -0.109178521, 0.00999999978
469, 0.0804795772, -0.0518573038, 0.00999999978
470, -0.115665823, 0.0180136301, 0.00999999978
471, -0.00957112107, 0.139620543, 0.00999999978
472, 0.0423879102, 0.0809400231, 0.00999999978
473, 0.139594004, 0.0373274982, 0.00999999978
474, -0.134019673, 0.0528317876, 0.00999999978
475, 0.0863731951, 0.0703102648, 0.00999999978
476, 0.0116530098, 0.140291736, 0.00999999978
477, -0.0805650726, -0.059137367, 0.00999999978
478, 0.0297739599, 0.106084153, 0.00999999978
479, 0.0128403166, -0.0965519845, 0.00999999978
480, -0.0812953785, -0.0426390506, 0.00999999978
481, -0.0984921083, -0.0142895272, 0.00999999978
482, -0.0219328273, -0.103001088, 0.00999999978
483, 0.0927271098, -0.0618199502, 0.00999999978
484, -0.099959546, 0.06681835819, 0.00999999978
485, -0.138038188, 0.0309307668, 0.00999999978
486, 0.0954193175, -0.104039945, 0.00999999978
487, -0.0740230381, -0.123063833, 0.00999999978
488, 0.120305516, 0.0523106605, 0.00999999978
489, 0.034059912, 0.136254966, 0.00999999978
490, 0.0660018772, 0.058238212, 0.00999999978
491, -0.0803125948, -0.0223964043, 0.00999999978
492, -0.00129944226, -0.0785129443, 0.00999999978
493, -0.0695440918, 0.0620270558, 0.00999999978
494, -0.095879361, -0.0510320403, 0.00999999978
495, 0.0842969865, -0.0437216833, 0.00999999978
496, -0.0523405112, 0.0753047392, 0.00999999978
497, 0.0149634881, -0.116661765, 0.00999999978
498, -0.112062916, -0.0509616397, 0.00999999978
499, 0.0545406565, 0.0679789037, 0.00999999978
500, -0.0306705683, 0.135862857, 0.00999999978
501, 0.10607025, -0.0262624621, 0.00999999978
502, 0.0977374539, -0.0763933957, 0.00999999978
503, -0.127350435, 0.00706536369, 0.00999999978
504, -0.0323869586, -0.12029694, 0.00999999978
505, -0.0857670158, 0.0835574418, 0.00999999978
506, -0.0529252216, 0.0955445915, 0.00999999978
507, -0.0439025834, 0.063530182, 0.00999999978
508, -0.09269806, -0.0362052061, 0.00999999978
509, -0.0031519772, -0.0954348072, 0.00999999978
510, -0.0869178971, 0.130870804, 0.00999999978
511, -0.129512399, -0.0550232418, 0.00999999978
512, 0.0126034357, -0.1380839, 0.00999999978
513, 0.0986033455, -0.0361398607, 0.00999999978
514, -0.0213089455, -0.0778362751, 0.00999999978
515, 0.0686027408, 0.0685993209, 0.00999999978
516, -0.0626390651, 0.0676341951, 0.00999999978
517, 0.0869981423, -0.0305727851, 0.00999999978
518, 0.125904351, -0.022304479, 0.00999999978
519, 0.0943852514, 0.0834211335, 0.00999999978
520, -0.0102791246, -0.115704782, 0.00999999978
521, 0.102434568, -0.054548859, 0.00999999978
522, -0.122947641, -0.00972394273, 0.00999999978
523, 0.0847934783, 0.100439593, 0.00999999978
524, -0.104779512, 0.0077282396, 0.00999999978
525, -0.0635620132, 0.0862638429, 0.00999999978
526, -0.142171681, 0.00892450102, 0.00999999978
527, -0.0549894646, -0.131987125, 0.00999999978
528, 0.109740339, -0.087053978, 0.00999999978
529, -0.0672301874, 0.0527107939, 0.00999999978
530, 0.117439695, -0.038439244, 0.00999999978
531, -0.0634041354, 0.107828364, 0.00999999978
532, -0.140298054, -0.0124434065, 0.00999999978
533, -0.03341344, 0.136807024, 0.00999999978
534, 0.120878726, -0.069373229, 0.00999999978
535, -0.0763846189, 0.0967622548, 0.00999999978
536, -0.0731905997, 0.121302567, 0.00999999978
537, 0.140192464, -0.0304384846, 0.00999999978
538, 0.131895721, -0.0503343418, 0.00999999978
539, 0.0571692735, 0.131518319, 0.00999999978
540, -0.0105395289, -0.137698199, 0.00999999978
541, 0.0351350792, -0.137200758, 0.00999999978
542, -0.1209798196, 0.0758575036, 0.00999999978
543, 0.0772351399, 0.122934602, 0.00999999978
544, 0.143948346, -0.00955325653, 0.00999999978
545, -0.135122582, -0.0336245149, 0.00999999978
546, 0.044340197, 0.023029035, 0.00999999978
547, 0.0942608863, 0.109958425, 0.00999999978
548, 0.108550124, 0.0934314877, 0.00999999978
549, 0.121679835, 0.0756027028, 0.00999999978
550, -0.123303443, 0.0713402852, 0.00999999978
551, 0.140390694, 0.0142610725, 0.00999999978
552, 0.0950643718, 0.036304149, 0.00999999978
553, 0.094138138, 0.050934799, 0.00999999978
554, 0.016409805, 0.102285962, 0.00999999978
555, 0.0114655998, 0.080787532, 0.00999999978
556, 0.0241639353, 0.098788403, 0.00999999978
557, -0.0168547407, 0.114120439, 0.00999999978
558, 0.00158756936, 0.1138895948, 0.00999999978
559, -0.090203613, 0.018204867, 0.00999999978
560, -0.10630656, 0.0196368825, 0.00999999978
561, -0.11400421, 0.0333530042, 0.00999999978
562, -0.07400392, -0.0891257599, 0.00999999978
563, -0.0611106381, -0.097368538, 0.00999999978
564, -0.0870327502, -0.076572431, 0.00999999978
565, -0.0444240123, -0.0939558819, 0.00999999978
566, 0.0699643269, 0.0878652558, 0.00999999978
567, 0.132814094, 0.0572805405, 0.00999999978
568, -0.0900804102, 0.10758996, 0.00999999978
569, 0.0437723622, -0.0581582338, 0.00999999978
570, 0.086940892, 0.013885011, 0.00999999978
571, -0.0254348312, 0.085321404, 0.00999999978
572, 0.0563177094, -0.0596751012, 0.00999999978
573, 0.0640512556, -0.0599385686, 0.00999999978
574, 0.0270776004, -0.0943697393, 0.00999999978
575, 0.105309404, 0.040993046, 0.00999999978
576, 0.111530848, 0.0460842513, 0.00999999978
577, -0.1221641, 0.0266865287, 0.00999999978
578, -0.0343403146, 0.108083725, 0.00999999978
579, 0.0952912718, 0.00603514584, 0.00999999978
580, 0.101462968, 0.00320495712, 0.00999999978
581, -0.0340704061, -0.0891735926, 0.00999999978
582, -0.0334488787, -0.0827322751, 0.00999999978
583, 0.0867158473, -0.0666677718, 0.00999999978
584, 0.126364231, 0.037345659, 0.00999999978
585, -0.0765837803, 0.0529050492, 0.00999999978
586, -0.04884056, 0.115664832, 0.00999999978
587, 0.050773757, -0.118117064, 0.00999999978
588, 0.00971269887, 0.124713004, 0.00999999978
589, 0.0163783766, 0.1275419, 0.00999999978
590, 0.0543746836, 0.0797874629, 0.00999999978
591, 0.0370985896, 0.106683761, 0.00999999978
592, 0.0388563871, 0.11915838, 0.00999999978
593, 0.132257521, -0.00935350545, 0.00999999978
594, 0.0721852556, 0.11167848, 0.00999999978
595, 0.0345989838, -0.122171879, 0.00999999978
596, -0.0398777574, 0.08408099795, 0.00999999978
597, -0.0884293914, 0.0718033463, 0.00999999978
598, -0.0762145221, -0.0967099816, 0.00999999978
599, 0.0780633688, 0.074444199, 0.00999999978
600, -0.077383399, -0.105137169, 0.00999999978
601, -0.043051824, 0.103656225, 0.00999999978
602, 0.0362588428, -0.112627223, 0.00999999978
603, 0.0474170931, 0.103468761, 0.00999999978
604, -0.106916256, -0.0692601484, 0.00999999978
605, -0.126197532, 0.0209349978, 0.00999999978
606, -0.112649582, -0.0290352628, 0.00999999978
607, -0.0905924663, -0.0019427017, 0.00999999978
608, 0.0661183968, 0.0807925919, 0.00999999978
609, 0.025953006, 0.127341837, 0.00999999978
610, 0.0543009192, 0.0904984549, 0.00999999978
611, -0.0726033077, 0.0671849806, 0.00999999978
612, 0.0781094581, 0.0834394991, 0.00999999978
613, 0.074631162, 0.0945872284, 0.00999999978
614, 0.0543352924, 0.0990002751, 0.00999999978
615, 0.0690747872, 0.103233293, 0.00999999978
616, 0.0641432554, 0.0915494487, 0.00999999978
617, 0.0607931651, 0.102129474, 0.00999999978
618, -0.121733434, 0.103831455, 0.00999999978
619, -0.136477515, 0.0835098177, 0.00999999978
620, -0.147861063, 0.0611318834, 0.00999999978
621, -0.155603781, 0.0372486822, 0.00999999978
622, -0.159515008, 0.0124482969, 0.00999999978
623, -0.159498468, -0.0126586081, 0.00999999978
624, -0.155554533, -0.0374538153, 0.00999999978
625, -0.147780329, -0.0613267869, 0.00999999978
626, -0.136367276, -0.0836896896, 0.00999999978
627, -0.121596426, -0.103991874, 0.00999999978
628, -0.103831455, -0.121733434, 0.00999999978
629, -0.0835098177, -0.136477515, 0.00999999978
630, -0.0611318834, -0.147861063, 0.00999999978
631, -0.0372486822, -0.155603781, 0.00999999978
632, -0.0124482969, -0.159515008, 0.00999999978
633, 0.0126586081, -0.159498468, 0.00999999978
634, 0.0374538153, -0.155554533, 0.00999999978
635, 0.0613267869, -0.147780329, 0.00999999978
636, 0.0836896896, -0.136367276, 0.00999999978
637, 0.103991874, -0.121596426, 0.00999999978
638, 0.121733434, -0.103831455, 0.00999999978
639, 0.136477515, -0.0835098177, 0.00999999978
640, 0.147861063, -0.0611318834, 0.00999999978
641, 0.155603781, -0.0372486822, 0.00999999978
642, 0.159515008, -0.0124482969, 0.00999999978
643, 0.159498468, 0.0126586081, 0.00999999978
644, 0.155554533, 0.0374538153, 0.00999999978
645, 0.147780329, 0.0613267869, 0.00999999978
646, 0.136367276, 0.0836896896, 0.00999999978
647, 0.121596426, 0.103991874, 0.00999999978
648, 0.103831455, 0.121733434, 0.00999999978
649, 0.0835098177, 0.136477515, 0.00999999978
650, 0.0611318834, 0.147861063, 0.00999999978
651, 0.0372486822, 0.155603781, 0.00999999978
652, 0.0124482969, 0.159515008, 0.00999999978
653, -0.0126586081, 0.159498468, 0.00999999978
654, -0.0374538153, 0.155554533, 0.00999999978
655, -0.0613267869, 0.147780329, 0.00999999978
656, -0.0836896896, 0.136367276, 0.00999999978
657, -0.103991874, 0.121596426, 0.00999999978
658, -0.078481889, -0.084917143, 0.00999999978
659, 0.102388144, 0.0130207492, 0.00999999978
660, 0.0166070294, 0.10864158, 0.00999999978
661, -0.0905769616, 0.0457048515, 0.00999999978
662, 0.0739828944, -0.0853869095, 0.00999999978
663, -0.0563923642, -0.0998395011, 0.00999999978
664, 0.101376139, 0.0440533943, 0.00999999978
665, -0.0451373719, -0.0778193101, 0.00999999978
666, -0.08187603198, 0.0954699814, 0.00999999978
667, 0.0488727912, -0.0717198551, 0.00999999978
668, -0.0211227555, 0.108424142, 0.00999999978
669, -0.0822303295, 0.0418016836, 0.00999999978
670, -0.0502114072, -0.0680698305, 0.00999999978
671, -0.0672167838, -0.0972106084, 0.00999999978
672, 0.0779507816, -0.0397216976, 0.00999999978
673, -0.107950434, 0.0244885795, 0.00999999978
674, 0.00248342602, 0.0825662166, 0.00999999978
675, -0.0421032235, -0.0867993608, 0.00999999978
676, 0.0567190275, -0.0667181015, 0.00999999978
677, 0.107940383, 0.0364995189, 0.00999999978
678, -0.0825846598, 0.0175064951, 0.00999999978
679, -0.0792026594, 0.0287845731, 0.00999999978
680, 0.0685778409, -0.0954177454, 0.00999999978
681, 0.0705035701, -0.0742909312, 0.00999999978
682, 0.00833580084, 0.116698146, 0.00999999978
683, -0.0108019235, 0.0832885355, 0.00999999978
684, -0.00541228615, 0.120004132, 0.00999999978
685, -0.112201877, 0.041246

706, 0.0797658116, -0.0772513151, -2.23517413e-10
707, -0.0246245395, 0.119684272, -2.23517413e-10
708, -0.0460251942, -0.0727314129, -2.23517413e-10
709, -0.124677315, 0.0345747285, -2.23517413e-10
710, 0.0724880174, 0.0332381167, -2.23517413e-10
711, -0.0655488372, -0.109970436, -2.23517413e-10
712, -0.0791683272, 0.0355102457, -2.23517413e-10
713, -0.0390618742, -0.0795730799, -2.23517413e-10
714, 0.0487038232, -0.0617065132, -2.23517413e-10
715, -0.0716593415, 0.0234826077, -2.23517413e-10
716, -0.0865728334, 0.0064615747, -2.23517413e-10
717, 0.0858858302, 0.0576957799, -2.23517413e-10
718, -0.00552928634, 0.075335741, -2.23517413e-10
719, 0.0741874948, 0.0503808931, -2.23517413e-10
720, 0.0663206428, -0.0674075633, -2.23517413e-10
721, -0.00300216069, 0.129456788, -2.23517413e-10
722, 0.0894984666, 0.0206005009, -2.23517413e-10
723, 0.0268544685, 0.1180761, -2.23517413e-10
724, 0.050094936, -0.0956066772, -2.23517413e-10
725, 0.114703342, 0.0273534153, -2.23517413e-10
726, -0.0954020023, 0.0482675992, -2.23517413e-10
727, -0.048057165, -0.0593347624, -2.23517413e-10
728, 0.0477953553, -0.0672725663, -2.23517413e-10
729, 0.0461055003, -0.108658701, -2.23517413e-10
730, -0.0711643696, -0.0652271509, -2.23517413e-10
731, -0.0977268517, -0.0843251348, -2.23517413e-10
732, -0.072593915, -0.0963685364, -2.23517413e-10
733, -0.0261330325, 0.0914490297, -2.23517413e-10
734, 0.0388815925, -0.0924942642, -2.23517413e-10
735, 0.0986908451, -0.00628886651, -2.23517413e-10
736, -0.0898716301, 0.0577577055, -2.23517413e-10
737, 0.0275934897, 0.1181271, -2.23517413e-10
738, -0.0327711013, 0.117733926, -2.23517413e-10
739, -0.07735651, 0.0447936133, -2.23517413e-10
740, -0.0789048895, -0.004674531383, -2.23517413e-10
741, 0.103175797, 0.02519695915, -2.23517413e-10
742, -0.115028828, 0.0559757589, -2.23517413e-10
743, -0.122412607, 0.0470128059, -2.23517413e-10
744, 0.115507476, 0.0366250649, -2.23517413e-10
745, 0.121517636, 0.0163509455, -2.23517413e-10
746, -0.108906835, 0.0501792543, -2.23517413e-10
747, -0.0468129292, -0.10484945, -2.23517413e-10
748, -0.0355392258, -0.0698419884, -2.23517413e-10
749, -0.0722728968, 0.00987561792, -2.23517413e-10
750, 0.0630980507, 0.0436249301, -2.23517413e-10
751, 0.0551959053, 0.0515847653, -2.23517413e-10
752, -0.0156784635, -0.071532771, -2.23517413e-10
753, -0.0258604698, -0.0895594805, -2.23517413e-10
754, 0.0758492425, -0.064232938, -2.23517413e-10
755, 0.0788132325, 0.0616900846, -2.23517413e-10
756, -0.0984237269, 0.00565138599, -2.23517413e-10
757, -0.0138156023, 0.124924891, -2.23517413e-10
758, 0.0302688386, 0.0844969004, -2.23517413e-10
759, -0.0681427345, 0.0094598842, -2.23517413e-10
760, 0.0556527972, 0.055558167, -2.23517413e-10
761, -0.0563424081, 0.05544094, -2.23517413e-10
762, -0.0787018463, -0.00436274521, -2.23517413e-10
763, -0.0710627735, -0.0378167778, -2.23517413e-10
764, 0.073353, -0.0244819783, -2.23517413e-10
765, 0.069432123, -0.0399797894, -2.23517413e-10
766, -0.0312421098, 0.0715549812, -2.23517413e-10
767, 0.0405812524, 0.0682804957, -2.23517413e-10
768, -0.0165415127, -0.0774670988, -2.23517413e-10
769, 0.0149934078, -0.0792161077, -2.23517413e-10
770, -0.0226803701, 0.12661989, -2.23517413e-10
771, 0.0412431806, -0.100902483, -2.23517413e-10
772, -0.0942234248, -0.06494515837, -2.23517413e-10
773, 0.0340820886, 0.0953596756, -2.23517413e-10
774, 0.108948223, 0.00131457008, -2.23517413e-10
775, -0.0863380805, -0.0939923152, -2.23517413e-10
776, -0.114186198, 0.0592450313, -2.23517413e-10
777, 0.126199558, 0.0234012399, -2.23517413e-10
778, 0.00465295299, 0.128379241, -2.23517413e-10
779, -0.114324309, 0.00857484061, -2.23517413e-10
780, -0.0676267892, -0.0501643382, -2.23517413e-10
781, 0.029053973, -0.0812688917, -2.23517413e-10
782, -0.0797851458, 0.00733353477, -2.23517413e-10
783, 0.0256604403, 0.073161453, -2.23517413e-10
784, -0.03423265, -0.106992148, -2.23517413e-10
785, 0.0883903503, -0.0716508701, -2.23517413e-10
786, 0.0933520123, 0.0618153326, -2.23517413e-10
787, -0.027380228, -0.0797491819, -2.23517413e-10
788, 0.0690316483, -0.0528446548, -2.23517413e-10
789, 0.0355166458, -0.0693226457, -2.23517413e-10
790, -0.0565170906, -0.0481742471, -2.23517413e-10
791, -0.0342197567, 0.0952465981, -2.23517413e-10
792, -0.0795498937, 0.0647294894, -2.23517413e-10
793, 0.113420002, -0.0105021074, -2.23517413e-10
794, -0.0275723785, -0.0965742394, -2.23517413e-10
795, -0.10996766, -0.00291629648, -2.23517413e-10
796, 0.124647647, 0.00385981356, -2.23517413e-10
797, 0.056345442, -0.130602613, -2.23517413e-10
798, 0.0760331452, -0.116164729, -2.23517413e-10
799, 0.0551872663, 0.115170896, -2.23517413e-10
800, -0.10851033, -0.0937947407, -2.23517413e-10
801, -0.050398618, -0.117559545, -2.23517413e-10
802, 0.107380927, 0.0661259145, -2.23517413e-10
803, 0.0879369751, -0.0898584202, -2.23517413e-10
804, -0.0162769035, -0.0914492309, -2.23517413e-10
805, -0.0904510468, -0.109178521, -2.23517413e-10
806, 0.0804795772, -0.0518573038, -2.23517413e-10
807, -0.115665823, 0.0180136301, -2.23517413e-10
808, -0.00957112107, 0.139620543, -2.23517413e-10
809, 0.0423879102, 0.0809400231, -2.23517413e-10
810, 0.139594004, 0.0373274982, -2.23517413e-10
811, -0.134019673, 0.0528317876, -2.23517413e-10
812, 0.0863731951, 0.0703102648, -2.23517413e-10
813, 0.0116530098, 0.140291736, -2.23517413e-10
814, -0.0805650726, -0.053917367, -2.23517413e-10
815, 0.0297739599, -0.106084153, -2.23517413e-10
816, 0.0128403166, -0.059519845, -2.23517413e-10
817, -0.0812953785, -0.0426390506, -2.23517413e-10
818, -0.0984921083, -0.0142895272, -2.23517413e-10
819, -0.0219328273, -0.103001088, -2.23517413e-10
820, 0.0927271098, -0.0618199502, -2.23517413e-10
821, -0.0999599546, 0.0661835819, -2.23517413e-10
822, -0.138038188, 0.0309307668, -2.23517413e-10
823, 0.0954193175, -0.104039945, -2.23517413e-10
824, -0.0740230381, -0.123063833, -2.23517413e-10
825, 0.120305516, 0.0523106605, -2.23517413e-10
826, 0.034059912, 0.136254966, -2.23517413e-10
827, 0.0660018772, 0.058238212, -2.23517413e-10
828, -0.0803125948, -0.0223964043, -2.23517413e-10
829, -0.00129944226, -0.0785129443, -2.23517413e-10
830, -0.0695440918, 0.0620270558, -2.23517413e-10
831, -0.095879361, -0.0510320403, -2.23517413e-10
832, 0.0842969865, -0.0437216833, -2.23517413e-10
833, -0.0523405112, 0.0753047392, -2.23517413e-10
834, 0.0149634881, -0.116661765, -2.23517413e-10
835, -0.112062916, -0.0509616397, -2.23517413e-10
836, 0.0545406565, 0.0679789037, -2.23517413e-10
837, -0.0306705683, 0.135862857, -2.23517413e-10
838, 0.10607025, -0.026264621, -2.23517413e-10
839, 0.0977374539, -0.0763933957, -2.23517413e-10
840, -0.127350435, 0.0070653699, -2.23517413e-10
841, -0.0323869586, -0.12029694, -2.23517413e-10
842, -0.0857670158, 0.0835574418, -2.23517413e-10
843, -0.0529252216, 0.0955445015, -2.23517413e-10
844, -0.0439025834, 0.0632503182, -2.23517413e-10
845, -0.09269806, -0.036502061, -2.23517413e-10
846, -0.0031519772, -0.0954348072, -2.23517413e-10
847, -0.0538709871, 0.130870804, -2.23517413e-10
848, -0.129512399, -0.05050232418, -2.23517413e-10
849, 0.0126034357, -0.13808839, -2.23517413e-10
850, 0.0986033455, -0.0361398607, -2.23517413e-10
851, -0.0213089455, 0.0778362751, -2.23517413e-10
852, 0.0686027408, 0.0685993209, -2.23517413e-10
853, -0.0626390651, 0.0676341951, -2.23517413e-10
854, 0.0689981423, -0.0305727851, -2.23517413e-10
855, 0.125904351, -0.022304479, -2.23517413e-10
856, 0.0943825214, 0.0834211335, -2.23517413e-10
857, -0.0102791246, -0.115704782, -2.23517413e-10
858, 0.102434568, -0.0545488559, -2.23517413e-10
859, -0.122947641, -0.00972394273, -2.23517413e-10
860, 0.0847934878, 0.100439593, -2.23517413e-10
861, -0.104779512, 0.0877282396, -2.23517413e-10
862, -0.0635620132, 0.0862638429, -2.23517413e-10
863, -0.142171681, 0.00892450102, -2.23517413e-10
864, -0.0549894646, -0.131987125, -2.23517413e-10
865, 0.109740339, -0.0878053978, -2.23517413e-10
866, -0.0672301874, 0.0527107939, -2.23517413e-10
867, 0.117439695, -0.038439244, -2.23517413e-10
868, -0.0634041354, 0.107828364, -2.23517413e-10
869, -0.140298054, -0.0124434065, -2.23517413e-10
870, -0.03341344, -0.136807024, -2.23517413e-10
871, 0.120878726, -0.0696743229, -2.23517413e-10
872, -0.0763846189, 0.0967322548, -2.23517413e-10
873, -0.0731905997, 0.121302567, -2.23517413e-10
874, 0.140192464, -0.034384846, -2.23517413e-10
875, 0.131895721, -0.0503343418, -2.23517413e-10
876, 0.0571692735, 0.131518319, -2.23517413e-10
877, -0.0105395289, -0.137698159, -2.23517413e-10
878, 0.0351350792, -0.137200758, -2.23517413e-10
879, -0.120979816, -0.0575875036, -2.23517413e-10
880, 0.0772351399, 0.122934602, -2.23517413e-10
881, 0.143948346, -0.00955352653, -2.23517413e-10
882, -0.135122582, -0.0336245149, -2.23517413e-10
883, 0.044340197, 0.0923029035, -2.23517413e-10
884, 0.0942608863, 0.109858425, -2.23517413e-10
885, 0.108550124, 0.0934314877, -2.23517413e-10
886, 0.121679835, 0.0756027028, -2.23517413e-10
887, -0.123303443, 0.0713402852, -2.23517413e-10
888, 0.140390694, 0.0142610725, -2.23517413e-10
889, 0.0950643718, 0.0138403149, -2.23517413e-10
890, 0.094138138, 0.050934799, -2.23517413e-10
891, 0.016409805, 0.102885962, -2.23517413e-10
892, 0.0114655998, 0.080787532, -2.23517413e-10
893, 0.0241639353, 0.098788403, -2.23517413e-10
894, -0.0168547407, 0.114120439, -2.23517413e-10
895, 0.00158756936, 0.118385948, -2.23517413e-10
896, -0.090203613, 0.013204867, -2.23517413e-10
897, -0.10630656, 0.0196368825, -2.23517413e-10
898, -0.11400421, 0.0333530046, -2.23517413e-10
899, -0.07400392, -0.0891257599, -2.23517413e-10
900, -0.0611106381, -0.0957368538, -2.23517413e-10
901, -0.0870327502, -0.0766572431, -2.23517413e-10
902, -0.0444240123, -0.0939558819, -2.23517413e-10
903, 0.0699643269, -0.0878652558, -2.23517413e-10
904, 0.132814094, 0.0572805405, -2.23517413e-10
905, -0.0900804102, 0.10758996, -2.23517413e-10
906, 0.0437723622, -0.0581582338, -2.23517413e-10
907, 0.086940892, 0.013885011, -2.23517413e-10
908, -0.0254348312, 0.085321404, -2.23517413e-10
909, 0.0563177094, -0.0956751012, -2.23517413e-10
910, 0.0640512556, -0.0599385686, -2.23517413e-10
911, 0.0270776004, -0.0494697393, -2.23517413e-10
912, 0.105309404, 0.0043967406, -2.23517413e-10
913, 0.111530848, 0.0460842513, -2.23517413e-10
914, -0.1221641, 0.0668685287, -2.23517413e-10
915, -0.0343403146, 0.108083725, -2.23517413e-10
916, 0.0952912718, 0.00603514584, -2.23517413e-10
917, 0.101462968, 0.00320495712, -2.23517413e-10
918, -0.0340704061, -0.0891735926, -2.23517413e-10
919, -0.0334488787, -0.0827322751, -2.23517413e-10
920, 0.0867158473, -0.0606677718, -2.23517413e-10
921, 0.126364231, 0.037345659, -2.23517413e-10
922, -0.0765837803, 0.0529050492, -2.23517413e-10
923, -0.04884056, 0.115664832, -2.23517413e-10
924, 0.0507773757, -0.118117064, -2.23517413e-10
925, 0.00971269887, 0.124713004, -2.23517413e-10
926, 0.0163783766, 0.1275419, -2.23517413e-10
927, 0.0543746836, 0.0797874629, -2.23517413e-10
928, 0.0370958596, 0.1066865287, -2.23517413e-10
929, 0.0388563871, 0.11915838, -2.23517413e-10
930, 0.132257521, -0.00935350545, -2.23517413e-10
931, 0.0721852556, 0.11167848, -2.23517413e-10
932, 0.0345898838, -0.122171879, -2.23517413e-10
933, -0.0398777574, 0.084089795, -2.23517413e-10
934, -0.0884293914, 0.0718033463, -2.23517413e-10
935, -0.0762145221, 0.0967099816, -2.23517413e-10
936, 0.0780633688, 0.0744449198, -2.23517413e-10
937, -0.077383399, -0.105137169, -2.23517413e-10
938, -0.043051824, 0.103656225, -2.23517413e-10
939, 0.0362588428, -0.112627223, -2.23517413e-10
940, 0.0474170931, 0.10346672, -2.23517413e-10
941, -0.106916256, -0.0692061494, -2.23517413e-10
942, -0.126197532, 0.0205349978, -2.23517413e-10
943, -0.112649582, -0.0290352628, -2.23517413e-10
944, -0.0905924663, -0.00194270117, -2.23517413e-10
945, 0.0661183968, 0.080792591, -2.23517413e-10
946, 0.025953006, 0.127341837, -2.23517413e-10
947, 0.0543009192, 0.0904984549, -2.23517413e-10
948, -0.0726033077, 0.0761849806, -2.23517413e-10
949, 0.0781094581, 0.0834394991, -2.23517413e-10
950, 0.074631162, 0.0945877284, -2.23517413e-10
951, 0.0543352952, 0.0990002751, -2.23517413e-10
952, 0.0690747872, 0.103233293, -2.23517413e-10
953, 0.0641432554, 0.0915494487, -2.23517413e-10
954, 0.0607931651, 0.102129474, -2.23517413e-10
955, -0.121733434, 0.103831455, 0.0324999988
956, -0.136477515, 0.0835098177, 0.0324999988
957, -0.147861063, 0.0611318834, 0.0324999988
958, -0.155603781, 0.0372486822, 0.0324999988
959, -0.159515008, 0.0124482969, 0.0324999988
960, -0.159498468, -0.0126586081, 0.0324999988
961, -0.155554533, -0.0374538153, 0.0324999988

985, 0.103831455, 0.121733434, 0.0324999998
986, 0.0835098177, 0.136477515, 0.0324999998
987, 0.0611318834, 0.147861063, 0.0324999998
988, 0.0372486822, 0.155545333, 0.0324999998
989, 0.0124482969, 0.159515008, 0.0324999998
990, -0.0126586081, 0.159498468, 0.0324999998
991, -0.0374538153, 0.155545333, 0.0324999998
992, -0.0613267869, 0.147780329, 0.0324999998
993, -0.0836896896, 0.136367276, 0.0324999998
994, -0.103991874, 0.121596426, 0.0324999998
995, -0.121733434, 0.103831455, 0.0549999997
996, -0.136477515, 0.0835098177, 0.0549999997
997, -0.147861063, 0.0611318834, 0.0549999997
998, -0.155603781, 0.0372486822, 0.0549999997
999, -0.159515008, 0.0124482969, 0.0549999997
1000, -0.159498468, -0.0126586081, 0.0549999997
1001, -0.155545333, -0.0374538153, 0.0549999997
1002, -0.147780329, -0.0613267869, 0.0549999997
1003, -0.136367276, -0.0836896896, 0.0549999997
1004, -0.121596426, -0.103991874, 0.0549999997
1005, -0.103831455, -0.121733434, 0.0549999997
1006, -0.0835098177, -0.136477515, 0.0549999997
1007, -0.0611318834, -0.147861063, 0.0549999997
1008, -0.0372486822, -0.155603781, 0.0549999997
1009, -0.0124482969, -0.159515008, 0.0549999997
1010, 0.0126586081, -0.159498468, 0.0549999997
1011, 0.0374538153, -0.155545333, 0.0549999997
1012, 0.0613267869, -0.147780329, 0.0549999997
1013, 0.0836896896, -0.136367276, 0.0549999997
1014, 0.103991874, -0.121596426, 0.0549999997
1015, 0.121733434, -0.103831455, 0.0549999997
1016, 0.136477515, -0.0835098177, 0.0549999997
1017, 0.147861063, -0.0611318834, 0.0549999997
1018, 0.155603781, -0.0372486822, 0.0549999997
1019, 0.159515008, -0.0124482969, 0.0549999997
1020, 0.159498468, 0.0126586081, 0.0549999997
1021, 0.155545333, 0.0374538153, 0.0549999997
1022, 0.147780329, 0.0613267869, 0.0549999997
1023, 0.136367276, 0.0836896896, 0.0549999997
1024, 0.121596426, 0.103991874, 0.0549999997
1025, 0.103831455, 0.121733434, 0.0549999997
1026, 0.0835098177, 0.136477515, 0.0549999997
1027, 0.0611318834, 0.147861063, 0.0549999997
1028, 0.0372486822, 0.155603781, 0.0549999997
1029, 0.0124482969, 0.159515008, 0.0549999997
1030, -0.0126586081, 0.159498468, 0.0549999997
1031, -0.0374538153, 0.155545333, 0.0549999997
1032, -0.0613267869, 0.147780329, 0.0549999997
1033, -0.0836896896, 0.136367276, 0.0549999997
1034, -0.103991874, 0.121596426, 0.0549999997
1035, -0.121733434, 0.103831455, 0.0775000006
1036, -0.136477515, 0.0835098177, 0.0775000006
1037, -0.147861063, 0.0611318834, 0.0775000006
1038, -0.155603781, 0.0372486822, 0.0775000006
1039, -0.159515008, 0.0124482969, 0.0775000006
1040, -0.159498468, -0.0126586081, 0.0775000006
1041, -0.155545333, -0.0374538153, 0.0775000006
1042, -0.147780329, -0.0613267869, 0.0775000006
1043, -0.136367276, -0.0836896896, 0.0775000006
1044, -0.121596426, -0.103991874, 0.0775000006
1045, -0.103831455, -0.121733434, 0.0775000006
1046, -0.0835098177, -0.136477515, 0.0775000006
1047, -0.0611318834, -0.147861063, 0.0775000006
1048, -0.0372486822, -0.155603781, 0.0775000006
1049, -0.0124482969, -0.159515008, 0.0775000006
1050, 0.0126586081, -0.159498468, 0.0775000006
1051, 0.0374538153, -0.155545333, 0.0775000006
1052, 0.0613267869, -0.147780329, 0.0775000006
1053, 0.0836896896, -0.136367276, 0.0775000006
1054, 0.103991874, -0.121596426, 0.0775000006
1055, 0.121733434, -0.103831455, 0.0775000006
1056, 0.136477515, -0.0835098177, 0.0775000006
1057, 0.147861063, -0.0611318834, 0.0775000006
1058, 0.155603781, -0.0372486822, 0.0775000006
1059, 0.159515008, -0.0124482969, 0.0775000006
1060, 0.159498468, 0.0126586081, 0.0775000006
1061, 0.155545333, 0.0374538153, 0.0775000006
1062, 0.147780329, 0.0613267869, 0.0775000006
1063, 0.136367276, 0.0836896896, 0.0775000006
1064, 0.121596426, 0.103991874, 0.0775000006
1065, 0.103831455, 0.121733434, 0.0775000006
1066, 0.0835098177, 0.136477515, 0.0775000006
1067, 0.0611318834, 0.147861063, 0.0775000006
1068, 0.0372486822, 0.155603781, 0.0775000006
1069, 0.0124482969, 0.159515008, 0.0775000006
1070, -0.0126586081, 0.159498468, 0.0775000006
1071, -0.0374538153, 0.155545333, 0.0775000006
1072, -0.0613267869, 0.147780329, 0.0775000006
1073, -0.0836896896, 0.136367276, 0.0775000006
1074, -0.103991874, 0.121596426, 0.0775000006
1075, -0.121733434, 0.103831455, 0.0324999998
1076, -0.136477515, -0.0937284604, 0.0324999998
1077, -0.137117341, -0.116614051, 0.0324999998
1078, -0.11718674, -0.136628211, 0.0324999998
1079, -0.094370611, -0.153278142, 0.0324999998
1080, -0.0692307726, -0.166153848, 0.0324999998
1081, -0.0423862338, -0.174938291, 0.0324999998
1082, -0.0144980121, -0.179415181, 0.0324999998
1083, 0.0137472004, -0.179474279, 0.0324999998
1084, 0.0416539125, -0.17511411, 0.0324999998
1085, 0.0685349628, -0.166442052, 0.0324999998
1086, 0.0937284604, -0.153671652, 0.0324999998
1087, 0.116614051, -0.137117341, 0.0324999998
1088, 0.136628211, -0.11718674, 0.0324999998
1089, 0.153278142, -0.094370611, 0.0324999998
1090, 0.166153848, -0.0692307726, 0.0324999998
1091, 0.174938291, -0.0423862338, 0.0324999998
1092, 0.179415181, -0.0144980121, 0.0324999998
1093, 0.179474279, 0.0137472004, 0.0324999998
1094, 0.17511411, 0.0416539125, 0.0324999998
1095, 0.166442052, 0.0685349628, 0.0324999998
1096, 0.153671652, 0.0937284604, 0.0324999998
1097, 0.137117341, 0.116614051, 0.0324999998
1098, 0.11718674, 0.136628211, 0.0324999998
1099, 0.094370611, 0.153278142, 0.0324999998
1100, 0.0692307726, 0.166153848, 0.0324999998
1101, 0.0423862338, 0.174938291, 0.0324999998
1102, 0.0144980121, 0.179415181, 0.0324999998
1103, -0.0137472004, 0.179474279, 0.0324999998
1104, -0.0416539125, 0.17511411, 0.0324999998
1105, -0.0685349628, 0.166442052, 0.0324999998
1106, -0.0937284604, 0.153671652, 0.0324999998
1107, -0.116614051, 0.137117341, 0.0324999998
1108, -0.136628211, 0.11718674, 0.0324999998
1109, -0.153278142, 0.094370611, 0.0324999998
1110, -0.166153848, 0.0692307726, 0.0324999998
1111, -0.174938291, 0.0423862338, 0.0324999998
1112, -0.179415181, 0.0144980121, 0.0324999998
1113, -0.179474279, -0.0137472004, 0.0324999998
1114, -0.17511411, -0.0416539125, 0.0324999998
1115, -0.166442052, -0.0685349628, 0.0324999998
1116, -0.153671652, -0.0937284604, 0.0324999998
1117, -0.137117341, -0.116614051, 0.0324999998
1118, -0.11718674, -0.136628211, 0.0324999998
1119, -0.094370611, -0.153278142, 0.0324999998
1120, -0.0692307726, -0.166153848, 0.0324999998
1121, -0.0423862338, -0.174938291, 0.0324999998
1122, -0.0144980121, -0.179415181, 0.0324999998
1123, 0.0137472004, -0.179474279, 0.0324999998
1124, 0.0416539125, -0.17511411, 0.0324999998
1125, 0.0685349628, -0.166442052, 0.0324999998
1126, 0.0937284604, -0.153671652, 0.0324999998
1127, 0.116614051, -0.137117341, 0.0324999998
1128, 0.136628211, -0.11718674, 0.0324999998
1129, 0.153278142, -0.094370611, 0.0324999998
1130, 0.166153848, -0.0692307726, 0.0324999998
1131, 0.174938291, -0.0423862338, 0.0324999998
1132, 0.179415181, -0.0144980121, 0.0324999998
1133, 0.179474279, 0.0137472004, 0.0324999998
1134, 0.17511411, 0.0416539125, 0.0324999998
1135, 0.166442052, 0.0685349628, 0.0324999998
1136, 0.153671652, 0.0937284604, 0.0324999998
1137, 0.137117341, 0.116614051, 0.0324999998
1138, 0.11718674, 0.136628211, 0.0324999998
1139, 0.094370611, 0.153278142, 0.0324999998
1140, 0.0692307726, 0.166153848, 0.0324999998
1141, 0.0423862338, 0.174938291, 0.0324999998
1142, 0.0144980121, 0.179415181, 0.0324999998
1143, -0.0137472004, 0.179474279, 0.0324999998
1144, -0.0416539125, 0.17511411, 0.0324999998
1145, -0.0685349628, 0.166442052, 0.0324999998
1146, -0.0937284604, 0.153671652, 0.0324999998
1147, -0.116614051, 0.137117341, 0.0324999998
1148, -0.136628211, 0.11718674, 0.0324999998
1149, -0.153278142, 0.094370611, 0.0324999998
1150, -0.166153848, 0.0692307726, 0.0324999998
1151, -0.174938291, 0.0423862338, 0.0324999998
1152, -0.179415181, 0.0144980121, 0.0324999998
1153, -0.179474279, -0.0137472004, 0.0324999998
1154, -0.17511411, -0.0416539125, 0.0324999998
1155, -0.166442052, -0.0685349628, 0.0324999998
1156, -0.153671652, -0.0937284604, 0.0324999998
1157, -0.137117341, -0.116614051, 0.0324999998
1158, -0.11718674, -0.136628211, 0.0324999998
1159, -0.094370611, -0.153278142, 0.0324999998
1160, -0.0692307726, -0.166153848, 0.0324999998
1161, -0.0423862338, -0.174938291, 0.0324999998
1162, -0.0144980121, -0.179415181, 0.0324999998
1163, 0.0137472004, -0.179474279, 0.0324999998
1164, 0.0416539125, -0.17511411, 0.0324999998
1165, 0.0685349628, -0.166442052, 0.0324999998
1166, 0.0937284604, -0.153671652, 0.0324999998
1167, 0.116614051, -0.137117341, 0.0324999998
1168, 0.136628211, -0.11718674, 0.0324999998
1169, 0.153278142, -0.094370611, 0.0324999998
1170, 0.166153848, -0.0692307726, 0.0324999998
1171, 0.174938291, -0.0423862338, 0.0324999998
1172, 0.179415181, -0.0144980121, 0.0324999998
1173, 0.179474279, 0.0137472004, 0.0324999998
1174, 0.17511411, 0.0416539125, 0.0324999998
1175, 0.166442052, 0.0685349628, 0.0324999998
1176, 0.153671652, 0.0937284604, 0.0324999998
1177, 0.137117341, 0.116614051, 0.0324999998
1178, 0.11718674, 0.136628211, 0.0324999998
1179, 0.094370611, 0.153278142, 0.0324999998
1180, 0.0692307726, 0.166153848, 0.0324999998
1181, 0.0423862338, 0.174938291, 0.0324999998
1182, 0.0144980121, 0.179415181, 0.0324999998
1183, -0.0137472004, 0.179474279, 0.0324999998
1184, -0.0416539125, 0.17511411, 0.0324999998
1185, -0.0685349628, 0.166442052, 0.0324999998
1186, -0.0937284604, 0.153671652, 0.0324999998
1187, -0.116614051, 0.137117341, 0.0324999998
1188, -0.136628211, 0.11718674, 0.0324999998
1189, -0.153278142, 0.094370611, 0.0324999998
1190, -0.166153848, 0.0692307726, 0.0324999998
1191, -0.174938291, 0.0423862338, 0.0324999998
1192, -0.179415181, 0.0144980121, 0.0324999998
1193, -0.179474279, -0.0137472004, 0.0324999998
1194, -0.17511411, -0.0416539125, 0.0324999998
*Element.type=C3D8RT
1, 220, 642, 641, 219, 34, 80, 79, 33
2, 642, 220, 221, 643, 80, 34, 35, 81
3, 643, 221, 222, 644, 81, 35, 36, 82
4, 644, 222, 223, 645, 82, 36, 37, 83
5, 645, 223, 224, 646, 83, 37, 38, 84
6, 225, 647, 646, 224, 39, 85, 84, 38
7, 648, 226, 227, 649, 86, 40, 41, 87
8, 649, 227, 228, 650, 87, 41, 42, 88
9, 229, 651, 650, 228, 43, 89, 88, 42
10, 652, 230, 231, 653, 90, 44, 45, 91
11, 232, 654, 653, 232, 46, 92, 91, 45
12, 233, 655, 654, 233, 47, 93, 92, 46
13, 235, 657, 656, 234, 49, 95, 94, 48
14, 236, 618, 657, 235, 50, 2, 95, 49
15, 237, 619, 618, 236, 51, 57, 2, 50
16, 239, 621, 620, 238, 53, 59, 58, 52
17, 240, 622, 621, 239, 54, 60, 59, 53
18, 622, 240, 241, 623, 60, 54, 55, 61
19, 623, 241, 242, 624, 61, 56, 56, 62
20, 624, 242, 15, 625, 62, 56, 1, 63
21, 625, 15, 204, 626, 63, 1, 18, 64
22, 205, 627, 626, 204, 19, 65, 64, 18
23, 628, 206, 207, 629, 66, 20, 21, 67
24, 629, 207, 208, 630, 67, 21, 22, 68
25, 209, 631, 630, 208, 23, 69, 68, 22
26, 632, 210, 211, 633, 70, 24, 25, 71
27, 212, 634, 633, 211, 26, 72, 71, 25
28, 213, 635, 634, 212, 27, 73, 72, 26
29, 215, 637, 636, 214, 29, 75, 74, 28
30, 216, 638, 637, 215, 30, 76, 75, 29
31, 217, 639, 638, 216, 31, 77, 76, 30
32, 219, 641, 640, 218, 33, 79, 78, 32
33, 230, 652, 651, 229, 44, 90, 89, 43
34, 647, 225, 226, 648, 85, 39, 40, 86
35, 210, 632, 631, 209, 27, 70, 69, 23
36, 627, 205, 206, 628, 65, 19, 20, 66
37, 635, 213, 214, 636, 73, 27, 28, 74
38, 639, 217, 218, 640, 77, 31, 32, 78
39, 655, 233, 234, 656, 93, 47, 48, 94
40, 619, 237, 238, 620, 57, 51, 52, 58
41, 661, 726, 12, 189, 324, 389, 6, 135
42, 709, 898, 685, 743, 372, 561, 348, 406
43, 840, 779, 807, 942, 503, 442, 470, 605
44, 896, 186, 687, 756, 559, 132, 350, 419
45, 678, 896, 716, 782, 341, 559, 379, 445
46, 763, 817, 814, 780, 426, 480, 477, 443
47, 762, 828, 172, 171, 425, 491, 118, 117
48, 695, 730, 196, 195, 358, 393, 142, 141
49, 670, 727, 695, 195, 333, 390, 358, 141
50, 727, 790, 780, 695, 390, 453, 443, 358
51, 194, 193, 665, 708, 140, 139, 328, 371
52, 675, 713, 665, 193, 338, 376, 328, 139
53, 902, 192, 663, 747, 565, 138, 326, 410
54, 769, 816, 911, 781, 432, 479, 574, 444
55, 728, 789, 694, 667, 391, 452, 357, 330
56, 728, 667, 201, 676, 391, 330, 147, 339
57, 909, 676, 720, 910, 572, 339, 383, 573
58, 199, 681, 720, 200, 145, 344, 383, 146
59, 751, 788, 765, 159, 414, 451, 428, 105
60, 662, 199, 198, 903, 325, 145, 144, 566
61, 903, 680, 732, 662, 566, 343, 395, 325
62, 680, 197, 688, 701, 343, 143, 351, 364
63, 729, 688, 724

72, 900, 191, 190, 671, 563, 137, 136, 334
73, 768, 175, 748, 787, 431, 121, 411, 450
74, 823, 803, 732, 798, 486, 466, 395, 461
75, 200, 720, 676, 201, 146, 383, 339, 147
76, 722, 740, 820, 735, 385, 403, 483, 398
77, 710, 162, 703, 154, 373, 108, 366, 100
78, 686, 153, 152, 890, 349, 99, 98, 553
79, 710, 672, 719, 750, 373, 335, 382, 413
80, 672, 153, 686, 719, 335, 99, 349, 382
81, 767, 809, 758, 783, 430, 472, 421, 446
82, 758, 692, 892, 783, 421, 355, 555, 446
83, 760, 836, 767, 164, 423, 499, 430, 110
84, 773, 928, 723, 893, 436, 591, 386, 556
85, 692, 11, 182, 892, 355, 5, 128, 555
86, 660, 700, 682, 176, 323, 363, 345, 122
87, 721, 684, 895, 778, 384, 347, 558, 441
88, 774, 793, 796, 698, 437, 456, 459, 361
89, 659, 9, 156, 889, 322, 3, 102, 552
90, 689, 725, 150, 9, 352, 388, 96, 3
91, 689, 9, 659, 698, 352, 3, 322, 361
92, 745, 777, 725, 689, 408, 440, 388, 352
93, 677, 912, 151, 150, 340, 575, 97, 96
94, 947, 927, 945, 953, 610, 590, 608, 616
95, 163, 750, 760, 164, 109, 413, 423, 110
96, 895, 177, 176, 682, 558, 123, 122, 345
97, 757, 770, 707, 894, 420, 433, 370, 557
98, 707, 738, 668, 894, 370, 401, 331, 557
99, 712, 188, 187, 679, 375, 134, 133, 342
100, 761, 866, 759, 169, 424, 529, 422, 115
101, 170, 169, 759, 715, 116, 115, 422, 378
102, 712, 679, 715, 759, 375, 342, 378, 422
103, 726, 661, 699, 736, 389, 324, 362, 399
104, 699, 661, 189, 669, 362, 324, 135, 332
105, 685, 183, 693, 746, 348, 129, 356, 409
106, 167, 752, 851, 766, 113, 415, 514, 429
107, 180, 705, 683, 181, 126, 368, 346, 127
108, 180, 179, 666, 705, 126, 125, 329, 368
109, 718, 683, 851, 752, 381, 346, 514, 415
110, 892, 182, 181, 674, 555, 128, 127, 337
111, 181, 683, 718, 674, 127, 346, 381, 337
112, 714, 728, 676, 909, 377, 391, 339, 572
113, 768, 829, 10, 175, 431, 492, 4, 121
114, 666, 179, 668, 704, 329, 125, 331, 367
115, 687, 186, 185, 897, 350, 132, 131, 560
116, 779, 795, 756, 687, 442, 458, 419, 350
117, 834, 816, 846, 857, 497, 479, 509, 520
118, 781, 911, 734, 696, 444, 574, 397, 359
119, 832, 806, 920, 858, 495, 469, 583, 521
120, 745, 689, 698, 796, 408, 352, 361, 459
121, 890, 786, 717, 686, 553, 449, 380, 349
122, 757, 684, 721, 808, 420, 347, 384, 471
123, 872, 842, 948, 862, 535, 505, 611, 525
124, 678, 715, 679, 187, 341, 378, 342, 133
125, 731, 775, 658, 901, 394, 438, 321, 564
126, 13, 658, 899, 190, 7, 321, 562, 136
127, 774, 917, 735, 793, 437, 580, 398, 456
128, 155, 907, 889, 156, 101, 570, 552, 102
129, 737, 929, 826, 946, 400, 592, 489, 609
130, 660, 176, 11, 891, 323, 122, 5, 554
131, 197, 680, 903, 198, 143, 343, 566, 144
132, 832, 858, 850, 854, 495, 521, 513, 517
133, 801, 841, 784, 747, 464, 504, 447, 410
134, 192, 191, 900, 663, 138, 137, 563, 326
135, 786, 890, 741, 802, 449, 553, 404, 465
136, 152, 151, 912, 664, 98, 97, 575, 327
137, 675, 193, 192, 902, 338, 139, 138, 565
138, 665, 713, 748, 708, 328, 376, 411, 371
139, 733, 908, 705, 666, 396, 571, 368, 329
140, 668, 179, 178, 894, 331, 125, 124, 557
141, 906, 789, 728, 714, 569, 452, 391, 377
142, 684, 178, 177, 895, 347, 124, 123, 558
143, 704, 791, 733, 666, 367, 454, 396, 329
144, 669, 189, 188, 712, 332, 135, 134, 375
145, 739, 669, 712, 759, 402, 332, 375, 422
146, 195, 194, 708, 670, 141, 140, 371, 333
147, 153, 672, 710, 154, 99, 335, 373, 100
148, 184, 673, 897, 185, 130, 336, 560, 131
149, 184, 183, 685, 898, 130, 129, 348, 561
150, 902, 702, 918, 675, 565, 365, 581, 338
151, 753, 804, 768, 787, 416, 467, 431, 450
152, 681, 199, 662, 706, 344, 145, 325, 369
153, 725, 744, 677, 150, 388, 407, 340, 96
154, 703, 162, 161, 740, 366, 108, 107, 403
155, 678, 187, 186, 896, 341, 133, 132, 559
156, 732, 680, 701, 798, 395, 343, 364, 461
157, 854, 820, 740, 764, 517, 483, 403, 427
158, 808, 721, 778, 813, 471, 384, 441, 476
159, 851, 683, 705, 908, 514, 346, 368, 571
160, 684, 757, 894, 178, 347, 420, 557, 124
161, 693, 183, 12, 726, 356, 129, 6, 389
162, 743, 685, 746, 776, 406, 348, 409, 439
163, 717, 755, 719, 686, 380, 418, 382, 349
164, 897, 807, 779, 687, 560, 470, 442, 350
165, 696, 734, 690, 203, 359, 397, 353, 149

166, 696, 203, 202, 694, 359, 149, 148, 357
167, 731, 901, 772, 941, 394, 564, 435, 604
168, 891, 11, 692, 893, 554, 5, 355, 556
169, 821, 776, 746, 693, 484, 439, 409, 356
170, 667, 694, 202, 201, 330, 357, 148, 147
171, 781, 696, 694, 789, 444, 359, 357, 452
172, 901, 691, 697, 772, 564, 354, 360, 435
173, 745, 796, 888, 777, 408, 459, 551, 440
174, 736, 821, 693, 726, 399, 484, 356, 389
175, 723, 737, 700, 660, 386, 400, 363, 323
176, 813, 778, 925, 926, 476, 441, 588, 589
177, 805, 937, 935, 775, 468, 600, 598, 438
178, 921, 744, 725, 777, 584, 407, 388, 440
179, 794, 702, 784, 819, 457, 365, 447, 482
180, 703, 907, 155, 154, 366, 570, 101, 100
181, 915, 704, 668, 738, 578, 367, 331, 401
182, 754, 706, 785, 920, 417, 369, 448, 583
183, 837, 770, 757, 808, 500, 433, 420, 471
184, 174, 727, 748, 175, 120, 390, 411, 121
185, 727, 670, 708, 748, 390, 333, 371, 411
186, 822, 942, 914, 709, 485, 605, 577, 372
187, 898, 709, 914, 742, 561, 372, 577, 405
188, 162, 710, 750, 163, 108, 373, 413, 109
189, 663, 900, 671, 711, 326, 563, 334, 374
190, 906, 751, 159, 158, 569, 414, 105, 104
191, 751, 906, 714, 909, 414, 569, 377, 572
192, 782, 749, 715, 678, 455, 412, 378, 341
193, 171, 749, 782, 762, 117, 412, 445, 425
194, 755, 717, 786, 812, 418, 380, 449, 475
195, 165, 783, 892, 166, 111, 446, 555, 112
196, 827, 719, 755, 852, 490, 382, 418, 515
197, 909, 910, 788, 751, 572, 573, 451, 414
198, 720, 681, 706, 754, 383, 344, 369, 417
199, 925, 682, 700, 926, 588, 345, 363, 589
200, 897, 673, 742, 807, 560, 336, 405, 470
201, 916, 889, 907, 722, 579, 552, 570, 385
202, 765, 764, 160, 159, 428, 427, 106, 105
203, 776, 887, 811, 743, 439, 550, 474, 406
204, 773, 758, 809, 883, 436, 421, 472, 546
205, 723, 660, 891, 893, 386, 323, 554, 556
206, 797, 924, 932, 878, 460, 587, 595, 541
207, 734, 771, 724, 690, 397, 434, 387, 353
208, 718, 166, 892, 674, 381, 112, 555, 337
209, 165, 164, 767, 783, 111, 110, 430, 446
210, 777, 888, 810, 921, 440, 551, 473, 584
211, 174, 173, 790, 727, 120, 119, 453, 390
212, 158, 157, 789, 906, 104, 103, 452, 569
213, 769, 157, 10, 829, 432, 103, 4, 492
214, 763, 173, 172, 828, 426, 119, 118, 491
215, 636, 798, 797, 635, 74, 461, 460, 73
216, 729, 924, 701, 688, 392, 587, 364, 351
217, 817, 845, 831, 814, 480, 508, 494, 477
218, 697, 691, 730, 814, 360, 354, 393, 477
219, 628, 805, 800, 627, 66, 468, 463, 65
220, 792, 934, 821, 736, 455, 597, 484, 399
221, 816, 834, 815, 911, 479, 497, 478, 574
222, 793, 855, 930, 796, 456, 518, 593, 459
223, 722, 735, 917, 106, 385, 398, 580, 579
224, 739, 922, 699, 669, 402, 585, 362, 332
225, 887, 776, 821, 861, 550, 439, 484, 524
226, 682, 925, 778, 895, 345, 588, 441, 558
227, 915, 738, 923, 938, 578, 401, 586, 601
228, 761, 169, 168, 844, 424, 115, 114, 507
229, 161, 160, 764, 740, 107, 106, 427, 403
230, 865, 638, 639, 871, 528, 76, 77, 534
231, 662, 732, 803, 706, 325, 395, 466, 369
232, 744, 921, 825, 913, 407, 584, 488, 576
233, 709, 743, 811, 822, 372, 406, 474, 485
234, 863, 622, 623, 869, 526, 60, 61, 532
235, 621, 822, 811, 620, 59, 485, 474, 58
236, 677, 744, 913, 912, 340, 407, 576, 575
237, 737, 946, 926, 700, 400, 609, 589, 363
238, 658, 775, 935, 899, 321, 438, 598, 562
239, 629, 824, 805, 628, 67, 487, 468, 66
240, 917, 774, 698, 659, 580, 437, 361, 322
241, 864, 630, 631, 870, 527, 68, 69, 533
242, 702, 902, 747, 784, 365, 565, 410, 447
243, 749, 171, 170, 715, 412, 117, 116, 378
244, 910, 720, 754, 788, 573, 383, 417, 451
245, 752, 167, 166, 718, 415, 113, 112, 381
246, 713, 919, 787, 748, 376, 582, 450, 411
247, 719, 827, 760, 750, 382, 490, 423, 413
248, 758, 773, 893, 692, 421, 436, 556, 355
249, 766, 844, 168, 167, 429, 507, 114, 113
250, 780, 790, 173, 763, 443, 453, 119, 426
251, 785, 839, 858, 920, 448, 502, 521, 583
252, 938, 791, 704, 915, 601, 454, 367, 578
253, 702, 794, 753, 918, 365, 457, 416, 581
254, 769, 781, 789, 157, 432, 444, 452, 103
255, 736, 699, 922, 792, 399, 362, 585, 455
256, 654, 837, 808, 653, 92, 500, 471, 91
257, 738, 707, 770, 837, 401, 370, 433, 500
258, 872, 868, 873, 905, 535, 531, 536, 568
259, 780, 814, 730, 695, 443, 477, 393, 358

260, 798, 636, 637, 823, 461, 74, 75, 486
261, 650, 876, 880, 649, 88, 539, 543, 87
262, 643, 888, 881, 642, 81, 551, 544, 80
263, 810, 644, 645, 904, 473, 82, 83, 567
264, 840, 859, 795, 779, 503, 522, 458, 442
265, 785, 706, 803, 839, 448, 369, 466, 502
266, 741, 913, 825, 802, 404, 576, 488, 465
267, 802, 886, 885, 856, 465, 549, 548, 519
268, 754, 920, 806, 788, 417, 583, 469, 451
269, 868, 923, 847, 873, 531, 586, 510, 536
270, 853, 761, 844, 833, 516, 424, 507, 496
271, 908, 933, 766, 851, 571, 596, 429, 514
272, 922, 866, 830, 792, 585, 529, 493, 455
273, 619, 887, 861, 618, 57, 550, 524, 2
274, 850, 858, 867, 838, 513, 521, 530, 501
275, 793, 735, 820, 838, 456, 398, 483, 501
276, 857, 877, 849, 834, 520, 540, 512, 497
277, 881, 888, 796, 930, 544, 551, 459, 593
278, 887, 619, 620, 811, 550, 57, 58, 474
279, 828, 845, 817, 763, 491, 508, 480, 426
280, 823, 637, 638, 865, 486, 75, 76, 528
281, 651, 826, 876, 650, 89, 489, 539, 88
282, 799, 929, 928, 940, 462, 592, 591, 603
283, 941, 879, 800, 731, 604, 542, 463, 394
284, 632, 877, 870, 631, 70, 540, 533, 69
285, 886, 802, 825, 904, 549, 465, 488, 567
286, 858, 871, 875, 867, 521, 534, 538, 530
287, 816, 769, 829, 846, 479, 432, 492, 509
288, 629, 630, 864, 824, 67, 68, 527, 487
289, 806, 832, 765, 788, 469, 495, 428, 451
290, 624, 882, 869, 623, 62, 545, 532, 61
291, 837, 654, 655, 847, 500, 92, 93, 510
292, 836, 760, 827, 852, 499, 423, 490, 515
293, 646, 886, 904, 645, 84, 549, 567, 83
294, 921, 810, 904, 825, 584, 473, 567, 488
295, 822, 621, 622, 863, 485, 59, 60, 526
296, 812, 786, 802, 856, 475, 449, 465, 519
297, 880, 876, 799, 931, 543, 539, 462, 594
298, 813, 826, 651, 652, 476, 489, 89, 90
299, 652, 653, 808, 813, 90, 91, 471, 476
300, 626, 879, 848, 625, 64, 542, 511, 63
301, 772, 697, 814, 831, 435, 360, 477, 494
302, 634, 878, 849, 633, 72, 541, 512, 71
303, 815, 771, 734, 911, 478, 434, 397, 574
304, 794, 819, 804, 753, 457, 482, 467, 416
305, 869, 882, 943, 859, 532, 545, 606, 522
306, 819, 784, 841, 857, 482, 447, 504, 520
307, 838, 820, 934, 850, 501, 483, 517, 513
308, 861, 821, 934, 842, 524, 484, 597, 505
309, 711, 801, 747, 663, 374, 464, 410, 326
310, 876, 826, 929, 799, 539, 489, 592, 462
311, 755, 812, 936, 852, 418, 475, 599, 515
312, 762, 782, 716, 944, 425, 445, 379, 607
313, 944, 818, 828, 762, 607, 481, 491, 425
314, 829, 768, 804, 846, 492, 431, 467, 509
315, 846, 804, 819, 857, 509, 467, 482, 520
316, 862, 843, 868, 872, 525, 506, 531, 535
317, 879, 626, 627, 800, 542, 64, 65, 463
318, 878, 634, 635, 797, 541, 72, 73, 460
319, 815, 834, 932, 939, 478, 497, 595, 602
320, 764, 765, 832, 854, 427, 428, 495, 517
321, 833, 933, 843, 862, 496, 596, 506, 525
322, 938, 843, 933, 791, 601, 506, 596, 454
323, 831, 845, 943, 835, 494, 508, 606, 498
324, 836, 927, 809, 767, 499, 590, 472, 430
325, 655, 656, 873, 847, 93, 94, 536, 510
326, 874, 855, 867, 875, 537, 518, 530, 538
327, 865, 839, 803, 823, 528, 502, 466, 486
328, 801, 864, 870, 841, 464, 527, 533, 504
329, 933, 833, 844, 766, 596, 496, 507, 429
330, 738, 837, 847, 923, 401, 500, 510, 586
331, 818, 943, 845, 828, 481, 606, 508, 491
332, 932, 834, 849, 878, 595, 497, 512, 541
333, 860, 950, 949, 856, 523, 613, 612, 519
334, 884, 880, 931, 860, 547, 543, 594, 523
335, 853, 830, 866, 761, 516, 493, 529, 424
336, 874, 881, 930, 855, 537, 544, 593, 518
337, 855, 793, 838, 867, 518, 456, 501, 530
338, 884, 648, 649, 880, 547, 86, 87, 543
339, 841, 870, 877, 857, 504, 533, 540, 520
340, 839, 865, 871, 858, 502, 528, 534, 521
341, 818, 795, 859, 943, 481, 458, 522, 606
342, 869, 859, 840, 863, 532, 522, 503, 526
343, 883, 809, 927, 947, 546, 472, 590, 610
344, 657, 618, 861, 905, 95, 2, 524, 568
345, 868, 843, 938, 923, 531, 506, 601, 586
346, 863, 840, 942, 822, 526, 503, 605, 485
347, 871, 639, 640, 875, 534, 77, 78, 538
348, 739,

354, 874, 641, 642, 881, 537, 79, 80, 544
355, 701, 924, 797, 798, 364, 587, 460, 461
356, 884, 860, 856, 885, 547, 523, 519, 548
357, 954, 799, 940, 951, 617, 462, 603, 614
358, 951, 940, 883, 947, 614, 603, 546, 610
359, 885, 647, 648, 884, 548, 85, 86, 547
360, 886, 646, 647, 885, 549, 84, 85, 548
361, 888, 643, 644, 810, 551, 81, 82, 473
362, 740, 722, 907, 703, 403, 385, 570, 366
363, 890, 152, 664, 741, 553, 98, 327, 404
364, 898, 742, 673, 184, 561, 405, 336, 130
365, 716, 896, 756, 944, 379, 559, 419, 607
366, 908, 733, 791, 933, 571, 396, 454, 596
367, 912, 913, 741, 664, 575, 576, 404, 327
368, 864, 801, 711, 824, 527, 464, 374, 487
369, 807, 742, 914, 942, 470, 405, 577, 605
370, 659, 889, 916, 917, 322, 552, 579, 580
371, 675, 918, 919, 713, 338, 581, 582, 376
372, 924, 729, 939, 932, 587, 392, 602, 595
373, 813, 926, 946, 826, 476, 589, 609, 489
374, 945, 927, 836, 852, 608, 590, 499, 515
375, 723, 928, 929, 737, 386, 591, 592, 400
376, 940, 928, 773, 883, 603, 591, 436, 546
377, 939, 729, 771, 815, 602, 392, 434, 478
378, 842, 934, 792, 948, 505, 597, 455, 611
379, 775, 731, 800, 805, 438, 394, 463, 468
380, 949, 936, 812, 856, 612, 599, 475, 519
381, 941, 835, 848, 879, 604, 498, 511, 542
382, 882, 848, 835, 943, 545, 511, 498, 606
383, 830, 853, 948, 792, 493, 516, 611, 455
384, 833, 862, 948, 853, 496, 525, 611, 516
385, 944, 756, 795, 818, 607, 419, 458, 481
386, 919, 918, 753, 787, 582, 581, 416, 450
387, 936, 949, 945, 852, 599, 612, 608, 515
388, 954, 951, 947, 953, 617, 614, 610, 616
389, 952, 954, 953, 950, 615, 617, 616, 613
390, 950, 860, 931, 952, 613, 523, 594, 615
391, 953, 945, 949, 950, 616, 608, 612, 613
392, 931, 799, 954, 952, 594, 462, 617, 615
393, 34, 80, 79, 33, 1092, 979, 978, 1091
394, 80, 34, 35, 81, 979, 1092, 1093, 980
395, 81, 35, 36, 82, 980, 1093, 1094, 981
396, 82, 36, 37, 83, 981, 1094, 1095, 982
397, 83, 37, 38, 84, 982, 1095, 1096, 983
398, 39, 85, 84, 38, 1097, 984, 983, 1096
399, 86, 40, 41, 87, 985, 1098, 1099, 986
400, 87, 41, 42, 88, 986, 1099, 1100, 987
401, 43, 89, 42, 1101, 988, 987, 1100
402, 90, 44, 45, 91, 989, 1102, 1103, 990
403, 46, 92, 91, 45, 1104, 991, 990, 1103
404, 47, 93, 92, 46, 1105, 992, 991, 1104
405, 49, 95, 94, 48, 1107, 994, 993, 1106
406, 50, 2, 95, 49, 1108, 955, 994, 1107
407, 51, 57, 2, 50, 1109, 956, 955, 1108
408, 53, 59, 58, 52, 1111, 958, 957, 1110
409, 54, 60, 59, 53, 1112, 959, 958, 1111
410, 60, 54, 55, 61, 959, 1112, 1113, 960
411, 61, 55, 56, 62, 960, 1113, 1114, 961
412, 62, 56, 1, 63, 961, 1114, 1075, 962
413, 63, 1, 18, 64, 962, 1075, 1076, 963
414, 19, 65, 64, 18, 1077, 964, 963, 1076
415, 66, 20, 21, 67, 965, 1078, 1079, 966
416, 67, 21, 22, 68, 966, 1079, 1080, 967
417, 23, 69, 68, 22, 1081, 968, 967, 1080
418, 70, 24, 25, 71, 969, 1082, 1083, 970
419, 26, 72, 71, 25, 1084, 971, 970, 1083
420, 27, 73, 72, 26, 1085, 972, 971, 1084
421, 29, 75, 74, 28, 1087, 974, 973, 1086
422, 30, 76, 75, 29, 1088, 975, 974, 1087
423, 31, 77, 76, 30, 1089, 976, 975, 1088
424, 33, 79, 78, 32, 1091, 978, 977, 1090
425, 44, 90, 89, 43, 1102, 989, 988, 1101
426, 85, 39, 40, 86, 984, 1097, 1098, 985
427, 24, 70, 69, 23, 1082, 969, 968, 1081
428, 65, 19, 20, 66, 964, 1077, 1078, 965
429, 73, 27, 28, 74, 972, 1085, 1086, 973
430, 77, 31, 32, 78, 976, 1089, 1090, 977
431, 93, 47, 48, 94, 992, 1105, 1106, 993
432, 57, 51, 52, 58, 956, 1109, 1110, 957
433, 1092, 979, 978, 1091, 1132, 1019, 1018, 1131
434, 979, 1092, 1093, 980, 1019, 1132, 1133, 1020
435, 980, 1093, 1094, 981, 1020, 1133, 1134, 1021
436, 981, 1094, 1095, 982, 1021, 1134, 1135, 1022
437, 982, 1095, 1096, 983, 1022, 1135, 1136, 1023
438, 1097, 984, 983, 1096, 1137, 1024, 1023, 1136
439, 985, 1098, 1099, 986, 1025, 1138, 1139, 1026
440, 986, 1099, 1100, 987, 1026, 1139, 1140, 1027
441, 1101, 988, 987, 1100, 1141, 1028, 1027, 1140
442, 989, 1102, 1103, 990, 1029, 1142, 1143, 1030
443, 1104, 991, 990, 1103, 1144, 1031, 1030, 1143
444, 1105, 992, 991, 1104, 1145, 1032, 1031, 1144
445, 1107, 994, 993, 1106, 1147, 1034, 1033, 1146
446, 1108, 955, 994, 1107, 1148, 995, 1034, 1147
447, 1109, 956, 955, 1108, 1149, 996, 995, 1148

448, 1111, 958, 957, 1110, 1151, 998, 997, 1150
449, 1112, 959, 958, 1111, 1152, 999, 998, 1151
450, 959, 1112, 1113, 960, 999, 1152, 1153, 1000
451, 960, 1113, 1114, 961, 1000, 1153, 1154, 1001
452, 961, 1114, 1075, 962, 1001, 1154, 1115, 1002
453, 962, 1075, 1076, 963, 1002, 1115, 1116, 1003
454, 1077, 964, 963, 1076, 1117, 1004, 1003, 1116
455, 965, 1078, 1079, 966, 1005, 1118, 1119, 1006
456, 966, 1079, 1080, 967, 1006, 1119, 1120, 1007
457, 1081, 968, 967, 1080, 1121, 1008, 1007, 1120
458, 969, 1082, 1083, 970, 1009, 1122, 1123, 1010
459, 1084, 971, 970, 1083, 1124, 1011, 1010, 1123
460, 1085, 972, 971, 1084, 1125, 1012, 1011, 1124
461, 1087, 974, 973, 1086, 1127, 1014, 1013, 1126
462, 1088, 975, 974, 1087, 1128, 1015, 1014, 1127
463, 1089, 976, 975, 1088, 1129, 1016, 1015, 1128
464, 1091, 978, 977, 1090, 1131, 1018, 1017, 1130
465, 1102, 989, 988, 1101, 1142, 1029, 1028, 1141
466, 984, 1097, 1098, 985, 1024, 1137, 1138, 1025
467, 1082, 969, 968, 1081, 1122, 1009, 1008, 1121
468, 964, 1077, 1078, 965, 1004, 1117, 1118, 1005
469, 972, 1085, 1086, 973, 1012, 1125, 1126, 1013
470, 976, 1089, 1090, 977, 1016, 1129, 1130, 1017
471, 992, 1105, 1106, 993, 1032, 1145, 1146, 1033
472, 956, 1109, 1110, 957, 996, 1149, 1150, 997
473, 1132, 1019, 1018, 1131, 1172, 1059, 1058, 1171
474, 1019, 1132, 1133, 1020, 1059, 1172, 1173, 1060
475, 1020, 1133, 1134, 1021, 1060, 1173, 1174, 1061
476, 1021, 1134, 1135, 1022, 1061, 1174, 1175, 1062
477, 1022, 1135, 1136, 1023, 1062, 1175, 1176, 1063
478, 1137, 1024, 1023, 1136, 1177, 1064, 1063, 1176
479, 1025, 1138, 1139, 1026, 1065, 1178, 1179, 1066
480, 1026, 1139, 1140, 1027, 1066, 1179, 1180, 1067
481, 1141, 1028, 1027, 1140, 1181, 1068, 1067, 1180
482, 1029, 1142, 1143, 1030, 1069, 1182, 1183, 1070
483, 1144, 1031, 1030, 1144, 1184, 1071, 1070, 1183
484, 1145, 1032, 1031, 1144, 1185, 1072, 1071, 1184
485, 1147, 1034, 1033, 1146, 1187, 1074, 1073, 1186
486, 1148, 995, 1034, 1147, 1188, 1035, 1074, 1187
487, 1149, 996, 995, 1148, 1189, 1036, 1035, 1188
488, 1151, 998, 997, 1150, 1191, 1038, 1037, 1190
489, 1152, 999, 998, 1151, 1192, 1039, 1038, 1191
490, 999, 1152, 1153, 1000, 1039, 1192, 1193, 1040
491, 1000, 1153, 1154, 1001, 1040, 1193, 1194, 1041
492, 1001, 1154, 1115, 1002, 1041, 1194, 1155, 1042
493, 1002, 1115, 1116, 1003, 1042, 1155, 1156, 1043
494, 1117, 1004, 1003, 1116, 1157, 1044, 1043, 1156
495, 1005, 1118, 1119, 1006, 1045, 1158, 1159, 1046
496, 1006, 1119, 1120, 1007, 1046, 1159, 1160, 1047
497, 1121, 1008, 1007, 1120, 1161, 1048, 1047, 1160
498, 1009, 1122, 1123, 1010, 1049, 1162, 1163, 1050
499, 1124, 1011, 1010, 1123, 1164, 1051, 1050, 1163
500, 1125, 1012, 1011, 1124, 1165, 1052, 1051, 1164
501, 1127, 1014, 1013, 1126, 1167, 1054, 1053, 1166
502, 1128, 1015, 1014, 1127, 1168, 1055, 1054, 1167
503, 1129, 1016, 1015, 1128, 1169, 1056, 1055, 1168
504, 1131, 1018, 1017, 1130, 1171, 1058, 1057, 1170
505, 1142, 1029, 1028, 1141, 1182, 1069, 1068, 1181
506, 1024, 1137, 1138, 1025, 1064, 1177, 1178, 1065
507, 1122, 1009, 1008, 1121, 1162, 1049, 1048, 1161
508, 1004, 1117, 1118, 1005, 1044, 1157, 1158, 1045
509, 1012, 1125, 1126, 1013, 1052, 1165, 1166, 1053
510, 1016, 1129, 1130, 1017, 1056, 1169, 1170, 1057
511, 1032, 1145, 1146, 1033, 1072, 1185, 1186, 1073
512, 996, 1149, 1150, 997, 1036, 1189, 1190, 1037
513, 1172, 1059, 1058, 1171, 304, 266, 265, 305
514, 1059, 1172, 1173, 1060, 266, 304, 303, 267
515, 1060, 1173, 1174, 1061, 267, 303, 302, 268
516, 1061, 1174, 1175, 1062, 268, 302, 301, 269
517, 1062, 1175, 1176, 1063, 269, 301, 300, 270
518, 1177, 1064, 1063, 1176, 299, 271, 270, 300
519, 1065, 1178, 1179, 1066, 272, 298, 297, 273
520, 1066, 1179, 1180, 1067, 273, 297, 296, 274
521, 1181, 1068, 1067, 1180, 295, 275, 274, 296
522, 1069, 1182, 1183, 1070, 276, 294, 293, 277
523, 1184, 1071, 1070, 1183, 292, 278, 277, 293
524, 1185, 1072, 1071, 1184, 291, 279, 278, 292
525, 1187, 1074, 1073, 1186, 289, 281, 280, 290
526, 1188, 1035, 1074, 1187, 288, 16, 281, 289
527, 1189, 1036, 1035, 1188, 287, 243, 16, 288
528, 1191, 1038, 1037, 1190, 285, 245, 244, 286
529, 1192, 1039, 1038, 1191, 284, 246, 245, 285
530, 1039, 1192, 1193, 1040, 246, 284, 283, 247
531, 1040, 1193, 1194, 1041, 247, 283, 282, 248
532, 1041, 1194, 1155, 1042, 248, 282, 17, 249
533, 1042, 1155, 1156, 1043, 249, 17, 320, 250
534, 1157, 1044, 1043, 1156, 319, 251, 250, 320
535, 1045, 1158, 1159, 1046, 252, 318, 317, 253
536, 1046, 1159, 1160, 1047, 253, 317, 316, 254
537, 1161, 1048, 1047, 1160, 315, 255, 254, 316
538, 1049, 1162, 1163, 1050, 256, 314, 313, 257
539, 1164, 1051, 1050, 1163, 312, 258, 257, 313
540, 1165, 1052, 1051, 1164, 311, 259, 258, 312
541, 1167, 1054, 1053, 1166, 309, 261, 260, 310

542, 1168, 1055, 1054, 1167, 308, 262, 261, 309
543, 1169, 1056, 1055, 1168, 307, 263, 262, 308
544, 1171, 1058, 1057, 1170, 305, 265, 264, 306
545, 1182, 1069, 1068, 1181, 294, 276, 275, 295
546, 1064, 1177, 1178, 1065, 271, 299, 298, 272
547, 1162, 1049, 1048, 1161, 314, 256, 255, 315
548, 1044, 1157, 1158, 1045, 251, 319, 318, 252
549, 1052, 1165, 1166, 1053, 259, 311, 310, 260
550, 1056, 1169, 1170, 1057, 263, 307, 306, 264
551, 1072, 1185, 1186, 1073, 279, 291, 290, 280
552, 1036, 1189, 1190, 1037, 243, 287, 286, 244
*Node
1195, 0, 1.1021821e-17, 0.
*Nset, nset=TAMBOR-RefPt_internal
1195,
*Nset, nset=SET-TAMBOR, generate
1, 1194, 1
*Elset, elset=SET-TAMBOR, generate
1, 552, 1
** Section: TAMBOR
*Solid Section, elset=SET-TAMBOR,
material=MAT_TAMBOR
,
*End Instance
**
*Instance, name=ZAPATA, part=ZAPATA
0., 0., 0.01
*Node
1, 0.129442722, -0.094045639, 0.0900000036
2, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0900000036
3, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0900000036
4, 0.129442722, -0.094045639, 0.0750000003
5, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0750000003
6, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0750000003
7, 0.129442722, -0.094045639, 0.0599999987
8, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0599999987
9, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0599999987
10, 0.129442722, -0.094045639, 0.0450000018
11, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0450000018
12, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0450000018
13, 0.129442722, -0.094045639, 0.0299999993
14, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0299999993
15, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0299999993
16, 0.129442722, -0.094045639, 0.0149999997
17, 0.117307462, -0.0852288604, 0.0149999997
18, 0.105172209, -0.0764120817, 0.0149999997
19, 0.129442722, -0.094045639, 0.
20, 0.117307462, -0.0852288604, 0.
21, 0.105172209, -0.0764120817, 0.
22, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0900000036
23, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0900000036
24, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0900000036
25, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0750000003
26, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0750000003
27, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0750000003
28, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0599999987
29, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0599999987
30, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0599999987
31, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0450000018
32, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0450000018
33, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0450000018
34, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0299999993
35, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0299999993
36, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0299999993
37, 0.138564065, -0.0799999982, 0.0149999997
38, 0.12557368, -0.0724999979, 0.0149999997
39, 0.112583302, -0.0649999976, 0.0149999997
40, 0.138564065, -0.0799999982, 0.
41, 0.12557368, -0.0724999979, 0.
42, 0.112583302, -0.0649999976, 0.
43, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0900000036
44, 0.132464096, -0.0589768142, 0.0900000036
45, 0.118760906, -0.0528757647, 0.0900000036
46, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0750000003
47, 0.132464096, -0.0589768142, 0.0750000003
48, 0.118760906, -0.0528757647, 0.0750000003
49, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0599999987
50, 0.132464096, -0.0589768142, 0.0599999987
51, 0.118760906, -0.0528757647, 0.0599999987
52, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0450000018
53, 0.132464096, -0.0589768142, 0.0450000018
54, 0.118760906, -0.0528757647, 0.0450000018
55, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0299999993
56, 0.132464096, -0.0589768142, 0.0299999993
57, 0.118760906, -0.0528757647, 0.0299999993
58, 0.146167278, -0.0650778636, 0.0149999997
59, 0.132464096, -0.0589768142,

67, 0.152169049, -0.0494427159, 0.075000003
68, 0.137903199, -0.0448074602, 0.075000003
69, 0.123637348, -0.0401722081, 0.075000003
70, 0.152169049, -0.0494427159, 0.0599999987
71, 0.137903199, -0.0448074639, 0.0599999987
72, 0.123637348, -0.0401722081, 0.0599999987
73, 0.152169049, -0.0494427159, 0.0450000018
74, 0.137903199, -0.0448074639, 0.0450000018
75, 0.123637348, -0.0401722081, 0.0450000018
76, 0.152169049, -0.0494427159, 0.0299999993
77, 0.137903199, -0.0448074602, 0.0299999993
78, 0.123637348, -0.0401722081, 0.0299999993
79, 0.152169049, -0.0494427159, 0.0149999997
80, 0.137903199, -0.0448074639, 0.0149999997
81, 0.123637348, -0.0401722081, 0.0149999997
82, 0.152169049, -0.0494427197, 0.0
83, 0.137903199, -0.0448074639, 0
84, 0.123637348, -0.0401722081, 0
85, 0.156503618, -0.0332658701, 0.0900000036
86, 0.141831398, -0.0301471949, 0.0900000036
87, 0.127159193, -0.0270285197, 0.0900000036
88, 0.156503618, -0.0332658701, 0.075000003
89, 0.141831398, -0.030147193, 0.075000003
90, 0.127159193, -0.0270285178, 0.075000003
91, 0.156503618, -0.0332658701, 0.0599999987
92, 0.141831398, -0.030147193, 0.0599999987
93, 0.127159193, -0.0270285178, 0.0599999987
94, 0.156503618, -0.0332658701, 0.0450000018
95, 0.141831398, -0.0301471949, 0.0450000018
96, 0.127159193, -0.0270285178, 0.0450000018
97, 0.156503618, -0.0332658701, 0.0299999993
98, 0.141831398, -0.030147193, 0.0299999993
99, 0.127159193, -0.0270285178, 0.0299999993
100, 0.156503618, -0.0332658701, 0.0149999997
101, 0.141831398, -0.030147193, 0.0149999997
102, 0.127159193, -0.0270285178, 0.0149999997
103, 0.156503618, -0.0332658701, 0
104, 0.141831398, -0.0301471949, 0
105, 0.127159193, -0.0270285197, 0
106, 0.15912351, -0.0167245548, 0.0900000036
107, 0.144205675, -0.0151566276, 0.0900000036
108, 0.129287854, -0.0135887004, 0.0900000036
109, 0.15912351, -0.0167245548, 0.075000003
110, 0.144205675, -0.0151566276, 0.075000003
111, 0.129287854, -0.0135886995, 0.075000003
112, 0.15912351, -0.0167245548, 0.0599999987
113, 0.144205675, -0.0151566267, 0.0599999987
114, 0.129287854, -0.0135886995, 0.0599999987
115, 0.15912351, -0.0167245548, 0.0450000018
116, 0.144205675, -0.0151566276, 0.0450000018
117, 0.129287854, -0.0135886995, 0.0450000018
118, 0.15912351, -0.0167245548, 0.0299999993
119, 0.144205675, -0.0151566267, 0.0299999993
120, 0.129287854, -0.0135886995, 0.0299999993
121, 0.15912351, -0.0167245548, 0.0149999997
122, 0.144205675, -0.0151566267, 0.0149999997
123, 0.129287854, -0.0135886995, 0.0149999997
124, 0.15912351, -0.0167245548, 0
125, 0.144205675, -0.0151566276, 0
126, 0.129287854, -0.0135887004, 0
127, 0.159999996, 0, 0.0900000036
128, 0.144999996, 0, 0.0900000036
129, 0.129999995, 0, 0.0900000036
130, 0.159999996, 0, 0.075000003
131, 0.144999996, 0, 0.075000003
132, 0.129999995, 0, 0.075000003
133, 0.159999996, 0, 0.0599999987
134, 0.144999996, 0, 0.0599999987
135, 0.129999995, 0, 0.0599999987
136, 0.159999996, 0, 0.0450000018
137, 0.144999996, 0, 0.0450000018
138, 0.129999995, 0, 0.0450000018
139, 0.159999996, 0, 0.0299999993
140, 0.144999996, 0, 0.0299999993
141, 0.129999995, 0, 0.0299999993
142, 0.159999996, 0, 0.0149999997
143, 0.144999996, 0, 0.0149999997
144, 0.129999995, 0, 0.0149999997
145, 0.159999996, 0, 0
146, 0.144999996, 0, 0
147, 0.129999995, 0, 0
148, 0.15912351, 0.0167245548, 0.0900000036
149, 0.144205675, 0.0151566276, 0.0900000036
150, 0.129287854, 0.0135887004, 0.0900000036
151, 0.15912351, 0.0167245548, 0.075000003
152, 0.144205675, 0.0151566276, 0.075000003
153, 0.129287854, 0.0135886995, 0.075000003
154, 0.15912351, 0.0167245548, 0.0599999987
155, 0.144205675, 0.0151566267, 0.0599999987
156, 0.129287854, 0.0135886995, 0.0599999987
157, 0.15912351, 0.0167245548, 0.0450000018
158, 0.144205675, 0.0151566267, 0.0450000018
159, 0.129287854, 0.0135886995, 0.0450000018
160, 0.15912351, 0.0167245548, 0.0299999993
161, 0.144205675, 0.0151566276, 0.0299999993
162, 0.129287854, 0.0135886995, 0.0299999993
163, 0.15912351, 0.0167245548, 0.0149999997
164, 0.144205675, 0.0151566276, 0.0149999997
165, 0.129287854, 0.0135886995, 0.0149999997
166, 0.15912351, 0.0167245548, 0
167, 0.144205675, 0.0151566276, 0
168, 0.129287854, 0.0135887004, 0
169, 0.156503618, 0.0332658701, 0.0900000036
170, 0.141831398, 0.0301471949, 0.0900000036
171, 0.127159193, 0.0270285197, 0.0900000036
172, 0.156503618, 0.0332658701, 0.075000003
173, 0.141831398, 0.0301471949, 0.075000003
174, 0.127159193, 0.0270285178, 0.075000003
175, 0.156503618, 0.0332658701, 0.0599999987
176, 0.141831398, 0.030147193, 0.0599999987
177, 0.127159193, 0.0270285178, 0.0599999987
178, 0.156503618, 0.0332658701, 0.0450000018
179, 0.141831398, 0.0301471949, 0.0450000018
180, 0.127159193, 0.0270285178, 0.0450000018
181, 0.156503618, 0.0332658701, 0.0299999993
182, 0.141831398, 0.0301471949, 0.0299999993
183, 0.127159193, 0.0270285178, 0.0299999993
184, 0.156503618, 0.0332658701, 0.0149999997
185, 0.141831398, 0.030147193, 0.0149999997
186, 0.127159193, 0.0270285178, 0.0149999997
187, 0.156503618, 0.0332658701, 0
188, 0.141831398, 0.0301471949, 0
189, 0.127159193, 0.0270285197, 0
190, 0.152169049, 0.0494427197, 0.0900000036
191, 0.137903199, 0.0448074639, 0.0900000036
192, 0.123637348, 0.0401722081, 0.0900000036
193, 0.152169049, 0.0494427159, 0.075000003
194, 0.137903199, 0.0448074602, 0.075000003
195, 0.123637348, 0.0401722081, 0.075000003
196, 0.152169049, 0.0494427159, 0.0599999987
197, 0.137903199, 0.0448074639, 0.0599999987
198, 0.123637348, 0.0401722081, 0.0599999987
199, 0.152169049, 0.0494427159, 0.0450000018
200, 0.137903199, 0.0448074639, 0.0450000018
201, 0.123637348, 0.0401722081, 0.0450000018
202, 0.152169049, 0.0494427159, 0.0299999993
203, 0.137903199, 0.0448074639, 0.0299999993
204, 0.123637348, 0.0401722081, 0.0299999993
205, 0.152169049, 0.0494427159, 0.0149999997
206, 0.137903199, 0.0448074639, 0.0149999997
207, 0.123637348, 0.0401722081, 0.0149999997
208, 0.152169049, 0.0494427197, 0
209, 0.137903199, 0.0448074639, 0
210, 0.123637348, 0.0401722081, 0
211, 0.146167278, 0.0650778636, 0.0900000036
212, 0.132464096, 0.0589768142, 0.0900000036
213, 0.118760906, 0.0528757647, 0.0900000036
214, 0.146167278, 0.0650778636, 0.075000003
215, 0.132464096, 0.0589768142, 0.075000003
216, 0.118760906, 0.0528757647, 0.075000003
217, 0.146167278, 0.0650778636, 0.0599999987
218, 0.132464096, 0.0589768142, 0.0599999987
219, 0.118760906, 0.0528757647, 0.0599999987
220, 0.146167278, 0.0650778636, 0.0450000018
221, 0.132464096, 0.0589768142, 0.0450000018
222, 0.118760906, 0.0528757647, 0.0450000018
223, 0.146167278, 0.0650778636, 0.0299999993
224, 0.132464096, 0.0589768142, 0.0299999993
225, 0.118760906, 0.0528757647, 0.0299999993
226, 0.146167278, 0.0650778636, 0.0149999997
227, 0.132464096, 0.0589768142, 0.0149999997
228, 0.118760906, 0.0528757647, 0.0149999997
229, 0.146167278, 0.0650778636, 0
230, 0.132464096, 0.0589768142, 0
231, 0.118760906, 0.0528757647, 0
232, 0.138564065, 0.0799999982, 0.0900000036
233, 0.12557368, 0.0724999979, 0.0900000036
234, 0.112583302, 0.0649999976, 0.0900000036
235, 0.138564065, 0.0799999982, 0.075000003
236, 0.12557368, 0.0724999979, 0.075000003
237, 0.112583302, 0.0649999976, 0.075000003
238, 0.138564065, 0.0799999982, 0.0599999987
239, 0.12557368, 0.0724999979, 0.0599999987
240, 0.112583302, 0.0649999976, 0.0599999987
241, 0.138564065, 0.0799999982, 0.0450000018
242, 0.12557368, 0.0724999979, 0.0450000018
243, 0.112583302, 0.0649999976, 0.0450000018
244, 0.138564065, 0.0799999982, 0.0299999993
245, 0.12557368, 0.0724999979, 0.0299999993
246, 0.112583302, 0.0649999976, 0.0299999993
247, 0.138564065, 0.0799999982, 0.0149999997
248, 0.12557368, 0.0724999979, 0.0149999997
249, 0.112583302, 0.0649999976, 0.0149999997
250, 0.138564065, 0.0799999982, 0
251, 0.12557368, 0.0724999979, 0
252, 0.112583302, 0.0649999976, 0
253, 0.129442722, 0.094045639, 0.0900000036
254, 0.117307462, 0.0852288604, 0.0900000036
255, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0900000036
256, 0.129442722, 0.094045639, 0.0900000036
257, 0.117307462, 0.0852288604, 0.075000003
258, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0599999987
259, 0.129442722, 0.094045639, 0.0599999987
260, 0.117307462, 0.0852288604, 0.0599999987
261, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0599999987
262, 0.129442722, 0.094045639, 0.0450000018
263, 0.117307462, 0.0852288604, 0.0450000018
264, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0450000018
265, 0.129442722, 0.094045639, 0.0299999993
266, 0.117307462, 0.0852288604, 0.0299999993
267, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0299999993
268, 0.129442722, 0.094045639, 0.0149999997
269, 0.117307462, 0.0852288604, 0.0149999997
270, 0.105172209, 0.0764120817, 0.0149999997
271, 0.129442722, 0.094045639, 0
272, 0.117307462, 0.0852288604, 0
273, 0.105172209, 0.0764120817, 0
274, 0.118903175, 0.107060894, 0.0900000036
275, 0.107755996, 0.0970239416, 0.0900000036
276, 0.096608825, 0.0869869813, 0.0900000036
277, 0.118903175, 0.107060894, 0.075000003
278, 0.107755996, 0.0970239416, 0.075000003
279, 0.096608825, 0.0869869813, 0.075000003
280, 0.118903175, 0.107060894, 0.0599999987
281, 0.107755996, 0.0970239416, 0.0599999987
282, 0.096608825, 0.0869869813, 0.0599999987
283, 0.118903175, 0.107060894, 0.0450000018
284, 0.107755996, 0.0970239416, 0.0450000018
285, 0.096608825, 0.0869869813, 0.0450000018
286, 0.118903175, 0.107060894, 0.0299999993
287, 0.107755996, 0.0970239416, 0.0299999993
288, 0.096608825, 0.0869869813, 0.0299999993
289, 0.118903175, 0.107060894, 0.0149999997
290, 0.107755996, 0.0970239416, 0.0149999997
291, 0.096608825, 0.0869869813, 0.0149999997
292, 0.118903175, 0.107060894, 0
293, 0.107755996, 0.0970239416, 0
294, 0.096608825, 0.0869869813, 0
295, 0.107060894, 0.118903175, 0.0900000036
296, 0.0970239416, 0.107755996, 0.0900000036
297, 0.0869869813, 0.096608825, 0.0900000036
298, 0.107060894, 0.118903175, 0.075000003
299, 0.0970239416, 0.107755996, 0.075000003
300, 0.0869869813, 0.096608825, 0.075000003
301, 0.107060894, 0.118903175, 0.0599999987
302, 0.0970239416, 0.107755996, 0.0599999987
303, 0.0869869813, 0.096608825, 0.0599999987
304, 0.107060894, 0.118903175, 0.0450000018
305, 0.0970239416, 0.107755996, 0.0450000018
306, 0.0869869813, 0.096608825, 0.0450000018
307, 0.107060894, 0.118903175, 0.0299999993
308, 0.0970239416, 0.107755996, 0.0299999993
309, 0.0869869813, 0.096608825, 0.0299999993
310, 0.107060894, 0.118903175, 0.0149999997
311, 0.0970239416, 0.107755996, 0.0149999997
312, 0.0869869813, 0.096608825, 0.0149999997
313, 0.107060894, 0.118903175, 0
314, 0.0970239416, 0.107755996, 0
315, 0.0869869813, 0.096608825, 0
316, 0.094045639, 0.129442722, 0.0900000036
317, 0.0852288604, 0.117307462, 0.0900000036
318, 0.0764120817, 0.105172209, 0.0900000036
319, 0.094045639, 0.129442722, 0.075000003
320, 0.0852288604, 0.117307462, 0.075000003
321, 0.0764120817, 0.105172209, 0.075000003
322, 0.094045639, 0.129442722, 0.0599999987
323, 0.0852288604, 0.117307462, 0.0599999987
324, 0.0764120817, 0.105172209, 0.0599999987
325, 0.094045639, 0.129442722, 0.0450000018
326, 0.0852288604, 0.117307462, 0.0450000018
327, 0.0764120817, 0.105172209, 0.0450000018
328, 0.094045639, 0.129442722, 0.0299999993
329, 0.0852288604, 0.117307462, 0.0299999993
330, 0.0764120817, 0.105172209, 0.0299999993
331, 0.094045639, 0.129442722, 0.0149999997
332, 0.0852288604, 0.117307462, 0.0149999997
333, 0.0764120817, 0.105172209, 0.0149999997
334, 0.094045639, 0.129442722, 0
335, 0.0852288604, 0.117307462, 0
336, 0.0764120817, 0.105172209, 0
337, 0.0799999982, 0.138564065, 0.0900000036
338, 0.0724999979, 0.12557368, 0.0900000036
339, 0.0649999976, 0.112583302, 0.0900000036
340, 0.0799999982, 0.138564065, 0.075000003
341, 0.0724999979, 0.12557368, 0.075000003
342, 0.0649999976, 0.112583302, 0.075000003
343, 0.0799999982, 0.138564065, 0.0599999987
344, 0.0724999979, 0.12557368, 0.0599999987
345, 0.0649999976, 0.112583302, 0.0599999987
346, 0.0799999982, 0.138564065, 0.0450000018
347, 0.0724999979, 0.12557368, 0.0450000018
348, 0.0649999976, 0.112583302, 0.0450000018

349, 0.0799999982, 0.138564065, 0.0299999993
350, 0.0724999979, 0.12557368, 0.0299999993
351, 0.0649999976, 0.112583302, 0.0299999993
352, 0.0799999982, 0.138564065, 0.0149999997
353, 0.0724999979, 0.12557368, 0.0149999997
354, 0.0649999976, 0.112583302, 0.0149999997
355, 0.0799999982, 0.138564065, 0.
356, 0.0724999979, 0.12557368, 0.
357, 0.0649999976, 0.112583302, 0.
358, 0.0650778636, 0.146167278, 0.0900000036
359, 0.0589768142, 0.132464096, 0.0900000036
360, 0.0528757647, 0.118760906, 0.0900000036
361, 0.0650778636, 0.146167278, 0.075000003
362, 0.0589768142, 0.132464096, 0.075000003
363, 0.0528757647, 0.118760906, 0.075000003
364, 0.0650778636, 0.146167278, 0.0599999987
365, 0.0589768142, 0.132464096, 0.0599999987
366, 0.0528757647, 0.118760906, 0.0599999987
367, 0.0650778636, 0.146167278, 0.0450000018
368, 0.0589768142, 0.132464096, 0.0450000018
369, 0.0528757647, 0.118760906, 0.0450000018
370, 0.0650778636, 0.146167278, 0.0299999993
371, 0.0589768142, 0.132464096, 0.0299999993
372, 0.0528757647, 0.118760906, 0.0299999993
373, 0.0650778636, 0.146167278, 0.0149999997
374, 0.0589768142, 0.132464096, 0.0149999997
375, 0.0528757647, 0.118760906, 0.0149999997
376, 0.0650778636, 0.146167278, 0.
377, 0.0589768142, 0.132464096, 0.
378, 0.0528757647, 0.118760906, 0.
379, 0.0494427197, 0.152169049, 0.0900000036
380, 0.0448074639, 0.137903199, 0.0900000036
381, 0.0401722081, 0.123637348, 0.0900000036
382, 0.0494427197, 0.152169049, 0.075000003
383, 0.0448074639, 0.137903199, 0.075000003
384, 0.0401722081, 0.123637348, 0.075000003
385, 0.0494427197, 0.152169049, 0.0599999987
386, 0.0448074639, 0.137903199, 0.0599999987
387, 0.0401722081, 0.123637348, 0.0599999987
388, 0.0494427197, 0.152169049, 0.0450000018
389, 0.0448074639, 0.137903199, 0.0450000018
390, 0.0401722081, 0.123637348, 0.0450000018
391, 0.0494427197, 0.152169049, 0.0299999993
392, 0.0448074639, 0.137903199, 0.0299999993
393, 0.0401722081, 0.123637348, 0.0299999993
394, 0.0494427197, 0.152169049, 0.0149999997
395, 0.0448074639, 0.137903199, 0.0149999997
396, 0.0401722081, 0.123637348, 0.0149999997
397, 0.0494427197, 0.152169049, 0.
398, 0.0448074639, 0.137903199, 0.
399, 0.0401722081, 0.123637348, 0.
400, 0.0332658701, 0.156503618, 0.0900000036
401, 0.0301471949, 0.141831398, 0.0900000036
402, 0.0270285178, 0.127159193, 0.0900000036
403, 0.0332658701, 0.156503618, 0.075000003
404, 0.0301471949, 0.141831398, 0.075000003
405, 0.0270285178, 0.127159193, 0.075000003
406, 0.0332658701, 0.156503618, 0.0599999987
407, 0.0301471949, 0.141831398, 0.0599999987
408, 0.0270285178, 0.127159193, 0.0599999987
409, 0.0332658701, 0.156503618, 0.0450000018
410, 0.0301471949, 0.141831398, 0.0450000018
411, 0.0270285178, 0.127159193, 0.0450000018
412, 0.0332658701, 0.156503618, 0.0299999993
413, 0.0301471949, 0.141831398, 0.0299999993
414, 0.0270285178, 0.127159193, 0.0299999993
415, 0.0332658701, 0.156503618, 0.0149999997
416, 0.030147193, 0.141831398, 0.0149999997
417, 0.0270285178, 0.127159193, 0.0149999997
418, 0.0332658701, 0.156503618, 0.
419, 0.0301471949, 0.141831398, 0.
420, 0.0270285197, 0.127159193, 0.
421, 0.0167245548, 0.15912351, 0.0900000036
422, 0.0151566276, 0.144205675, 0.0900000036
423, 0.0135887004, 0.129287854, 0.0900000036
424, 0.0167245548, 0.15912351, 0.075000003
425, 0.0151566276, 0.144205675, 0.075000003
426, 0.0135886995, 0.129287854, 0.075000003
427, 0.0167245548, 0.15912351, 0.0599999987
428, 0.0151566276, 0.144205675, 0.0599999987
429, 0.0135886995, 0.129287854, 0.0599999987
430, 0.0167245548, 0.15912351, 0.0450000018
431, 0.0151566276, 0.144205675, 0.0450000018
432, 0.0135886995, 0.129287854, 0.0450000018
433, 0.0167245548, 0.15912351, 0.0299999993
434, 0.0151566276, 0.144205675, 0.0299999993
435, 0.0135886995, 0.129287854, 0.0299999993
436, 0.0167245548, 0.15912351, 0.0149999997
437, 0.0151566276, 0.144205675, 0.0149999997
438, 0.0135886995, 0.129287854, 0.0149999997
439, 0.0167245548, 0.15912351, 0.
440, 0.0151566276, 0.144205675, 0.
441, 0.0135887004, 0.129287854, 0.
442, 0., 0.1599999996, 0.0900000036

443, 0., 0.1449999996, 0.0900000036
444, 0., 0.1299999995, 0.0900000036
445, 0., 0.1599999996, 0.075000003
446, 0., 0.1449999996, 0.075000003
447, 0., 0.1299999995, 0.075000003
448, 0., 0.1599999996, 0.0599999987
449, 0., 0.1449999996, 0.0599999987
450, 0., 0.1299999995, 0.0599999987
451, 0., 0.1599999996, 0.0450000018
452, 0., 0.1449999996, 0.0450000018
453, 0., 0.1299999995, 0.0450000018
454, 0., 0.1599999996, 0.0299999993
455, 0., 0.1449999996, 0.0299999993
456, 0., 0.1299999995, 0.0299999993
457, 0., 0.1599999996, 0.0149999997
458, 0., 0.1449999996, 0.0149999997
459, 0., 0.1299999995, 0.0149999997
460, 0., 0.1599999996, 0.
461, 0., 0.1449999996, 0.
462, 0., 0.1299999995, 0.

*Element, type=C3D8RT

1, 22, 23, 26, 25, 1, 2, 5, 4
2, 23, 24, 27, 26, 2, 3, 6, 5
3, 25, 26, 29, 28, 4, 5, 8, 7
4, 26, 27, 30, 29, 5, 6, 9, 8
5, 28, 29, 32, 31, 7, 8, 11, 10
6, 29, 30, 33, 32, 8, 9, 12, 11
7, 31, 32, 35, 34, 10, 11, 14, 13
8, 32, 33, 36, 35, 11, 12, 15, 14
9, 34, 35, 38, 37, 13, 14, 17, 16
10, 35, 36, 39, 38, 14, 15, 18, 17
11, 37, 38, 41, 40, 16, 17, 20, 19
12, 38, 39, 42, 41, 17, 18, 21, 20
13, 43, 44, 47, 46, 22, 23, 26, 25
14, 44, 45, 48, 47, 23, 24, 27, 26
15, 46, 47, 50, 49, 25, 26, 29, 28
16, 47, 48, 51, 50, 26, 27, 30, 29
17, 49, 50, 53, 52, 28, 29, 32, 31
18, 50, 51, 54, 53, 29, 30, 33, 32
19, 52, 53, 56, 55, 31, 32, 35, 34
20, 53, 54, 57, 56, 32, 33, 36, 35
21, 55, 56, 59, 58, 34, 35, 38, 37
22, 56, 57, 60, 59, 35, 36, 39, 38
23, 58, 59, 62, 61, 37, 38, 41, 40
24, 59, 60, 63, 62, 38, 39, 42, 41
25, 64, 65, 68, 67, 43, 44, 47, 46
26, 65, 66, 69, 68, 44, 45, 48, 47
27, 67, 68, 71, 70, 46, 47, 50, 49
28, 68, 69, 72, 71, 47, 48, 51, 50
29, 70, 71, 74, 73, 49, 50, 53, 52
30, 71, 72, 75, 74, 50, 51, 54, 53
31, 73, 74, 77, 76, 52, 53, 56, 55
32, 74, 75, 78, 77, 53, 54, 57, 56
33, 76, 77, 80, 79, 55, 56, 59, 58
34, 77, 78, 81, 80, 56, 57, 60, 59
35, 79, 80, 83, 82, 58, 59, 62, 61
36, 80, 81, 84, 83, 59, 60, 63, 62
37, 85, 86, 89, 88, 64, 65, 68, 67
38, 86, 87, 90, 89, 65, 66, 69, 68
39, 88, 89, 92, 91, 67, 68, 71, 70
40, 89, 90, 93, 92, 68, 69, 72, 71
41, 91, 92, 95, 94, 70, 71, 74, 73
42, 92, 93, 96, 95, 71, 72, 75, 74
43, 94, 95, 98, 97, 73, 74, 77, 76
44, 95, 96, 99, 98, 74, 75, 78, 77
45, 97, 98, 101, 100, 76, 77, 80, 79
46, 98, 99, 102, 101, 77, 78, 81, 80
47, 100, 101, 104, 103, 79, 80, 83, 82
48, 101, 102, 105, 104, 80, 81, 84, 83
49, 106, 107, 110, 109, 85, 86, 89, 88
50, 107, 108, 111, 110, 86, 87, 90, 89
51, 109, 110, 113, 112, 88, 89, 92, 91
52, 110, 111, 114, 113, 89, 90, 93, 92
53, 112, 113, 116, 115, 91, 92, 95, 94
54, 113, 114, 117, 116, 92, 93, 96, 95
55, 115, 116, 119, 118, 94, 95, 98, 97
56, 116, 117, 120, 119, 95, 96, 99, 98
57, 118, 119, 122, 121, 97, 98, 101, 100
58, 119, 120, 123, 122, 98, 99, 102, 101
59, 121, 122, 125, 124, 100, 101, 104, 103
60, 122, 123, 126, 125, 101, 102, 105, 104
61, 127, 128, 131, 130, 106, 107, 110, 109
62, 128, 129, 132, 131, 107, 108, 111, 110
63, 130, 131, 134, 133, 109, 110, 113, 112
64, 131, 132, 135, 134, 110, 111, 114, 113
65, 133, 134, 137, 136, 112, 113, 116, 115
66, 134, 135, 138, 137, 113, 114, 117, 116
67, 136, 137, 140, 139, 115, 116, 119, 118
68, 137, 138, 141, 140, 116, 117, 120, 119
69, 139, 140, 143, 142, 118, 119, 122, 121
70, 140, 141, 144, 143, 119, 120, 123, 122
71, 142, 143, 146, 145, 121, 122, 125, 124
72, 143, 144, 147, 146, 122, 123, 126, 125
73, 148, 149, 152, 151, 127, 128, 131, 130

74, 149, 150, 153, 152, 128, 129, 132, 131
75, 151, 152, 155, 154, 130, 131, 134, 133
76, 152, 153, 156, 155, 131, 132, 135, 134
77, 154, 155, 158, 157, 133, 134, 137, 136
78, 155, 156, 159, 158, 134, 135, 138, 137
79, 157, 158, 161, 160, 136, 137, 140, 139
80, 158, 159, 162, 161, 137, 138, 141, 140
81, 160, 161, 164, 163, 139, 140, 143, 142
82, 161, 162, 165, 164, 140, 141, 144, 143
83, 163, 164, 167, 166, 142, 143, 146, 145
84, 164, 165, 168, 167, 143, 144, 147, 146
85, 169, 170, 173, 172, 148, 149, 152, 151
86, 170, 171, 174, 173, 149, 150, 153, 152
87, 172, 173, 176, 175, 151, 152, 155, 154
88, 173, 174, 177, 176, 152, 153, 156, 155
89, 175, 176, 179, 178, 154, 155, 158, 157
90, 176, 177, 180, 179, 155, 156, 159, 158
91, 178, 179, 182, 181, 157, 158, 161, 160
92, 179, 180, 183, 182, 158, 159, 162, 161
93, 181, 182, 185, 184, 160, 161, 164, 163
94, 182, 183, 186, 185, 161, 162, 165, 164
95, 184, 185, 188, 187, 163, 164, 167, 166
96, 185, 186, 189, 188, 164, 165, 168, 167
97, 190, 191, 194, 193, 169, 170, 173, 172
98, 191, 192, 195, 194, 170, 171, 174, 173
99, 193, 194, 197, 196, 172, 173, 176, 175
100, 194, 195, 198, 197, 173, 174, 177, 176
101, 196, 197, 200, 199, 175, 176, 179, 178
102, 197, 198, 201, 200, 176, 177, 180, 179
103, 199, 200, 203, 202, 178, 179, 182, 181
104, 200, 201, 204, 203, 179, 180, 183, 182
105, 202, 203, 206, 205, 181, 182, 185, 184
106, 203, 204, 207, 206, 182, 183, 186, 185
107, 205, 206, 209, 208, 184, 185, 188, 187
108, 206, 207, 210, 209, 185, 186, 189, 188
109, 211, 212, 215, 214, 190, 191, 194, 193
110, 212, 213, 216, 215, 191, 192, 195, 194
111, 214, 215, 218, 217, 193, 194, 197, 196
112, 215, 216, 219, 218, 194, 195, 198, 197
113, 217, 218, 221, 220, 196, 197, 200, 199
114, 218, 219, 222, 221, 197, 198, 201, 200
115, 220, 221, 224, 223, 199, 200, 203, 202
116, 221, 222, 225, 224, 200, 201, 204, 203
117, 223, 224, 227, 226, 202, 203, 206, 205
118, 224, 225, 228, 227, 203, 204, 207, 206
119, 226, 227, 230, 229, 205, 206, 209, 208
120, 227, 228, 231, 230, 206, 207, 210, 209
121, 232, 233, 236, 235, 211, 212, 215, 214
122, 233, 234, 237, 236, 212, 213, 216, 215
123, 235, 236, 239, 238, 214, 215, 218, 217
124, 236, 237, 240, 239, 215, 216, 219, 218
125, 238, 239, 242, 241, 217, 218, 221, 220
126, 239, 240, 243, 242, 218, 219, 222, 221
127, 241, 242, 245, 244, 220, 221, 224, 223
128, 242, 243, 246, 245, 221, 222, 225, 224
129, 244, 245, 248, 247, 223, 224, 227, 226
130, 245, 246, 249, 248, 224, 225, 228, 227
131, 247, 248, 251, 250, 226, 227, 230, 229
132, 248, 249, 252, 251, 227, 228, 231, 230
133, 253, 254, 257, 256, 232, 233, 236, 235
134, 254, 255, 258, 257, 233, 234, 237, 236
135, 256, 257, 260, 259, 235, 236, 239, 238
136, 257, 258, 261, 260, 236, 237, 240, 239
137, 259, 260, 263, 262, 238, 239, 242, 241
138, 260, 261, 264, 263, 239, 240, 243, 242
139, 262, 263, 266, 265, 241, 242, 245, 244
140, 263, 264, 267, 266, 242, 243, 246, 245
141, 265, 266, 269, 268, 244, 245, 248, 247
142, 266, 267, 270, 269, 245, 246, 249, 248
143, 268, 269, 272, 271, 247, 248, 251, 250
144, 269, 270, 273, 272, 248, 249, 252, 251
145, 274, 275, 278, 277, 253, 254, 257, 256
146, 275, 276, 279, 278, 254, 255, 258, 257
147, 277, 278, 281, 280, 256, 257, 260, 259
148, 278, 279, 282, 281, 257, 258, 261, 260
149, 280, 281, 284, 283, 259, 260, 263, 262
150, 281, 282, 285, 284, 260, 261, 264, 263
151, 283, 284, 287, 286, 262, 263, 266, 265
152, 284, 285, 288, 287, 263, 264, 267, 266
153, 286, 287, 290, 289, 265, 266, 269, 268
154, 287, 288, 291, 290, 266, 267, 270, 269
155, 289, 290, 293, 292, 268, 269, 272, 271
156, 290, 291, 294, 293, 269, 270, 273, 272
157, 295, 296, 299, 298, 274, 275, 278, 277
158, 296, 297, 300, 299, 275, 276, 279, 278
159, 298, 299, 302, 301, 277, 278, 281, 280
160, 299, 300, 303, 302, 278, 279, 282, 281
161, 301, 302, 305, 304, 280, 281, 284, 283
162, 302, 303, 306, 305, 281, 282, 285, 284
163, 304, 305, 308, 307, 283, 284, 287, 286
164, 305, 306, 309, 308, 284, 285, 288, 287
165, 307, 308, 311, 310, 286, 287, 290, 289
166, 308, 309, 312, 311, 287, 288, 291, 290
167, 310, 311, 314, 313, 289, 290, 293, 292

168, 311, 312, 315, 314, 290, 291, 294, 293
169, 316, 317, 320, 319, 295, 296, 299, 298
170, 317, 318, 321, 320, 296, 297, 300, 299
171, 319, 320, 323, 322, 298, 299, 302, 301
172, 320, 321, 324, 323, 299, 300, 303, 302
173, 322, 323, 326, 325, 301, 302, 305, 304
174, 323, 324, 327, 326, 302, 303, 306, 305
175, 325, 326, 329, 328, 304, 305, 308, 307
176, 326, 327, 330, 329, 305, 306, 309, 308
177, 328, 329, 332, 331, 307, 308, 311, 310
178, 329, 330, 333, 332, 308, 309, 312, 311
179, 331, 332, 335, 334, 310, 311, 314, 313
180, 332, 333, 336, 335, 311, 312, 315, 314
181, 337, 338, 341, 340, 316, 317, 320, 319
182, 338, 339, 342, 341, 317, 318, 321, 320
183, 340, 341, 344, 343, 319, 320, 323, 322
184, 341, 342, 345, 344, 320, 321, 324, 323
185, 343, 344, 347, 346, 322, 323, 326, 325
186, 344, 345, 348, 347, 323, 324, 327, 326
187, 346, 347, 350, 349, 325, 326, 329, 328
188, 347, 348, 351, 350, 326, 327, 330, 329
189, 349, 350, 353, 352, 328, 329, 332, 331
190, 350, 351, 354, 353, 329, 330, 333, 332
191, 352, 353, 356, 355, 331, 332, 335, 334
192, 353, 354, 357, 356, 332, 333, 336, 335
193, 358, 359, 362, 361, 337, 338, 341, 340
194, 359, 360, 363, 362, 338, 339, 342, 341
195, 361, 362, 365, 364, 340, 341, 344, 343
196, 362, 363, 366, 365, 341, 342, 345, 344
197, 364, 365, 368, 367, 343, 344, 347, 346
198, 365, 366, 369, 368, 344, 345, 348, 347
199, 367, 368, 371, 370, 346, 347, 350, 349
200, 368, 369, 372, 371, 347, 348, 351, 350
201, 370, 371, 374, 373, 349, 350, 353, 352
202, 371, 372, 375, 374, 350, 351, 354, 353
203, 373, 374, 377, 376, 352, 353, 356, 355
204, 374, 375, 378, 377, 353, 354, 357, 356
205, 379, 380, 383, 382, 358, 359, 362, 361
206, 380, 381, 384, 383, 359, 360, 363, 362
207, 382, 383, 386, 385, 361, 362, 365, 364
208, 383, 384, 387, 386, 362, 363, 366, 365
209, 385, 386, 389, 388, 364, 365, 368, 367
210, 386, 387, 390, 389, 365, 366, 369, 368
211, 388, 389, 392, 391, 367, 368, 371, 370
212, 389, 390, 393, 392, 368, 369, 372, 371
213, 391, 392, 395, 394, 370, 371, 374, 373
214, 392, 393, 396, 395, 371, 372, 375, 374
215, 394, 395, 398, 397, 373, 374, 377, 376
216, 395, 396, 399, 398, 374, 375, 378, 377
217, 400, 401, 404, 403, 379, 380, 383, 382
218, 401, 402, 405, 404, 380, 381, 384, 383
219, 403, 404, 407, 406, 382, 383, 386, 385
220, 404, 405, 408, 407, 383, 384, 387, 386
221, 406, 407, 410, 409, 385, 386, 389, 388
222, 407, 408, 411, 410, 386, 387, 390, 389
223, 409, 410, 413, 412, 388, 389, 392, 391
224, 410, 411, 414, 413, 389, 390, 393, 392
225, 412, 413, 416, 415, 391, 392, 395, 394
226, 413, 414, 417, 416, 392, 393, 396, 395
227, 415, 416, 419, 418, 394, 395, 398, 397
228, 416, 417, 420, 419, 395, 396, 399, 398
229, 421, 422, 425, 424, 400, 401, 404, 403
230, 422, 423, 426, 425, 401, 402, 405, 404
231, 424, 425, 428, 427, 403, 404, 407, 406
232, 425, 426, 429, 428, 404, 405, 408, 407
233, 427, 428, 431, 430, 406, 407, 410, 409
234, 428, 429, 432, 431, 407, 408, 411, 410
235, 430, 431, 434, 433, 409, 410, 413, 412
236, 431, 432, 435, 434, 410, 411, 414, 413
237, 433, 434, 437, 436, 412, 413, 416, 415
238, 434, 435, 438, 437, 413, 414, 417, 416
239, 436, 437, 440, 439, 415, 416, 419, 418
240, 437, 438, 441, 440, 416, 417, 420, 419
241, 442, 443, 446, 445, 421, 422, 425, 424
242, 443, 444, 447, 446, 422, 423, 426, 425
243, 445, 446, 449, 448, 424, 425, 428, 427
244, 446, 447, 450, 449, 425, 426, 429, 428
245, 448, 449, 452, 451, 427, 428, 431, 430
246, 449, 450, 453, 452, 428, 429, 432, 431
247, 451, 452, 455, 454, 430, 431, 434, 433
248, 452, 453, 456, 455, 431, 432, 435, 434
249, 454, 455, 458, 457, 433, 434, 437, 436
250, 455, 456, 459, 458, 434, 435, 438, 437
251, 457, 458, 461, 460, 436, 437, 440, 439
252, 458, 459, 462, 461, 437, 438, 441, 440
*Nset, nset=SET-ZAPATA, generate
1, 462, 1
*Elset, elset=SET-ZAPATA, generate
1, 252, 1
** Section: ZAPATA
*Solid Section, elset=SET-ZAPATA,
material=MAT_ZAPATA
,

**
*Node
1, 0, 1.1021821e-17, 0.
*Elset, elset=ALLELEMENTS, instance=TAMBOR,
generate
1, 552, 1
*Elset, elset=ALLELEMENTS, instance=ZAPATA,
generate
1, 252, 1
*Nset, nset=CENTER
1,
*Nset, nset=EALL, instance=TAMBOR, generate
1, 1195, 1
*Nset, nset=EALL, instance=ZAPATA, generate
1, 462, 1
*Nset, nset=EALL
1,
*Elset, elset=EALL, instance=TAMBOR, generate
1, 552, 1
*Elset, elset=EALL, instance=ZAPATA, generate
1, 252, 1
*Nset, nset=NPADBACK, instance=ZAPATA, generate
3, 462, 3
*Elset, elset=NPADBACK, instance=ZAPATA, generate
2, 252, 2
*Nset, nset=QA_TEST, instance=TAMBOR
2, 16, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66,
67, 68, 69, 70
71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81,
82, 83, 84, 85, 86
87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 243, 244,
245, 246, 247, 248, 249
250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259,
260, 261, 262, 263, 264, 265
266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275,
276, 277, 278, 279, 280, 281
955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964,
965, 966, 967, 968, 969, 970
971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980,
981, 982, 983, 984, 985, 986
987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996,
997, 998, 999, 1000, 1001, 1002
1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011,
1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018
1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027,
1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034
1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043,
1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050
1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059,
1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066
1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074
*Elset, elset=QA_TEST, instance=TAMBOR, generate
393, 552, 1
*Nset, nset=SUPPORT, instance=TAMBOR
3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 96, 97, 98, 99,
100, 101
102, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131,
132, 133, 134, 135, 136
137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147,
148, 149, 150, 151, 152
153, 154, 155, 156, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182,
183, 184, 185, 186, 187
188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198,
199, 200, 201, 202, 203
*Elset, elset=SUPPORT, instance=TAMBOR
41, 48, 51, 58, 60, 64, 65, 68, 72, 75, 78, 85, 89,
90, 93, 96
99, 107, 108, 110, 115, 126, 128, 130, 131, 134, 136, 137,
140, 142, 144, 146
147, 148, 149, 155, 161, 166, 170, 180
*Nset, nset=SYMM, instance=TAMBOR
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 150, 151, 152, 153, 154,
155, 156, 157, 158
159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169,
170, 171, 172, 173, 174
175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185,
186, 187, 188, 189, 190
191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201,
202, 203, 204, 205, 206
207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217,
218, 219, 220, 221, 222
223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233,
234, 235, 236, 237, 238
239, 240, 241, 242, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624,
625, 626, 627, 628, 629
630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640,
641, 642, 643, 644, 645
646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656,
657, 658, 659, 660, 661
662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672,
673, 674, 675, 676, 677
678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688,
689, 690, 691, 692, 693


694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704,
705, 706, 707, 708, 709
710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720,
721, 722, 723, 724, 725
726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736,
737, 738, 739, 740, 741
742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752,
753, 754, 755, 756, 757
758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768,
769, 770, 771, 772, 773
774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784,
785, 786, 787, 788, 789
790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800,
801, 802, 803, 804, 805
806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816,
817, 818, 819, 820, 821
822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832,
833, 834, 835, 836, 837
838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848,
849, 850, 851, 852, 853
854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864,
865, 866, 867, 868, 869
870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880,
881, 882, 883, 884, 885
886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896,
897, 898, 899, 900, 901
902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912,
913, 914, 915, 916, 917
918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928,
929, 930, 931, 932, 933
934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944,
945, 946, 947, 948, 949
950, 951, 952, 953, 954
*Elset, elset=SYMM, instance=TAMBOR, generate
1, 392, 1
*Nset, nset=Set-14
1,
*Nset, nset=Set-15
1,
*Nset, nset=PickedSet44, internal
1,
*Elset, elset= DISTFILM-1_S4, internal,
instance=TAMBOR
393, 398, 401, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 414,
417, 419, 420, 421, 422
423, 424, 425, 427, 433, 438, 441, 443, 444, 445, 446,
447, 448, 449, 454, 457
459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 467, 473, 478, 481,
483, 484, 485, 486, 487
488, 489, 494, 497, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505,
507, 513, 518, 521, 523
524, 525, 526, 527, 528, 529, 534, 537, 539, 540, 541,
542, 543, 544, 545, 547
*Elset, elset= DISTFILM-1_S6, internal,
instance=TAMBOR
394, 395, 396, 397, 399, 400, 402, 410, 411, 412, 413,
415, 416, 418, 426, 428
429, 430, 431, 432, 434, 435, 436, 437, 439, 440, 442,
450, 451, 452, 453, 455
456, 458, 466, 468, 469, 470, 471, 472, 474, 475, 476,
477, 479, 480, 482, 490
491, 492, 493, 495, 496, 498, 506, 508, 509, 510, 511,
512, 514, 515, 516, 517
519, 520, 522, 530, 531, 532, 533, 535, 536, 538, 546,
548, 549, 550, 551, 552
*Surface, type=ELEMENT, name=DISTFILM-1
_DISTFILM-1_S4_S4
_DISTFILM-1_S6_S6
*Elset, elset= DISTFORCE-1_S4, internal,
instance=ZAPATA, generate
2, 252, 2
*Surface, type=ELEMENT, name=DISTFORCE-1
_DISTFORCE-1_S4_S4
*Elset, elset= MASTER_S4, internal, instance=TAMBOR
393, 398, 401, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 414,
417, 419, 420, 421, 422
423, 424, 425, 427, 433, 438, 441, 443, 444, 445, 446,
447, 448, 449, 454, 457
459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 467, 473, 478, 481,
483, 484, 485, 486, 487
488, 489, 494, 497, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505,
507, 513, 518, 521, 523
524, 525, 526, 527, 528, 529, 534, 537, 539, 540, 541,
542, 543, 544, 545, 547
*Elset, elset= MASTER_S6, internal, instance=TAMBOR
394, 395, 396, 397, 399, 400, 402, 410, 411, 412, 413,
415, 416, 418, 426, 428
429, 430, 431, 432, 434, 435, 436, 437, 439, 440, 442,
450, 451, 452, 453, 455
456, 458, 466, 468, 469, 470, 471, 472, 474, 475, 476,
477, 479, 480, 482, 490
491, 492, 493, 495, 496, 498, 506, 508, 509, 510, 511,
512, 514, 515, 516, 517

```

519, 520, 522, 530, 531, 532, 533, 535, 536, 538, 546,
548, 549, 550, 551, 552
*Surface, type=ELEMENT, name=MASTER
  _MASTER_S4, S4
  _MASTER_S6, S6
*Elset, elset= SLAVE_S6, internal, instance=ZAPATA,
generate
  1, 251, 2
*Surface, type=ELEMENT, name=SLAVE
  _SLAVE_S6, S6
** Constraint: Constraint-1
*Rigid Body, ref node=_PickedSet44, pin nset=SUPPORT
*End Assembly
*Amplitude, name=RAMP
  0., 0., 0.001, 1.
*Amplitude, name=RAMP2, definition=SMOOTH STEP
  0., 0., 0.1, 1.
** MATERIALS
**
*Material, name=MAT_TAMBOR
*Conductivity
48.,
*Density
7800.,
*Elastic
2.09e+11, 0.3
*Expansion
1.1e-05,
*Specific Heat
452.,
*Material, name=MAT_ZAPATA
*Conductivity
0.9,
*Density
1550.,
*Elastic
2.2e+09, 0.25, 20.
1.3e+09, 0.25, 100.
5.3e+08, 0.25, 200.
3.2e+08, 0.25, 300.
*Expansion
1e-05, 20.
3e-05, 200.
*Specific Heat
1200.,
**
** INTERACTION PROPERTIES
**
*Surface Interaction, name=INTERF-STEP-1
*Friction
0.37, , , 20.
0.38, , , 100.
0.41, , , 200.
0.39, , , 300.
0.24, , , 400.
0.2, , , 500.
*Gap Conductance, pressure
5e+07, 0.
5e+07, 1000.
*Gap Heat Generation
1., 0.5
**
** PREDEFINED FIELDS
**
** Name: Field-1 Type: Temperature
*Initial Conditions, type=TEMPERATURE
EALL, 20.
** -----
**
** STEP: Step-1
**
*Step, name=Step-1, nlgeom=YES
PRESIONAR LA ZAPATA CONTRA EL TAMBOR
*Dynamic Temperature-displacement, Explicit
, 0.01
*Bulk Viscosity
0.06, 1.2
**
** BOUNDARY CONDITIONS
**
** Name: BC-1 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
SYMM, 3, 3
** Name: BC-2 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 1, 1
CENTER, 2, 2
CENTER, 3, 3
CENTER, 4, 4
CENTER, 5, 5
CENTER, 6, 6
** Name: BC-3 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
NPADBACK, 1, 1
NPADBACK, 2, 2
**
** LOADS
**
** Name: FORCE-1 Type: Pressure
*Dload, amplitude=RAMP
DISTFORCE-1, P, 170000.
**
** INTERACTIONS
**
** Interaction: INTERF-STEP-1
*Contact Pair, interaction=INTERF-STEP-1, mechanical
constraint=KINEMATIC, weight=0., cpset=INTERF-
STEP-1
SLAVE, MASTER
** Interaction: DISTFILM-1
*Sfilm, amplitude=RAMP
DISTFILM-1, F, 20., 100.
**
** OUTPUT REQUESTS
**
*Restart, write, number interval=1, time marks=NO
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-1
**
*Output, field, time marks=YES
*Element Output, elset=EALL, directions=YES
LE,
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-2
**
*Node Output, nset=EALL
NT,
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-3
**
*Node Output, nset=QA_TEST
NT,
**
** HISTORY OUTPUT: H-Output-1
**
*Output, history, variable=PRESELECT, time interval=8e-
05
*End Step
** -----
**
** STEP: Step-2
**
*Step, name=Step-2, nlgeom=YES
ROTAR EL TAMBOR
*Dynamic Temperature-displacement, Explicit
, 0.1
*Bulk Viscosity
0.06, 1.2
**
** BOUNDARY CONDITIONS
**
** Name: BC-4 Type: Displacement/Rotation
*Boundary, amplitude=RAMP2
CENTER, 6, 6, 3.14152
** Name: BC-5 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 1, 1
** Name: BC-6 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 2, 2
** Name: BC-7 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 3, 3
** Name: BC-8 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 4, 4
** Name: BC-9 Type: Displacement/Rotation
*Boundary
CENTER, 5, 5
**
** LOADS
**
** Name: FORCE-1 Type: Pressure
*Dload, amplitude=RAMP
DISTFORCE-1, P, 1.7
**
** OUTPUT REQUESTS
**
*Restart, write, number interval=1, time marks=NO
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-1
**
*Output, field, number interval=50, time marks=YES
*Element Output, elset=EALL, directions=YES
LE,
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-2
**
*Node Output, nset=EALL
NT,
**
** FIELD OUTPUT: F-Output-3
**
*Node Output, nset=QA_TEST
NT,
**
** HISTORY OUTPUT: H-Output-1
**
*Output, history, variable=PRESELECT, time interval=8e-
05
*End Step

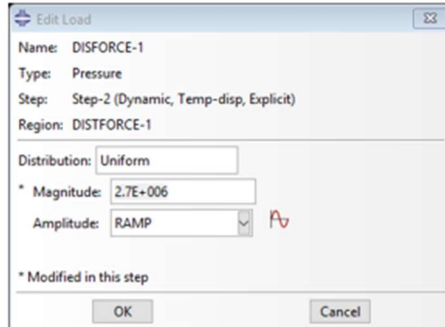
```

4.5 Anexo A, Presentación defensa de tesis

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CD. JUÁREZ</p> <p style="text-align: center;">INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE MANUFACTURA</p> <p style="text-align: center;">ANÁLISIS FINITO DEL CALOR GENERADO EN UN SISTEMA DE FRENOS DE TAMBOR</p> <p style="text-align: center;">PROYECTO QUE PRESENTA Cesar Caín Chávez Sandoval</p> <p style="text-align: center;">ASESOR M.C. Juan Antonio López Rodríguez</p> <p style="text-align: center;">COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE Maestría en Ingeniería en Manufactura</p> 
<p style="text-align: center;"><i>“Una idea no es ni más ni menos que una nueva combinación de viejos elementos”</i></p> <p style="text-align: right;"><i>-James Webb Young</i></p> <p style="text-align: right;"><small>https://www.eoi.es/blogs/innovando/2013/01/28/la-innovacion-a-traves-de-citas/</small></p>

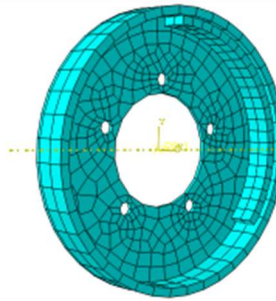
Metodología (cont.):

Puesto que el frenado se da mediante una fuerza, ésta la agregaremos en el módulo de carga (*Load*), .



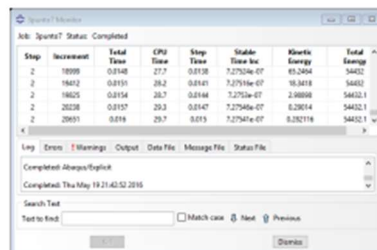
Metodología (cont.):

Para facilitar la solución del modelo lo fraccionamos en el módulo de malla (*Mesh*), el tipo de malla que usaremos es C3D8RT enfocado a la solución de problemas donde la temperatura es un factor.



Metodología (cont.):

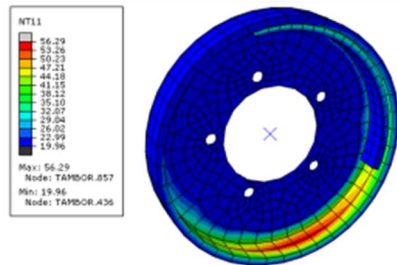
Los análisis se crean y se corren en el módulo de trabajo (*Job*). Aquí también podemos monitorear y tener una vista previa de los resultados.



Step	Increment	Total Time	CPU Time	Step Time	Stable Time	Kinetic Energy	Total Energy
2	18088	0.8148	27.7	0.8138	7.2751e-07	61.2654	54432
2	18412	0.8151	28.2	0.8141	7.2751e-07	16.8418	54432
2	18625	0.8154	28.7	0.8148	7.2751e-07	2.98898	54432.1
2	20208	0.8157	29.3	0.8147	7.2751e-07	0.28914	54432.1
2	20601	0.816	29.7	0.815	7.2751e-07	0.282118	54432.1

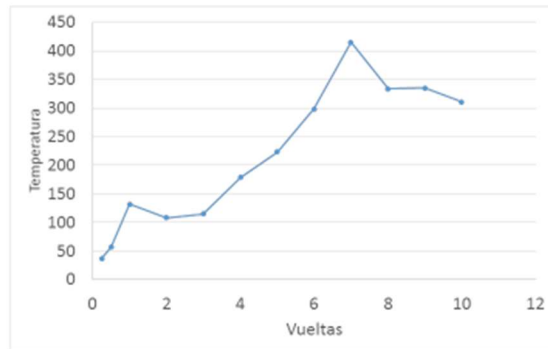
Metodología (cont.):

Para visualizar los resultados de los diferentes análisis en el módulo de visualización vemos estos resultados tanto en una forma numérica y visual, así como una forma dinámica (*Visualization*).



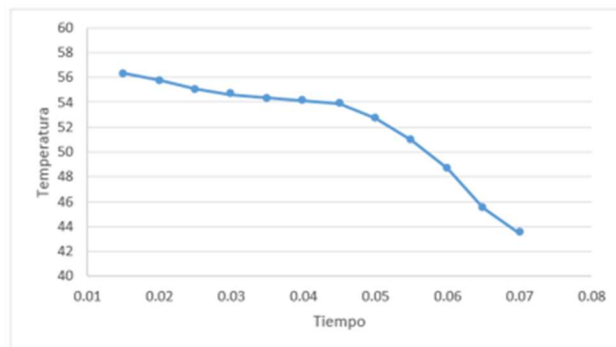
Resultados:

Relación de temperatura _ incrementando las vueltas manteniendo el tiempo.



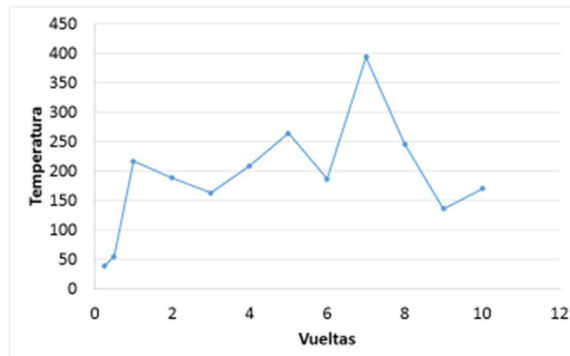
Resultados:

Relación de temperatura _ Manteniendo las vueltas incrementando el tiempo



Resultados:

Relación de temperatura _ incrementando el tiempo y el número de vueltas



Conclusiones:

Las dos primeras graficas muestran una tendencia de acuerdo a lo esperado según el tiempo y las vueltas de los parámetros de entrada, aunque en la tercer curva la gráfica tiene un comportamiento no lineal, es necesario analizar más a detalle pues puede ser el resultado de valor en el coeficiente de fricción que no se mantiene constante y varía de acuerdo a la temperatura.

Por lo que se puede concluir que la hipótesis nula no se rechaza.

Recomendaciones:

Para conocer más el comportamiento del modelo recomiendo generar una matriz de las diferentes variables de entrada y correr los análisis correspondientes para visualizar su efecto en la temperatura generada como variable de salida.

Futuros proyectos:

Este trabajo solo cubre la parte térmica del sistema de frenos de tambor, pero estos están también sometidos a otro tipo de esfuerzo y otros factores por lo que se pueden desarrollar los siguientes proyectos.

- Esfuerzos mecánicos.
- Esfuerzos térmico-mecánicos.
- Desgaste en los materiales de fricción.
- Selección de materiales (Zapatas, tambor)
- Rediseño de mecanismos de accionamiento.
- Optimización de diseño para disminuir el tiempo de disipación de la temperatura.
- Mecanismos externos de enfriamiento.
- Modelo físico para comprobación de los análisis.

Entre otros.

Gracias

Bibliografía

- [1] E. F. O. Garza, «Estrategias y ventajas competitivas,» 1 3 2007. [En línea]. Available: <http://www.gestiopolis.com/estrategias-y-ventajas-competitivas/>. [Último acceso: 27 5 2016].
- [2] C. FEA, «Side by side comparison chart of 69 mechanical Finite Element Analysis (FEA) programs,» FEA Compare, 15 03 2016. [En línea]. Available: <http://feacompare.com/sortbyfeatures.html>.
- [3] O. Maluf, M. Angeloni, M. T. Milan, D. Spinelli y W. W. Bose Filho, «DEVELOPMENT OF MATERIALS FOR AUTOMOTIVE DISC BRAKES,» *Pequisa e Tecnologia MINERVA*, vol. 1, n° 4, p. 10.
- [4] A. S. B. (Eng), «Aerodynamic Cooling of Automotive Disc Brakes,» RMIT University, Bundoora, 2006.
- [5] D. A. Q. Jimenez, «Los 7 principales sistemas del automovil,» Sociedad y Tecnología, 11 8 2008. [En línea]. Available: <http://www.sociedadtecnologia.org/blog/view/26378/los-7-principales-sistemas-del-automovil>. [Último acceso: 15 10 2015].
- [6] D. Meganeboy, «Sistema de Frenos (Tambor),» Aficionados a la Mecánica, 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>.
- [7] D. Meganeboy, «Sistema de Frenos (Disco),» Aficionados a la Mecánica, 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>.
- [8] «ANSYS,» ANSYS, Inc., 2015. [En línea]. Available: <http://www.ansys.com>.
- [9] S. Dassault, «ABAQUS UNIFIED FEA,» Dassault Systems, 2016. [En línea]. Available: <http://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/>.
- [10] ., «Abaqus FEA software - Finite Element Analysis - Dassault Systèmes,» Dassault Systèmes, 2002-2015. [En línea]. Available: <http://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/latest-release/>.
- [11] A. J. Pérez Mitre, «Análisis y optimización con interacción de Dummy, de la carrocería del automóvil “Tubolare SAND CAR” de Tecnoidea SA de CV, en impacto frontal empleando el método de elementos finitos en ALGOR FEA, mediante la simulación de eventos mecánico,» Universidad de las Américas Puebla, Cholula, 2004.
- [12] R. S. KHURMI y J. K. GUPTA, «Brakes,» de *Machine Design*, NEW DELHI, EURASIA PUBLISHING HOUSE (PVT.) LTD., 2005, pp. 917-961.
- [13] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, «Clutches, Brakes, Couplings, and Flywheels,» de *Shigley's Mechanical Engineering Design*, New York, NY, McGraw-Hill Education., 2015, p. 1082.
- [14] D. Chan y G. W. Stachowiak, «Review of automotive brake friction materials,» School of Mechanical Engineering, University of Western Australia, Crawley, Australia, 2004.
- [15] A. Neys, «In-Vehicle Brake System Temperature Model,» CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden, 2012, 2012.
- [16] RACC, «¿Qué factores pueden influir en la distancia de detención de nuestro vehículo?,» 10 Octubre 2011. [En línea]. Available: <http://consejosconducir.racc.es/es/que-factores-pueden-influir-en-la-distancia-de-detencion-de-nuestro-vehiculo>.
- [17] J. H. Valencia, *Guía N° 1 de Mecánica Automotriz*, Atacama, 2005.
- [18] S. Dassault, «SolidWorks,» Solid Works Corp., 2015. [En línea]. Available: <http://www.solidworks.com/default.htm>.