



FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA

en opción al título de Ingeniero Mecánico

Rediseño de tamboras de freno para el tren trasero para ómnibus Yutong

Autor: Ernesto Galano Leyva

Tutores: Dr. C. Isnel Rodríguez González. Prof. Titular
Ing. Maribel Cañete Útria.
Ing. Eider Gresesqui Lobaina. Prof. Instructor

Moa, 2017

“Año 59 de la Revolución”

PENSAMIENTO

"...Frecuentemente digo que cuando usted puede medir lo que está hablando y expresarlo en número, usted sabe algo de ello, pero cuando usted no pueda expresarlo en número su conocimiento es pobre y de una calidad poco satisfactoria; puede ser el principio del conocimiento, pero en sus pensamientos usted apenas ha avanzado al estado de ciencia, cualquiera que sea el asunto de que se trate..."

William Thompson

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Ernesto Galano Leyva autor de este trabajo de Diploma y los tutores Dr.C Isnel Rodríguez Fernández, Ing. Maribel Cañete Utria y el Ing. Eider Gresesqui Lobaina declaramos la propiedad intelectual de este servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando estime conveniente.

Tutor: Dr.C Isnel Rodríguez Fernández

Ing. Eider Gresesqui Lobaina

Ing. Maribel Cañete Útria

Diplomante: Ernesto Galano Leyva

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis familiares, en especial a mis padres Ebeida Leyva Pelegrin y Ernesto Galano Leyva que son el motivo de todo lo que he logrado y seguiré logrando en mi vida.

A mi hermana Sunerhi Galano Gonzales que le sirva de ejemplo.

A mi Tio Gerardo Galano Leyva que siempre me apoyo en todas mis decisiones confiando en que si podía lograr lo que yo quería.

A mis compañeros de aula.

A nuestra revolución, por las posibilidades que me ofrece.

AGRADECIMIENTO

Luchar por un porvenir mejor es el esfuerzo diario de un hombre cuando tiene una convicción segura de su futuro, reconoce el valor de aquellos que han brindado sus experiencias, conocimientos y literaturas técnicas.

Agradezco a mis familiares y a todas aquellas personas que de una manera u otra han contribuido a la realización de este trabajo de diploma; a mis tutores Dr.C. Isnel Rodríguez González, Ing. Maribel Cañete Utria y el Ing. Eider Gresesqui Lobaina, a los profesores del departamento de mecánica, trabajadores de La Empresa Mecánica del Níquel y a los del taller de la Empresa de Servicio a la Unión del Níquel.

A nuestros compañeros de aula y a la revolución cubana que nos ha dado la oportunidad de formarnos como profesional.

A todos muchas gracias.

INTRODUCCIÓN

Entre las prioridades económicas en Cuba se encuentra la sustitución de importaciones, prioridad que se define en dos aspectos importantes, el primero es no depender por completo de recursos ajenos, pues como se sabe hace muchos años se presentan dificultades con el suministro de piezas de repuesto y acceso a fuentes de financiamiento, dificultando la importación de recursos afectando así la economía del país, se crea un impacto a la sociedad; el segundo es mejorar los resultados económico-productivos al disminuir el costo de producción o servicios. La industria del Níquel cuenta con empresas productoras de concentrados de níquel y cobalto, además hay otras que brindan servicios a estas empresas productoras.

Las empresas constituyen una fuente fundamental en la sustitución de importaciones y la disminución de costos por concepto de mantenimiento, aumentando las utilidades. Una de ellas es la Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche” cuyo objetivo es mantener la disponibilidad técnica y operacional de la Industria cubana del níquel, garantizando la fabricación, mantenimiento y reparación de piezas y equipos.

La empresa se creó con el fin de fabricar las piezas de repuesto fundamentalmente para las industrias del níquel y sus instalaciones, sin dejar fuera a otras instalaciones. Estos talleres reciben los planos de diferentes departamentos con diseños propuestos para la fabricación, mantenimientos y reparaciones requeridas. Estos departamentos hacen un análisis detallado de cada situación y emiten una respuesta segura para cada una de ellas. Uno de estos departamentos es el departamento de Ingeniería donde se encuentran un grupo de ingenieros capacitados para proponer diseños para la fabricación de cualquier pieza. Uno de los diseños propuestos en esta instalación es la fabricación de tamboras traseras para Ómnibus Yutong, manteniendo la disponibilidad de esta pieza producto a las barreas que se nos presenta en su importación.

Las mencionadas tamboras son de vital importancia, debido a que los ómnibus constituyen un medio de transporte para los obreros, lo mayormente se hace en los ómnibus Yutong. La provincia cuenta con gran número de estos equipos, de las cuales una cantidad determinada se encuentra en el taller sin explotación, debido a la falla de las tamboras de freno.

Situación problemática

En la base de transporte de la ESUNi, en el municipio de Moa, existe un parque de ómnibus Yutong ZK6118HGA- 6, encargadas de transportar a los obreros de diferentes industrias. Estas vienen presentando problemas en el tren de rodaje trasero producto a las constantes fractura de las tambores que se fabrican mediante el proceso de fundición, las fallas ocurren particularmente en los agujeros por donde se conectan los espárragos, todo esto debido a la poca resistencia mecánica, esta rotura tiene dos direcciones predominantes una desde el agujero hasta la parte superior y otra desde el agujero hasta el cubo de la tambora produciéndose siempre de manera radial, lo que conduce a la paralización del tren de rodaje dejando a los ómnibus fuera de servicio. La rotura de los mismos influye de manera negativa en el transporte público, ya que se dispondrá de menor equipamiento y por tanto se reduce la capacidad de transportación, afectando los horarios de viaje lo que provoca pérdidas económicas por recaudación de abono del pasaje, así como por intervenciones imprevistas de mantenimiento. Las tambores desechadas, por lo general, son enviadas a las cunetas de las carreteras o pasan a formar parte del material no utilizable en los patios de los talleres de mantenimiento y reparación, hecho que afecta el medioambiente de dichos talleres.

Problema

Frecuentes roturas de las tambores de freno del tren trasero para Ómnibus Yutong de la Empresa de Servicio a la Unión del Níquel, en el municipio de Moa.

Objeto de estudio

Tambores traseros de freno para Ómnibus Yutong de la base de transporte de la Empresa de Servicio a la Unión del Níquel.

Objetivo general

Proponer el rediseño y la tecnología de fundición de las tambores traseros de freno, que garantice la resistencia mecánica y un incremento de la durabilidad para las condiciones de explotación de los ómnibus Yutong, de la base de transporte de la Empresa de Servicio a la Unión del Níquel, según el equipamiento disponible en la Empresa Mecánica del Níquel “Gustavo Machín Hoed de Beche”.

Campo de acción

Rediseño de las tambores traseros de frenado para ómnibus Yutong.

Hipótesis

Si se desarrolla un análisis de las cargas, que actúan en el tren trasero, para el instante de frenado, la distribución de tensiones, así como de los materiales empleados en la fabricación de tambores de freno de los ómnibus Yutong, entonces se podrá proponer un diseño y una tecnología de fabricación, por fundición, que responda a las condiciones actuales de explotación de esos equipos en la Empresa de Servicios a la Unión del Níquel, en el municipio de Moa, de acuerdo con el equipamiento disponible en la Empresa Mecánica del Níquel “Gustavo Machín Hoed de Beche”.

Objetivos específicos

1. Analizar el diseño y las condiciones de explotación para las tambores traseros actuales, de ómnibus Yutong.
2. Proponer un diseño que mejore la geometría de las tambores traseros para las condiciones de explotación actuales.
3. Desarrollar la tecnología de fundición que responda al nuevo rediseño, de las tambores traseros, según las condiciones existentes en la Empresa Mecánica del Níquel.

Tareas

1. Establecer el estado del arte sobre la explotación y mecanismos de frenado.
2. Análisis del rediseño de las tambores traseros actuales.
3. Evaluación del rediseño de las tambores traseros, desarrollado en la empresa Mecánica del Níquel.
4. Propuesta del rediseño para mejorar la geometría y la resistencia de las tambores traseros.
5. Desarrollo de la tecnología de fundición para al nuevo rediseño de las tambores traseros.
6. Valoración de los resultados, efectos económicos y ambientales.

RESUMEN

En este trabajo se realiza una valoración para proponer un rediseño de tamboras traseras de ómnibus Yutong fabricadas por fundición en la Empresa Mecánica del níquel, "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche", con el objetivo de mejorar sus parámetros de trabajo, teniendo en cuenta que estas están presentando dificultades debido a la aparición de grietas entre orificios de ventilación. Para evitar esto se propuso cambiar parte de la geometría, aumentando el espesor de la cara donde se encuentran los agujeros de sujeción, se redujo el número de orificios de ventilación y se redondearon los bordes inferiores de los mismos. Con los cambios realizados se logró reducir el nivel de concentraciones de tensiones en un 51,71 %, con respecto al diseño original. Se realizó la tecnología de fundición para el nuevo diseño, demostrando que son necesarias 4 mazarotas, además, se determinó que para la producción de las mismas es necesario invertir 657,38 (CUP+CUC).

SUMMARY

In this work an evaluation to propose a redesign of Yutong bus rear drums made by casting in the Nickel Mechanic Company, "Commander Gustavo Machín Hoed de Beche", with the aim of improving their work parameters, taking into account that these are presenting difficulties due to the appearance of cracks among ventilation holes. To avoid this, it was proposed to change part of the geometry, increasing the thickness where the holes where the studs are subjected, reducing the number of ventilation holes and rounding the lower edges of the studs. With these changes, it was possible to reduce the stresses concentrations zone to 51,71% with respect to the current design. In addition, it was determined that these modifications do not negatively influence for the casting process and the investment for produces it is 657,38 (CUP+CUC).

índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y ACTUALIDAD DEL TEMA	4
1.1. Introducción.....	4
1.2. Transporte de pasajeros y de carga.....	4
1.2.1. Condicionamientos naturales de la red de transporte	5
1.2.2. Condicionamientos espaciales de la red de transporte.....	6
1.2.3. Tipos de transporte público	6
1.2.3.1. Transporte terrestre.....	6
1.2.3.2. Transporte aéreo.....	8
1.2.3.3. Transporte acuático.....	9
1.2.4. Perfeccionamiento del transporte de personal en Cuba	10
1.2.5. Frecuencia de averías en los equipos de transporte de pasajeros	10
1.2.6. Sistemas de freno	11
1.2.6.1. Frenado en los automóviles	11
1.2.6.2. Clasificación de los frenos.....	12
1.2.6.2.1. Frenos por fricción	12
1.2.6.2.2. Otros tipos de tipos de frenos	13
1.2.6.3. Tipos de frenos más utilizados	13
1.2.7. Historia de las tambores de freno	16
1.2.7.1. Materiales para la elaboración de las tambores freno.....	17
1.2.7.2. Diseño de tambores de frenos en autos	19
1.3. Obtención de piezas fundidas	19
1.3.1. Influencia de los materiales de moldeo	20
1.3.1. Secuencia de los procesos de fundición	21
1.4. Estado actual de los procesos de fabricación de tambores	23
1.5. Conclusiones del capítulo 1	24
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1. Introducción.....	25
2.2. Determinación de la disponibilidad de los carros para transporte de pasajeros	25
2.3. Determinación de los esfuerzos en las tambores de freno	26
2.3.1. Cálculo del radio dinámico	28
2.4. Análisis visual de las fracturas presentes en la tambora	31
2.5. Selección y preparación de muestras	31

2.5.1.	Ensayos de desgaste gravimétrico	32
2.5.2.	Análisis metalográfico	33
2.5.3.	Determinación de la composición química del material	34
2.6.	Simulación por el método de elementos finitos	34
2.6.1.	Pasos a seguir para la ejecución del método de elemento finito	34
2.6.2.	Modelación de la tambora trasera	35
2.6.3.	Cargas y restricciones	35
2.7.	Tecnología de la fabricación por fundición de las tambores traseras	36
2.7.1.	Parámetros del cálculo para la obtención de piezas por fundición	36
2.7.1.1.	Cálculo de los espesores mínimos de pared	36
2.7.1.2.	Determinación de la posición de la pieza en las cajas de moldeo	37
2.7.1.3.	Análisis de las sobremedidas de maquinado	38
2.7.1.4.	Análisis de la contracción de fundición	38
2.7.1.5.	Cálculo de la masa de la pieza	39
2.7.1.6.	Dimensiones de los orificios fundidos	39
2.7.1.7.	Determinación de la inclinación de la plantilla	39
2.7.1.8.	Determinación del plano divisor de la plantilla y el molde	40
2.7.1.9.	Determinación de la proyección del macho y sus portadas	41
2.7.1.10.	Cálculo del rechupe específico	41
2.7.1.11.	Cálculo y diseño de las mazarotas	41
2.7.1.12.	Cálculo de la cantidad de mazarotas	42
2.7.1.13.	Cálculo de las dimensiones de las mazarotas	42
2.7.1.14.	Cálculo del sistema de alimentación	43
2.7.1.14.1.	Cálculo de la sección de alimentación	43
2.7.1.14.2.	Cálculo de la duración del vertido	44
2.7.1.14.3.	Cálculo de las áreas del sistema de alimentación	44
2.7.1.15.	Determinación de las dimensiones de las cajas de moldeo	45
2.8.	Conclusiones del capítulo 2	45
CAPITULO 3. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS		46
3.1.	Introducción	46
3.2.	Disponibilidad de los ómnibus Yutong	46
3.3.1.	Cálculo del sistema de frenado	47
3.3.2.	Radio dinámico	47
3.3.3.	Momento de frenado sobre las ruedas del eje trasero	47

3.4. Análisis de la observación visual.....	49
3.5. Selección y preparación de las muestras.....	50
3.5.1. Ensayos de desgaste gravimétrico	50
3.5.2. Composición química del material	52
3.6. Modelación por el método de elementos finitos de la tambora trasera	52
3.7. Tecnología de fundición para la fabricación de tambora trasera.....	55
3.7.1. Cálculo de los espesores mínimos de pared	55
3.7.2. Análisis de las sobremedidas de maquinado	55
3.7.3. Masa de la pieza	55
3.7.4. Orificios en la pieza	56
3.7.5. Análisis de la contracción de fundición	56
3.7.6. Proyección de los machos y sus portadas	56
3.7.7. Cálculo del rechupe específico en el Fe- 21 Ni.....	56
3.7.8. Cantidad de mazarotas que se emplean.....	57
3.7.9. Cálculo de las dimensiones de las mazarotas	57
3.7.10. Cálculo de la sección de alimentación	58
3.7.11. Cálculo de la duración del vertido	58
3.7.12. Cálculo de las áreas del sistema de alimentación.....	58
3.8. Evaluación económica.....	59
3.9. Impacto medioambiental de la producción de tambores de freno	59
3.10. Conclusiones del capítulo 3	59
CONCLUSIONES GENERALES.....	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y ACTUALIDAD DEL TEMA

1.1. Introducción

Para desarrollar un estudio competente en todos los sentidos, se necesita puntualizar los aspectos teóricos que permitirán llevar a cabo la investigación propuesta, además de dominar el estado del arte de la temática analizada, realizando una revisión bibliográfica que permita la orientación de los objetivos del trabajo. Para de esta manera nutrirnos de ideas anteriores y poder llegar a conclusiones claras y veridicas, salvandonos así de posibles errores a causa de falta de experiencia.

Objetivo del capitulo:

Puntualizar los aspectos teóricos que permitan actualizar el conocimiento sobre el transporte de pasajeros, así como materiales utilizados para la fabricación, por fundición, de tambores de freno.

1.2. Transporte de pasajeros y de carga

El transporte es una actividad del sector terciario, entendida como el desplazamiento de objetos o personas de un lugar (punto de origen) a otro (punto de destino) en un vehículo (medio o sistema de transporte) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte), como se muestra en la figura (1.1). Esta ha sido una de las actividades terciarias que mayor expansión ha experimentado a lo largo de los últimos dos siglos, debido a la industrialización; al aumento del comercio y de los desplazamientos humanos tanto a escala nacional como internacional; y los avances técnicos que se han producido y que han repercutido en una mayor rapidez, capacidad, seguridad y menor coste de los transportes (Aparicio *et al*, 1995).

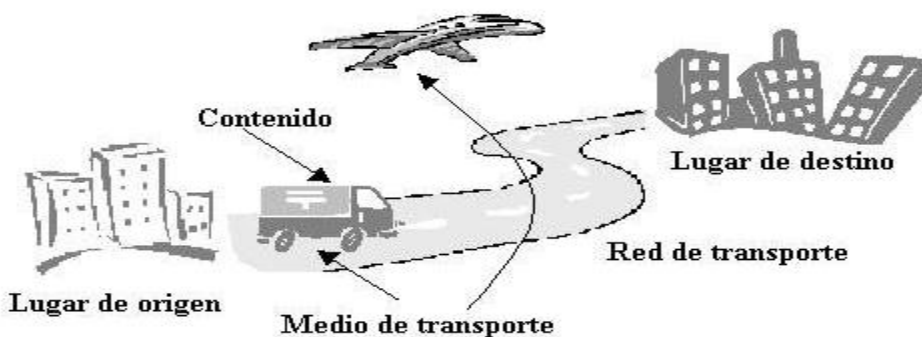


Figura 1.1 Definición de transporte (Aparicio *et al*, 1995).

Los medios de transporte son los diferentes sistemas o maneras de desplazar un determinado contenido de un lugar a otro. Estos se clasifican en medios terrestres (ferrocarril, automóvil), aéreos (avión) o acuáticos (fluviales o marítimos), cada uno de los cuales necesitará unas infraestructuras diferentes para su funcionamiento: Vías férreas y estaciones para el tren, carreteras para los automóviles, aeropuertos para los aviones, y puertos náuticos para los barcos.

La red de transporte es la infraestructura necesaria para la circulación de los vehículos que transportan las mercancías o las personas. Suelen estar dispuestas en el territorio conectando los núcleos de población de tal manera que se genere una red o malla de diferente densidad dependiendo del tráfico generado en la zona, normalmente las redes más densas se sitúan en torno a los nudos o lugares en los que se conectan varios ejes o sirven de intercambiador entre medios de transporte diferentes (carretera-aeropuerto; carretera-puerto; ferrocarril-carretera...).

La existencia de unas u otras redes de transporte, o de la mayor o menor densidad de las mismas viene determinada por una serie de factores condicionantes, históricos, naturales o espaciales (Aparicio *et al*, 1995).

Acontecimientos históricos o decisiones tomadas en el pasado, como la localización de la capital estatal, políticas más o menos centralistas, conflictos internos y externos, pueden haber influido en el diseño de la red de transporte.

1.2.1. Condicionamientos naturales de la red de transporte

El relieve o el clima determinan de una manera importante los ejes de transportes. Así pues, el ferrocarril o la carretera se han de adaptar al relieve, siguiendo el paso natural por los puertos de montaña o bien salvar estos accidentes mediante la construcción de túneles, viaductos. También el relieve es un condicionante para la localización de aeropuertos (para facilitar la maniobrabilidad de los aviones) y de puertos (que necesitan un determinado calado para el acceso de los barcos). El clima condiciona el transporte por carretera o ferrocarril en invierno, debido a las posibles nevadas o heladas, mientras que el transporte fluvial se va a ver determinado tanto por el invierno (ríos helados) como en verano (estiaje de los ríos).

1.2.2. Condicionamientos espaciales de la red de transporte

La distribución de los asentamientos de población en el territorio, así como la localización de las industrias, las materias primas y las fuentes de energía influyen de manera decisiva en la red de transporte, tanto en la densidad de la misma como en la conectividad de los ejes.

1.2.3. Tipos de transporte público

El transporte puede ser clasificado de varias maneras de forma simultánea. Por ejemplo, referente al tipo de viaje, al tipo de elemento transportado o al acceso. El transporte de pasajeros generalmente se clasifica en transporte público y el transporte privado. A continuación, se clasifican los tipos de transporte público que existen: transporte terrestre, aéreo y acuático (Aparicio *et al*, 1995).

1.2.3.1. Transporte terrestre

El transporte terrestre es aquel cuyas redes se extienden por la superficie de la tierra. Sus ejes son visibles, debido a que están formados por una infraestructura construida previamente por la que discurren las mercancías y las personas. Así pues, existen redes de carreteras, caminos, ferrocarriles y otras redes especiales (eléctricas, de comunicaciones, oleoductos y gaseoductos). Se denominó flujo al tráfico que circula por la red de transporte, mientras que la capacidad es el flujo máximo que es capaz de absorber la red.

Estas redes de transporte terrestre se pueden clasificar en función de su densidad en tres tipos: **ejes aislados**, que serían aquellos que unen exclusivamente dos puntos en el territorio, lugar de producción y de consumo (redes de algunas zonas de países desarrollados en los que la población es escasa los recursos naturales no son explotados); **redes poco estructuradas**, en la que existen varios ejes, conectados o no entre sí, sin que exista una jerarquización entre ellos (redes de países subdesarrollados); **redes estructuradas**, son aquellas en las que existe un elevado número de ejes, conectados entre sí y organizados de una manera jerárquica, lo que facilita el transporte por todo el territorio (redes de países desarrollados) (Aparicio *et al*, 1995).

- **Transporte por carretera:** es el más importante en la actualidad tanto para mercancías como para personas, debido al gran desarrollo de los vehículos públicos y privados,

(coches, camiones o autobuses). Su ventaja radica en la gran flexibilidad que presenta, pues no se restringe a seguir unas rutas fijas como el ferrocarril, sino que dada la interconexión de los diferentes ejes se puede llegar a cualquier lugar siguiendo las carreteras. Como desventajas presentan el elevado coste de construcción y mantenimiento de las infraestructuras viarias o la congestión generada debido al aumento de los flujos.

El origen de esta red hay que buscarla en los antiguos caminos de herradura que fueron transformados desde finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX en carreteras. Además, se han ido construyendo nuevas vías que han ido facilitando el transporte y jerarquizando la red, así se encontraron redes viarias compuestas por autopistas, autovías, vías rápidas, carreteras de diferentes anchos y caminos asfaltados o ripiados. En los países desarrollados, la red es densa y altamente jerarquizada, constituyendo el principal objetivo de las autoridades el mantenimiento de las infraestructuras ya construidas y la transformación en autopistas de las vías de circulación más densas; mientras que, en los países subdesarrollados, la red es bastante menos densa y presenta problemas de acondicionamiento, asfaltado, sinuosidad (Aparicio et al, 1995).

- **Transporte por ferrocarril:** su principal ventaja radica en su capacidad para transportar grandes volúmenes de mercancías, que se contrapone con su inflexibilidad, pues únicamente puede alcanzar los lugares a los que lleguen las vías férreas. Su desarrollo se concentró en el siglo XIX en el seno de los países desarrollados, siendo soporte de la primera revolución industrial. La mayor parte de la red ferroviaria procede de esos momentos. Durante el siglo XX, le surgieron grandes competidores, como el avión para el transporte de viajeros de larga distancia o el transporte por carretera para la corta distancia y las mercancías. El ferrocarril se ha adaptado a las nuevas circunstancias desarrollando más velocidad, mayor confort y especialización en el tráfico de mercancías (contenedores, cisternas, vagones frigoríficos...). El futuro del ferrocarril está en las redes de Alta velocidad, que actualmente se están diseñando, como es el caso de la red europea (Aparicio et al, 1995).

- **Transportes especiales:** estas redes son exclusivas para transportar un único producto, como el petróleo a través de oleoductos, el gas a través de gaseoductos, la

energía eléctrica a través de las redes de Alta tensión, o la información a través de la red telefónica.

1.2.3.2. Transporte aéreo

El transporte aéreo se ha desarrollado a lo largo del siglo XX, con especial incidencia a partir de la segunda mitad del siglo, cuando los avances técnicos aplicados a la aviación (motor a reacción, sistemas de vuelo...) han producido aviones más rápidos, seguros y de mayor capacidad. En un principio su uso civil era casi exclusivamente para el transporte de viajeros, y de mercancías poco voluminosas, aunque con el paso del tiempo van adquiriendo mayor importancia otro tipo de mercancías, que necesitan una rápida distribución. En el transporte de viajeros, se ha experimentado un claro aumento de los usuarios, debido tanto al aumento del número de plazas disponibles, como a la bajada de las tarifas aéreas, así como la diversificación de los destinos tanto a largo (más de 4000 km) como a corto recorrido (alrededor de 1000 km).

El transporte aéreo necesita para su funcionamiento de aeropuertos, que son enormes infraestructuras dedicadas a las operaciones aéreas. Las mismas son grandes consumidoras de espacio, tanto para las pistas de aterrizaje y despegue como para las edificaciones, las que poseen: hangares (lugares de almacenamiento y reparación de los aviones), terminales de viajeros y mercancías, aparcamientos, almacenes, edificios de servicios, entre otros. Los aeropuertos suelen ser nudos de comunicación de varios medios de transporte, por lo que a sus inmediaciones llegan autopistas, carreteras o líneas de ferrocarril, que facilitan la comunicación con el resto del país.

La presencia de aeropuertos induce a la localización en torno a ellos de una serie de actividades económicas relacionadas con él, tales como hoteles, empresas de alquiler de vehículos, empresas de transporte urgente, centros de negocios, etc., que generan una dinámica económica muy importante en la zona (Aparicio *et al*, 1995).

1.2.3.3. Transporte acuático

El transporte acuático es el realizado mediante barcos, pudiéndose distinguir entre el transporte fluvial (por ríos y canales) y el marítimo. Su principal ventaja radica en poder transportar mercancías voluminosas a bajo coste, mientras que en contrapartida la velocidad del transporte es bastante menor. Esta velocidad ha provocado la decadencia del transporte de viajeros de larga distancia (copado por el transporte aéreo), mientras que

en las cortas distancias se mantienen en formas de ferries y cruceros (barcos relativamente rápidos que cubren frecuentemente líneas de pasajeros de corta distancia).

Tanto el transporte fluvial como el marítimo necesita de puertos para prestar sus servicios, estas infraestructuras sirven para la interconexión entre diferentes medios de transporte, por lo que deberán tener las edificaciones y almacenes necesarios para el desarrollo de su actividad (Aparicio *et al*, 1995).

- **Transporte fluvial.** Los ríos son excelentes vías para adentrarse en los continentes, aunque no todos los ríos son navegables, dependiendo del caudal, el relieve del cauce (que no formen rápidos ni cataratas), del clima (algunos ríos se hielan en invierno y otros se secan en verano), de la compatibilidad con otros usos (represas para abastecimiento humano, producción de energía, regadío), etc. A pesar de estos condicionantes, existen numerosas redes de transporte fluvial en el mundo, como en el Reino Unido o en el norte de Europa, en la que se han unido varios ríos mediante canales (Aparicio; Vera; Díaz., 1995).

- **Transporte marítimo.** Está centrado en la actualidad prácticamente en el transporte de mercancías, quedando el de pasajeros reducido a los viajes de placer o cruceros y al transporte de corta distancias realizados por de los Ferry. El desarrollo de la marina mercante se ha basado en el aumento del tonelaje de los barcos (capacidad de las bodegas), la especialización (barcos dedicados al transporte de un solo producto: petroleros, barcos frigoríficos, porta contenedores, etc.) y cierto aumento de la velocidad. Estas transformaciones han hecho que se reduzca el coste del transporte de las mercancías. Por otra parte, el aumento del comercio marítimo ha redundado en la necesidad de mayores espacios para almacenes, contenedores, industrias asociadas a productos transportados por barco (refinerías, petroquímicas, etc.), con lo que los puertos han crecido considerablemente, alejándose del centro de las ciudades portuarias (Aparicio *et al*, 1995).

1.2.4. Perfeccionamiento del transporte de personal en Cuba

Para resolver el déficit de ómnibus en el país se toman alternativas, una de ellas es la contratación en China de los primeros ómnibus Yutong como se muestra en la figura (1.2), eso en el año 2007. Ya en el año 2009 se contaba en nuestro País con 5348 ómnibus, lo

cual nos ha desarrollado considerablemente la transportación de trabajadores, estudiantes y personal que desean viajar fuera de sus hogares. Para lograr el mantenimiento de estos ómnibus se necesita la importación sistemática de piezas de repuesto, tales como las tamboras de los ómnibus Yutong, entre ellas las traseras que son las que más se averían producto al gran peso que esta tiene que soportar. Como nuestro país no tiene las suficientes libertades para el negocio internacional con las grandes potencias para la importación de estas piezas, la Empresa de Ómnibus Nacionales y la Industria Militar solicitaron el desarrollo de esta tecnología para obtener la fabricación de las tamboras traseras para ómnibus Yutong.



Figura 1.2 Primeros ómnibus Yutong en Cuba provenientes de China

1.2.5. Frecuencia de averías en los equipos de transporte de pasajeros

El correcto uso y mantenimiento periódico son los medios eficientes de prolongar la vida útil y lograr un rendimiento económico de los autobuses. Realizar un mantenimiento adecuado y efectuar la reparación de acuerdo con las normas estándares, es una de las condiciones indispensables para que los autobuses logren el mejor efecto social y económico. Cuando se violan estos principios surgen con gran periodicidad averías que sacan a los equipos de circulación, unas de las más frecuentes son:

- Avería de la válvula protectora de cuatro bucles.
- El freno pierde funcionamiento de repente.

- El freno arrastra y atasca.

1.2.6. Sistemas de freno

Se denomina freno, a todo dispositivo capaz de modificar el estado de movimiento de un sistema mecánico mediante fricción, pudiendo incluso detenerlo completamente absorbiendo la energía cinética de sus componentes y transformándolo en energía térmica.

Los frenos son sistemas mecánicos que mediante rozamiento permite regular la velocidad de movimiento de los árboles y otros elementos, bien disminuyendo o bien manteniéndola.

Los frenos son elementos de máquinas que absorben la energía cinética o potencial en el proceso de detener una pieza que se mueve o reducir la velocidad de esta. La energía absorbida se disipa en forma de calor. La capacidad de un freno depende de la presión unitaria entre las superficies de energía que están siendo absorbidas. El comportamiento de un freno es análogo al de un embrague, con la diferencia que un embrague conecta una parte móvil con otra parte móvil, mientras que el freno conecta una parte móvil con una estructura.

Es utilizado en numerosos tipos de máquinas. Su aplicación es especialmente importante en los vehículos, como automóviles, trenes, aviones, motocicletas o bicicletas (Luque *et al.*, 2005).

1.2.6.1. Frenado en los automóviles

Se tiene una idea general de lo que son los frenos; pero si se quiere progresar un poco más en el conocimiento se debe llegar a conceptos fundamentales: Para contrarrestar toda la cantidad de movimiento que pueda tener un automóvil rodando a una cierta velocidad, si se quiere detener, se tendrá que oponer un esfuerzo resistente que sea capaz de transformar toda esa energía de movimiento hasta conseguir su detención. A esa energía del movimiento se le va a llamar Energía Cinética. (Del griego *KINOS-OU* que significa movimiento), y la forma más rápida es transformarla en calor, haciendo que dos superficies colocadas convenientemente se froten entre sí enérgicamente. La ley ya nos marca pautas de actuación, puesto que nos exige una serie de características que deben cumplir los dispositivos de frenado. Las más importantes: rapidez y eficacia para que el vehículo pueda ser parado e inmovilizado en las pendientes más pronunciadas. Ya

resuelto como transformar la energía cinética en calor, pero lo de hacerlo rápidamente y con eficacia. El primer problema que se plantea es que el contacto de las ruedas con el suelo no debe disminuir repentinamente y mucho menos desaparecer. Volviendo al concepto de energía cinética como cantidad de movimiento para prever que cuanto más peso y sobre todo cuanta más velocidad lleve el vehículo tanto más difícil será detenerlo en un corto espacio de tiempo y de recorrido. Es precisamente el concepto de energía cinética.

El material plástico de la superficie de la rueda (goma) sufre con el peso una deformación y se va incrustando en las pequeñas irregularidades del terreno de manera que se forman una especie de dientes de engranaje que se van acoplando con los del terreno en que se apoya. Enseguida se nos ocurre, por tanto, que la calidad de la goma y las condiciones del terreno tienen una influencia fundamental. También el peso. Quiero decir, que todas estas condiciones que en conjunto se pueden llamar adherencia, tienen que ser capaces de ir soportando la fuerza de energía cinética mientras se va transformando en calor. Pero como la adherencia cuando llega a su valor máximo, si se supera, cae en picado, es imprescindible ir dosificando el esfuerzo de frenado para no superar ese límite. Por todo esto, precisamente y para acercarse a las mejores condiciones, se diseñan y se colocan en el automóvil toda una serie de dispositivos que se deben conocer (Luque *et. all.*, 2005).

1.2.6.2. Clasificación de los frenos

Teniendo en cuenta los elementos que intervienen en la acción del frenado, se clasifican los frenos en: frenos de zapatas, frenos de banda y frenos de disco. Cualquiera de estos puede estar operado por un sistema hidráulico, mecánico, magnético y neumático.

1.2.6.2.1. Frenos por fricción

Los frenos de fricción están diseñados para actuar mediante fuerzas de fricción, siendo este el medio por el cual se transforma en calor la energía cinética del cuerpo a desacelerar. Siempre constan de un cuerpo fijo sobre el cual se presiona un cuerpo a desacelerar. Son muy utilizados en los vehículos (Luque; Álvarez; Vera., 2005).

- **Frenos de cinta o de banda:** Utilizan una banda flexible, las mordazas o zapatas se aplican para ejercer tensión sobre un cilindro o tambor giratorio que se encuentra solidario

al eje que se pretenda controlar. La banda al ejercer presión, ejerce la fricción con la cual se disipa en calor la energía cinética del cuerpo a regular.

- **Freno de disco:** Un freno de disco es un dispositivo cuya función es detener o reducir la velocidad de rotación de una rueda. Hecho normalmente de acero, está unido a la rueda o al eje.
- **Freno de tambora:** El freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.
- **Freno de llanta:** Utilizan como cuerpo móvil la llanta de una rueda. Son muy utilizados en bicicletas y existen varios tipos.

1.2.6.2.2. Otros tipos de tipos de frenos

Según el tipo de accionamiento el freno puede ser:

- Frenos neumáticos
- Frenos mecánicos
- Frenos hidráulicos
- Freno de estacionamiento
- Freno eléctrico. Hay dos tipos: freno regenerativo y freno reostático. Cuando utiliza los sistemas de tracción eléctrica se denomina freno dinámico.

1.2.6.3. Tipos de frenos más utilizados

Existen dos tipos de freno de preferencia para los automóviles, el de tambor o tambora y el de disco.

- **Frenos de tambor:** El freno de tambor fue durante muchos años el único empleado en los automóviles, y aunque todavía quedan coches que funcionan con este sistema, en la actualidad se utilizan sólo en las ruedas traseras, montando en las delanteras, y con frecuencia también en las traseras, frenos de disco. El mecanismo consta de un tambor, que es el elemento móvil, por lo general realizado en hierro fundido, solidaria al cubo de la rueda, en cuyo interior, al pisar los frenos, se expande unas zapatas de fricción en forma de “C” que presionan contra la superficie interna del tambor como se muestra en la figura (1.3). Este tipo de frenos se utiliza en las ruedas traseras de algunos vehículos. Presenta

la ventaja de poseer una gran superficie de fricción; sin embargo, disipa muy mal el calor generado por la frenada. Los frenos de tambor están constituidos por los siguientes elementos (Luque; *et al*, 2005):

- Tambor unido al buje del cual recibe movimiento.
- Plato porta freno donde se alojan las zapatas que rozan con dicho tambor para frenar la rueda.
- Sistema de ajuste automático.
- Actuador hidráulico.
- Muelle de recuperación de las zapatas.

Ventajas

- Efecto autofrenante.
- Mayor superficie frenante.
- Posibilidad de usar materiales fricción más blandos.
- Posibilidad sencilla de freno de mano. - Costo reducido.

Desventajas

- Dificultad evacuación del calor.
- Aumento del recorrido del pedal por dilatación.
- Mayor posibilidad de bloqueo de rueda.
- Mayor posibilidad de “FADE”.
- Operaciones de mantenimiento más costosas.

• **Frenos de disco:** el freno de disco se monta en la casi totalidad de las ruedas delanteras y también en muchas traseras, sobre todo en vehículos de grandes prestaciones. El sistema de frenos está compuesto por un disco metálico que gira solidario con la rueda y que es presionado axialmente por dos pastillas de material sintético que son empujadas por una pinza como se muestra en la figura (1.3). El sistema transforma la energía cinética del giro de la rueda en energía calorífica que es disipada a la atmósfera. Para ello las pastillas son empujadas por la pinza cuando el conductor presiona el pedal del freno.

El rozamiento de la pastilla contra el disco es el encargado de realizar la transformación de la energía. Las pinzas pueden ser de varios tipos dependiendo de su anclaje y del número de pistones con que empujan a las pinzas, las más usadas son las de pistón y de anclaje

flotante, pero también existen fijas con dos pistones opuestos. En competición se utilizan pinzas de freno con pinzas muy largas que necesitan cuatro, seis y hasta ocho pistones opuestos.

Otro tipo de pinzas son las oscilantes y las deslizantes, pero no suelen emplearse en los vehículos (Luque; *et al*, 2005).

Ventajas

- Capacidad de refrigeración.
- Frenada progresiva.
- Estabilidad.
- La dilatación del disco favorece la frenada.
- Facilidad de instalación y reposición de pastillas.

Desventajas

- Mayor esfuerzo en el pedal.
- Necesidad de servofreno.
- Material de fricción más duro.
- Menor eficacia en frío.
- Necesidad de un freno de mano adicional.
- Mayor costo.

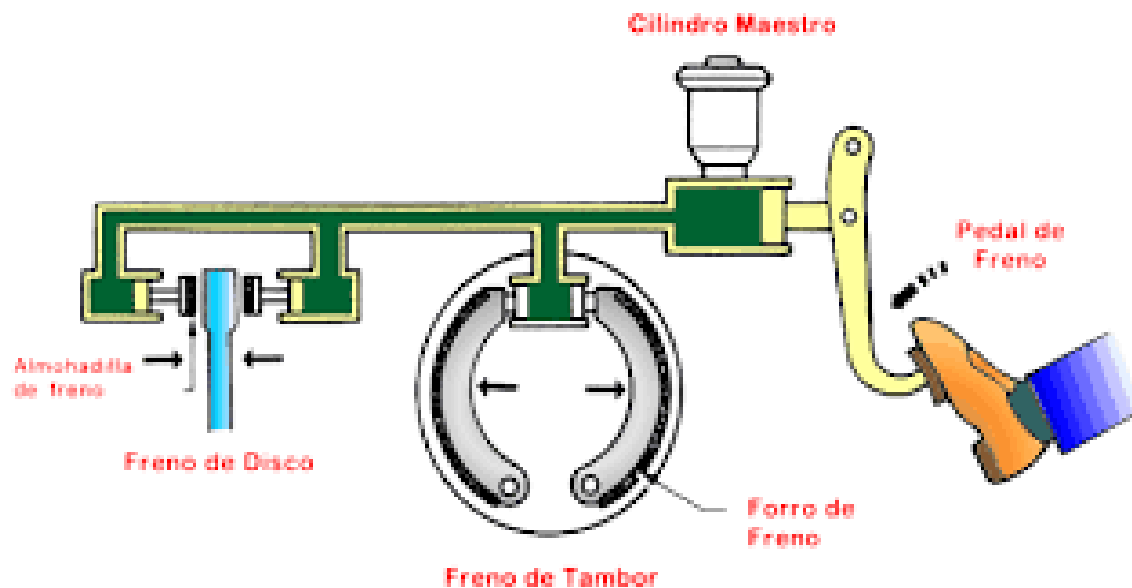


Figura 1.3. Esquema de freno de tambor y frenos de disco (Gutiérrez, 2014)

1.2.7. Historia de las tambores de freno

Los frenos de tambora modernos se inventaron en 1902 (Gutiérrez, D 2014) por Louis Renault, aunque un tipo de freno similar pero menos sofisticado ya se había usado por *Wilhelm Maybach* un año antes. En los primeros diseños las zapatas eran dirigidas mecánicamente; a mediados de los años 1930 se introdujo un sistema hidráulico por medio de un aceite especial, si bien el sistema clásico se siguió utilizando durante décadas en algunos modelos. En la figura 1.4 se muestra una tambora trasera de Ómnibus Yutong, mientras que en la 1.5 se expone el mecanismo interior de un freno de tambora.



Figura 1.4 Tambora de freno de ómnibus Yutong (Sagarra, 2015)

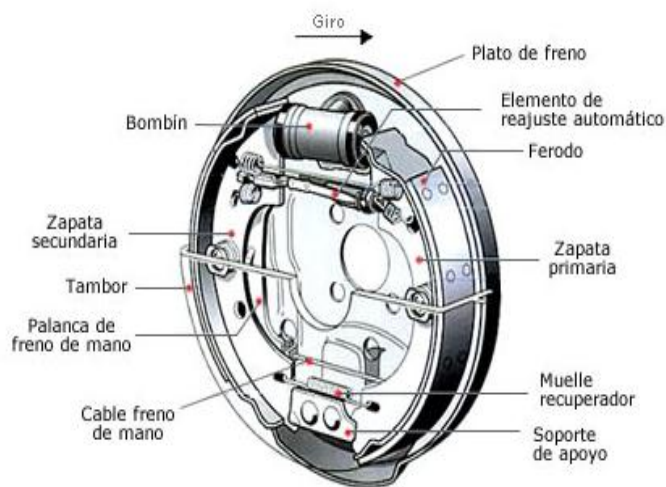


Figura 1.5. Mecanismo interior de un freno de tambora (Gutiérrez, 2014)

1.2.7.1. Materiales para la elaboración de las tambores freno

El material que se emplea para fabricar los tambores de freno, es la Fundición Gris, ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el periodo de vida de las tambores. También son sometidos a estudios de dureza, para así estar en el rango que corresponde a una calidad excelente.

Las tambores de freno deben ser de 207-255 HB (Grados Brinel) de dureza, la composición básica del material de las tambores de freno es una Fundición Gris que contiene aproximadamente un 92 % de hierro y el 8 % restante de los componentes, con esta composición se garantiza la calidad de un elemento de frenado (Alberto, 2012).

El hierro fundido o hierro colado al igual que el acero, es una aleación formada principalmente por hierro y carbono y se diferencia de este en: mayor contenido de carbono, así como de las impurezas como fósforo, azufre, manganeso y silicio. Desde el punto de vista tecnológico tiene mayor fluidez, poca propensa a la deformación plástica (mayor fragilidad) (Reinosa, 2012).

La microestructura de los hierros fundidos está formada por grafito en estado libre y por una base, pueden ser:

1. Perlíticos: la estructura está formada por perlita y grafito, la perlita contiene aproximadamente 0,8 % carbono.
2. Ferríticos: su estructura consta de ferrita y grafito, prácticamente todo el carbono estará en forma de grafito.
3. Ferríticos-perlíticos: la estructura estará formada de ferrita, perlita y grafito, la cantidad de carbono que se combina con el hierro será aproximadamente de 0,8 %.

Como se ha dicho anteriormente, las propiedades de los hierros fundidos dependen de la base metálica y de la forma en que se encuentra el grafito.

Sin embargo, la propiedad del hierro fundido gris fundamentalmente se determina por la forma del grafito y éstas no se cambian por medio del tratamiento térmico, pues el tratamiento térmico en los hierros fundidos grises se utiliza con el fin de aumentar las propiedades mecánicas.

El tratamiento térmico en los hierros fundidos tiene como fines específicos:

- Eliminar tensiones internas surgidas durante la solidificación de la aleación.
- Disminuir la dureza y mejorar la maquinabilidad de la pieza fundida.
- Cambiar las propiedades mecánicas de la pieza variando la base metálica.

El tratamiento térmico para los hierros fundidos puede dividirse en dos grupos: los que aumentan y los que reducen la estabilidad de la estructura.

Los primeros se refieren a aquellos que como resultado de la grafitización, homogenización, esferoidización, coalescencia, descomposición de la austenita y a la correspondiente transformación de los productos de esta descomposición (austenita $\Rightarrow$ martencita) o (austenita $\Rightarrow$ trostita $\Rightarrow$ sorbita $\Rightarrow$ perlita). A estos corresponden los distintos regímenes de recocido y revenido, en resultado de los cuales las fases inestables o relativamente estables se transforman en otras más estables. A los segundos se refieren aquellos regímenes de tratamientos térmicos que conducen a la formación de fases menos estables: disminución del grado de grafitización (grafito $\Rightarrow$ cementita) o la formación de soluciones sobresaturadas y fases más dispersas de otras menos dispersas. Estos procesos se realizan por medio del temple y la normalización. Es importante señalar que la mayoría de los casos de tratamiento térmico cambia solamente la estructura de la matriz y no influye en la forma de las inclusiones de grafito (Reinosa, 2012).

1.2.7.2. Diseño de tambores de frenos en autos

Lo más importante en cualquier sistema, con de tambora de freno, son las zapatas, los forros y los tambores. Es necesaria una gran maestría de parte de los ingenieros y metalúrgicos para el proyecto de tambores, zapatas, forros para un equipo determinado, de manera que soporten la presión aplicada y el calor, conservando la eficacia para el frenado.

Es relativamente sencillo hacer tambores de frenos que soporten la presión aplicada y hacer los tambores de freno buenos conductores de calor. Mantener efectivo el frenado, sin embargo, es mucho más complicado, debido a que los tambores de freno se calientan debido al frenado, algunas veces tanto, que los tambores se dilatan (aumentando su diámetro). Sin embargo, las zapatas de freno no absorben calor a través de los forros tan

rápido como los tambores. El calor se produce en la superficie exterior de la zapata, y, en consecuencia, el radio de la zapata del freno no se dilata con la misma rapidez que el tambor. Con el diámetro del tambor aumentando y el de la zapata (o cerca) de su tamaño original. El área total, de forro total afectada se reduce, disminuyendo la fuerza de frenado. Por otra parte, entre aplicaciones de freno, el tambor se enfría más aprisa que las zapatas, contrayendo al tambor hasta (o cerca) de su diámetro original. Al mismo tiempo las zapatas de freno han absorbido calor del tambor y se dilatan, aumentando su radio. Bajo esta circunstancia, es posible que el radio de la zapata llegue a ser mayor que el radio del tambor y, por tanto, cuando se aplican los frenos, puede resultar que la fuerza de frenado disminuya. Debido a muchos factores evidentes que hay que considerar en el proyecto de tambores y zapatas, se fabrican de forma muy variada (Andrade, A. 2012).

El diámetro del tambor del freno, la anchura de la superficie de rozamiento, el tipo de material, tamaño de los tornillos, forma en la que están colocados, todos son factores correlacionados con las necesidades de los frenos y la aplicación que se les quiera dar.

1.3. Obtención de piezas fundidas

Desde los años 7000-4000 a.n.e. se estima que el hombre tuvo sus primeros contactos con metales en estado natural, como fueron el oro, la plata y el cobre; sin embargo, el arte de producir piezas fundidas ha ido evolucionando con el decursar de los años, hasta llegar a ser una técnica muy difundida.

La edad de los metales comenzó en el cercano oriente en el cuarto milenio antes de Cristo y constituyó la última fase de la prehistoria, inmediatamente anterior a la aparición de la escritura.

Si bien el hombre había perfeccionado cada vez más las técnicas para labrar la piedra, sus instrumentos seguían siendo toscos y su uso era limitado, ya que se quebraban y gastaban con facilidad.

En esta etapa le daban forma golpeándolo con algún objeto, de acuerdo a la herramienta que necesitaban, más adelante, aprendieron a fundirlo; vaciándolo en moldes tallados sobre piedras blandas podían hacer instrumentos de cualquier tamaño y forma; sin embargo con esa técnica las piezas obtenidas eran toscas, debido a su escaso e incompleto acabado superficial, por lo que su uso se vio limitado; constituyendo la

obtención de piezas por fundición una de las actividades laborales más antiguas del hombre (Capello, 1966)

Con el paso del tiempo las técnicas de moldeo se han ido desarrollando hasta llegar a la actualidad, en el Taller de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, situado en el municipio Moa, para la producción de moldes se utiliza el método de moldeo en verde a partir de arena y arcilla y por otro lado el método de moldeo químico con el empleo de resina furánica, siendo este último método el más productivo, además asegura mayor calidad de la superficie de la pieza fundida, mejora el control de las dimensiones, aminora los plazos de elaboración de las piezas, reduce los costos de mantenimiento, entre otros beneficios.

1.3.1. Influencia de los materiales de moldeo

Debido a que las selecciones de los materiales empleados para la construcción de moldes tienen una gran importancia en la obtención de piezas fundidas, si no se utilizan materiales adecuados y de buena calidad, las piezas fundidas que se obtengan presentarán deficiencias, tales como, aspecto rugoso o huecos, rajaduras, rechupes. Defectos provocados por una mezcla imperfecta en la confección de moldes, a continuación, se citan las propiedades que deben reunir los materiales a emplear para el moldeo.

Tienen que ser plásticos es decir deben permitir una preparación cómoda del molde, de ella depende que el material reproduzca de manera exacta la forma de la plantilla de la pieza fluyendo y aglomerándose alrededor del mismo.

Han de ser consistentes y resistentes, sin ser impermeables, es decir deben soportar los efectos de la colada sin que se produzcan desmoronamientos o roturas del molde a causa de la presión del metal líquido.

Deben ser porosos; es decir poseer una permeabilidad suficiente para dejar escapar los gases que se desarrollan durante la colada.

Refractarios para soportar las altas temperaturas de la fundición sin romperse, agrietarse o fundirse, además no deben vitrificarse, es decir no debe cubrirse la pieza fundida con una masa fundida.

Malos conductores del calor a fin de que el enfriamiento de la colada se efectúe en forma paulatina (Salcines, 1985).

1.3.2. Secuencia de los procesos de fundición

La posibilidad de fundir un metal o una aleación depende de su composición (fijada por el intervalo de solidificación), temperatura de fusión y tensión superficial del metal fundido. Todos estos factores determinan su fluidez. Se utilizan tres tipos de fundición (Gutiérrez, 2007):

- En lingoteras se usa la fundición de primera fusión a la que se añaden los elementos de aleación necesarios que posteriormente se depositan en lingoteras de colada por gravedad o a presión.
- Colada continua en este tipo se eliminan las bolsas de aire y las secreciones, tanto longitudinales como transversales. Mediante este sistema se obtienen barras, perfiles.
- Fundición en moldes se extraen las piezas completas.

Las etapas del proceso de fundición por el método en moldes perdidos de arena con fraguado en frío mediante resina furánicas y catalizador utilizado en la UEB fundición de la empresa mecánica del níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche” consta de las etapas siguientes:

1. Estudio de factibilidad
2. Elaboración de la tecnología de fundición (carta tecnológica).
3. Elaboración de la Plantilla
4. Preparación de la mezcla y confección del Molde
5. Ensamble del Molde.
6. Preparación de la carga
7. Vertido de la aleación
8. Desmolde, limpieza y acabado
9. Tratamiento térmico.
10. Certificación de calidad del producto fundido

Una vez confeccionada la tecnología de fundición y plasmada en la carta tecnológica (documento que rige las exigencias y secuencia de operación en todas las etapas del proceso), el proceso de fabricación se desarrolla en tres aristas de forma simultánea.

Cada una de las etapas del proceso presenta características y particularidades que son necesarias controlar para obtener piezas fundidas libre de defectos. De modo que a

continuación se exponen las características principales de cada etapa del proceso de obtención de piezas fundidas.

- Estudio de factibilidad es realizado por el especialista en mercadotecnia, el cual posee amplios conocimientos de fundición, y es el responsable de brindarle al cliente las especificaciones del producto que se le puede fabricar atendiendo a las exigencias de sus necesidades en cuanto a piezas fundidas y el precio de su producto.
- Elaboración de la carta tecnológica es realizado por los tecnólogos de fundición quienes plasman en un documento la secuencia de operación y las especificaciones de los productos a utilizar en cada una de las etapas del proceso.
- Elaboración de la plantilla una vez confeccionada la tecnología de fundición y plasmada en la carta tecnológica, se procede a la elaboración de la plantilla, en madera, con las exigencias plasmada en el documento.
- Elaboración de la mezcla y el molde confeccionado la plantilla, se procede a la elaboración de la mezcla; para el caso de la mezcla de fraguado en frío con resina y catalizador, se dispone de un equipo mezclador capaz de mezclar según proporciones recomendada por la carta, las cantidades de arena, resina y catalizador, y es depositada sobre la plantilla en una caja metálica, para elaborar el molde, donde al fraguarse la mezcla y retirarse la plantilla quedará confeccionado el molde.
- Ensamble de los moldes los moldes preparados son trasladado al área de ensamble donde se unen las dos partes del molde (parte inferior y parte superior) que formarán la pieza en su conjunto y se introduce de ser necesarios los machos que formarán las cavidades interiores. Dejando de esta forma el molde listo para recibir el metal líquido que se solidificará en su interior.
- Preparación de la carga simultáneamente en la medida que se confecciona el molde se elabora la carga metálica, que se fundirá en los hornos de inducción la cual garantizará la aleación de la pieza contenida en la documentación tecnológica.
- Vertido de la aleación fundida la carga metálica en los hornos de inducción se extrae el metal de los hornos a la temperatura recomendada por la documentación y es vertida a temperatura definida en los moldes confeccionados para la pieza.

- Desmolde, limpieza y acabado una vez vertido el metal líquido en el molde se deja en reposo el tiempo establecido en la carta y luego se procede a su desmoldeo y limpieza superficial.
- Tratamiento térmico Se efectúa el tratamiento térmico en hornos a fines al proceso, calentando la pieza en dicha instalación hasta una temperatura establecida que permita lograr en la pieza fundida la estructura interna deseada según la composición química de la aleación que garantice la estabilidad durante su posterior utilización.
- Certificación de calidad del producto fundido Es efectuado por el especialista de calidad quien inspecciona y certifica la calidad del producto fundido a entregar al cliente con las especificaciones del documento tecnológico.

1.4. Estado actual de los procesos de fabricación de tambores

La fabricación de piezas aplicando las técnicas de fundición comienza primeramente con análisis detallado del plano de la pieza para determinar su factibilidad, en la cual el tecnólogo de fundición determina los parámetros técnicos para la elaboración de la plantilla y las demás secuencias de operaciones hasta obtener la pieza, para lograr este objetivo se tiene en cuenta el material a emplear, el tipo de moldeo que se debe de aplicar, el tipo de horno a utilizar, los materiales de carga que se van a emplear, se determina la pintura, la temperatura de vertido, el tiempo de reposo del molde antes de fundir y después de fundida la pieza. Las tambores de freno se obtienen mediante el proceso de fundición gris, lo cual provoca un mecanizado fácil, resistente al desgaste, el calor, etc. Para evitar que la tambora de freno debido a su trabajo producido presente una deformación, se toma de 13-18 mm el espesor de la pared en este caso que es el de autos pesados, además nos sirve para mejorar la rigidez y aumentar el efecto de enfriamiento (Proaño, M. 2014)

1.5. Conclusiones del capítulo 1

- Se efectuó una exploración bibliográfica admitiendo la orientación sobre el transporte público y los frenos en los automóviles.
- La bibliografía consultada reporta importantes contribuciones al desarrollo de técnicas de fundición, para los hierros que garanticen obtener piezas fundidas de calidad.

Siendo:

D - disponibilidad, %.

$TPPP$ - tiempo promedio para el periodo, h.

$TPPR$ - tiempo promedio para la reparación h.

2.3. Determinación de los esfuerzos en las tambores de freno

Se define como fuerza de frenado la que se desarrolla en el contacto neumático-calzada como reacción al par que se opone al movimiento de giro de dicho neumático, estando limitada principalmente por la adherencia. Si se supera el límite de adherencia del contacto rueda-calzada, se produce el bloqueo de la rueda.

Los pares de frenado en las ruedas que no tienen tracción son debidos a las fuerzas que genera el sistema de frenos, como consecuencia de la fricción de las pastillas o zapatas contra los discos o los tambores de freno. En el caso de las ruedas tractoras, los pares que se oponen al giro de la rueda pueden ser debidos al motor, al sistema de frenos o a la suma de ambos.

Los pares de frenado debidos al sistema de frenado se pueden generar con dos de los dispositivos que exige el Reglamento, con el freno de servicio (freno de pie) o con el freno de estacionamiento (freno de mano). Si se actúa con el freno de servicio, al presionar sobre el pedal de freno se incrementa la presión en el circuito, convirtiéndose esta, en los dispositivos de las ruedas, en pares M_{fd} y M_{ft} aplicados en sentido opuesto a su movimiento. Cuando esto sucede, el suelo reacciona con una fuerza sobre el neumático, denominada fuerza de frenado, que tratara de mantenerlo girando.

El dispositivo que genera el par de frenado en las ruedas, lo que el Reglamento define como freno, puede ser un freno de disco o un freno de tambor. La forma de generar el par en ambos es muy similar. Si se dispone de un freno de disco, al incrementar la presión en el circuito de frenos se desplazan unas “pastillas” que, al rozar contra el disco, generan una fuerza de fricción de valor $F_{f-disco}$ aplicada a una distancia del eje de la rueda. En el caso de que el freno sea de tambor, el proceso por el cual se genera el par es similar, donde el cálculo se realiza por la metodología de cálculo a emplear será la propuesta por Szczepaniak y Aragón (1974).

$$M_f = F_{f\text{-tam}} \cdot r_{\text{tam}} . \quad (2.2)$$

Donde r_{tambor} , es el radio medio del tambor de freno, donde se supone aplicada la fuerza de frenado en dicho tambor.

Si se utiliza el diagrama del cuerpo libre de la rueda (Figura 2.1), la relación entre el par de frenado debido al sistema de frenos y la fuerza de frenado en el suelo será:

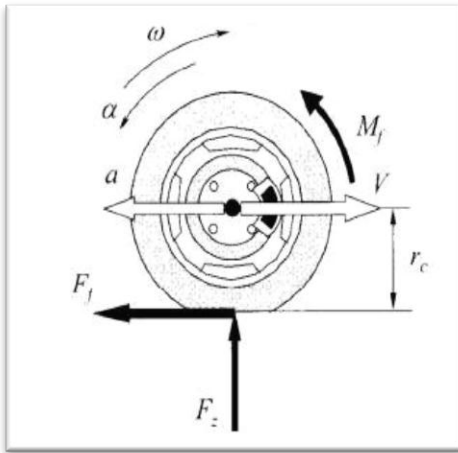


Figura 2.1. Diagrama del cuerpo libre de la rueda.

$$\mathbf{M}_f - \mathbf{F}_f \cdot \mathbf{r}_c = \mathbf{I} \cdot \alpha \quad (2.3)$$

Dónde:

r_c - es el radio bajo carga del neumático, que puede considerarse igual al radio efectivo.

I- es el momento de inercia de todas las masas unidas a la rueda.

α - es la aceleración angular de la rueda.

F_f - es la fuerza de frenado que se genera en el suelo.

Por tanto, el par de reacción del suelo sobre la rueda será:

$$\mathbf{M}_f = \mathbf{F}_f \cdot \mathbf{r}_c. \quad (2.4)$$

Si se le aplica esta teoría a la Yutong y considerando la ficha técnica del equipo (Anexo 1), donde se relaciona el peso del puente trasero y delantero, entre otros datos extraídos del Manual de Introducción del Autobús de Serie ZK6118HGA, se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$M_{ht} = r_{dt} \cdot P_{ht}$$

un brazo de momento respecto del pasador igual a $r - a \cdot \cos\theta$. El momento M_f de las fuerzas de fricción es:

[illegible]

Siendo:

f - coeficiente de fricción que depende de las propiedades del material

a - distancia entre el pasador de la articulación y el centro de la tambora.

r - radio de la tambora

Es conveniente integrar la ecuación para cada problema, por lo cual se la mantendrá en esta forma:

$$M_{ff} = \frac{f \cdot p_a \cdot b \cdot r}{\sin \theta_a} \left[(r - a \cdot \cos \theta_2 - \frac{a}{2} \sin^2 \theta_2) \right]. \quad 2.10$$

Donde:

p_a - es la presión máxima

b - ancho de la zapata

El brazo de momento de la fuerza normal respecto del pasador es $a \cdot \sin\theta$. Designando el momento de las fuerzas normales por M_N y sumándolas respecto del pasador de la articulación se obtiene:

[illegible]

Una vez integrada la ecuación se obtiene que:

[illegible]

La fuerza de accionamiento F debe equilibrar estos momentos de la siguiente manera:

[illegible]

Aquí se observa que existe una condición de fuerza de accionamiento cero. En otras palabras, si $M_N = M_{ff}$ se logra el autobloqueo y no se requiere fuerza de accionamiento,

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

$$T_R = \frac{f \cdot p_a \cdot b \cdot r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\sin \theta_a} \quad (2.18)$$

[illegible]

[illegible]

$M_{f'}$ - es el momento de la fuerza de fricción

$$T_L = \frac{f \cdot p_a \cdot b \cdot r^2 (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{\sin\theta_a} 2.21$$

p_a - es la presión máxima en la zapata izquierda

[illegible]

Las grietas presentes en la superficie de la tambora se observaron visualmente para recolectar información pertinente que verifique el estado que rige en la pieza luego de la explotación. Con esto se puede emitir un criterio de cuál debe ser la prueba de laboratorio a realizar para una mejor caracterización de los defectos vigentes y un pronóstico de mejora (Barsom, 1994).

En la UEB de Fundiciones de la Empresas Mecánica del Níquel Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche, donde se fabrican tambores de freno en dos únicas aleaciones, se pudieron obtener dos probetas metálicas representativas de cada aleación, mediante el vertido del metal líquido en un molde previamente confeccionado, de cada una se cogió un ejemplar y se le aplicó el tratamiento térmico que llevan los tambores (normalizado). En conjunto con estas muestras se escoge un ejemplar de los tambores fabricados por China Zhengzhou Yutong Group Ltd., Co, de HT 250 como patrón, de igual forma se compararon las tres aleaciones con la norma ASTM A 159-83 (*Reapproved* 1993) la cual plantea que para las piezas de tambores de frenos, se exige que se fabriquen de hierro gris con un material grado G3500b, compuestos según la tabla 1.2, con una dureza HB= 207 - 255, Φ impresión Brinell= 4,2 – 3,8 mm (bola Φ 10 mm, carga de 3000 kg), grafito Tipo VII,

dimensiones clases 3 - 5, distribución A con matriz de perlita laminar según ASTM A 247-67 (*Reapproved* 1998).

Se realizaron operaciones de preparación y pulido en el laboratorio de Ciencia de los Materiales del ISMMM, para lo que se siguió la siguiente secuencia:

1. Fresado: las secciones de corte se maquinaron en una fresadora vertical 6P-125 con refrigeración constante.
2. Rectificado: se rectificaron dos caras en una rectificadora horizontal 6T-82-1 con refrigeración continua y los análisis se realizaron en dichas caras.
3. Pulido: se utilizó una pulidora metalográfica modelo *Rathenow*-43 con el uso de papeles abrasivos de diferente granulometría (350; 500; 600 y 800), paños de fieltro y una solución de pasta abrasiva de óxido de cromo con granulometría de 3 μm .
4. Ataque: se sumergió en ácido nítrico (peso específico 1,42) + 100 ml alcohol– *Rectif* (Nital), en una cantidad de 1 - 5 ml durante 15 segundos a un minuto a temperatura de 20°C.
5. Ensayo de tracción: se efectuó a partir de la fundición de dos tarugos, de acuerdo con las dimensiones que requiere la norma E-8. Una vez obtenido el producto se le aplicó un proceso de maquinado en un torno 16K20 donde finalmente se obtuvieron las probetas según las dimensiones que exige la norma para el desarrollo del estudio de tracción (Hernández, 2016).

A continuación, se describe el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que complementaron los experimentos realizados.

2.5.1. Ensayos de desgaste gravimétrico

El ensayo típico para el desgaste gravimétrico es el llamado “*roll paper*”, donde un cilindro con papel de lija en la superficie con el que conociendo las condiciones y parámetros del ensayo tales como velocidad en rev/min, tipo de abrasivo y peso de la carga, se podrá conocer el comportamiento posterior del material controlando la pérdida de masa (Paumier, 2013). Este ensayo realizado según la norma ASTM G65-81 también tiene una variante en la que se utiliza un cilindro o rodillo de goma y se va depositando un mineral abrasivo, habitualmente sílice, y controlando igualmente la pérdida de masa en la probeta.

El ensayo de desgaste gravimétrico se realizó en una pulidora automática (PM 52 *D. Automatic Metallographic Sample Grinding and Polishing Machine*) marca echoLAB,

La pérdida de peso se determinó utilizando la expresión (M. Rojas, 2011):

32

de mediciones se determina un promedio basándose en el requerimiento de la norma astm-a158-93, obteniendo así el porcentaje de cada elemento que conforma la aleación.

Estas variables controlan la fundición, o sea la condición del carbono y también su forma física. El carbono puede estar combinado en forma de carburo de hierro (FeC) o existir como carbono libre en forma de grafito. La forma y distribución de las partículas de carbono sin combinar influye en forma determinante sobre las propiedades mecánicas del hierro fundido. Estas aleaciones se clasifican, por lo tanto, según el estado en que se encuentra el carbono en la microestructura, así como por la microestructura de la matriz.

Los principales elementos de aleación son carbono y silicio. El alto contenido de carbono incrementa la cantidad de grafito o de FeC e incrementa el potencial de grafitización y fluidez del hierro fundido, sin embargo, su resistencia se ve afectada, ya que se promueve la formación de ferrita y el engrosamiento de la perlita aumentando la fragilidad de la aleación (Hernández, E., 2016).

2.6. Simulación por el método de elementos finitos

El método de elementos finitos que se utilizara para realizar el diseño y la simulación del funcionamiento mecánico y la geometría de las tambores de freno del tren trasero de los Ómnibus Yutong es el programa *SolidWorks*, con la finalidad de determinar la concentración de tensiones presente en la misma y así poder rediseñar un modelo donde las tensiones se distribuyan de manera uniforme.

2.6.1. Pasos a seguir para la ejecución del método de elemento finito

Los pasos a seguir en la ejecución del método de elementos finito son de gran importancia debido, a que de ellos depende la correcta simulación y los resultados específicos.

1. Elaboración del modelo geométrico en 3D de las piezas.
2. Creación de un estudio.
3. Selección del material utilizando la biblioteca de materiales del SolidWorks.
4. Aplicación de las condiciones de frontera.
5. Aplicación de las cargas.
6. Corrida de los estudios para la obtención de los resultados.

2.6.2. Modelación de la tambora trasera

En la figura 2.2 a) se muestra el modelo geométrico de la tambora original, esta presenta diez agujeros por donde se une a las llantas, 5 orificios de forma cuadrada por donde recibe la ventilación y una superficie liza interior que entra en contacto con las zapatas de freno. En la figura 2.2 b) se muestra el modelo geométrico de la tambora rediseñada, esta presenta los mismos parámetros de trabajo, excepto el espesor que muestra la flecha, que se aumentó en 10 mm y en lugar de 5 agujeros de ventilación se dejaron solo 4 (con similares características ya que se le redondearon los bordes interiores a cada uno).

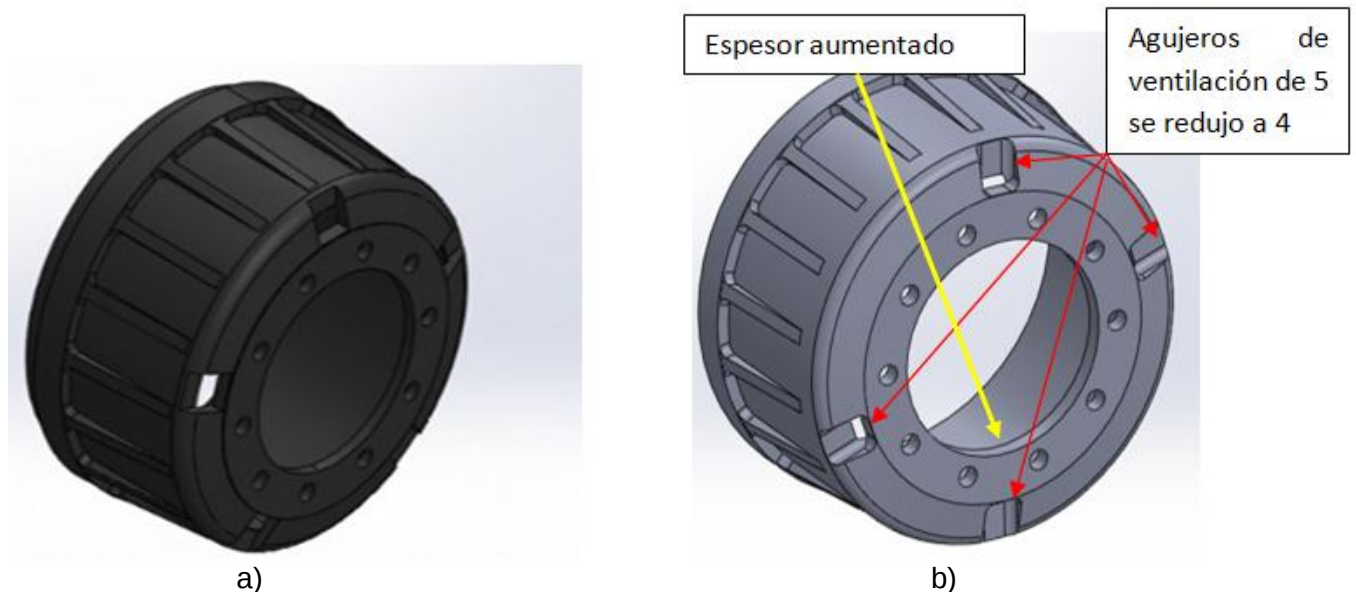


Figura 2.2. Tambora a) con 5 agujeros de ventilación y b) con 4 agujeros de ventilación

El dibujo propuesto para las tambores traseras del ómnibus Yutong se puede observar en el anexo 3.

2.6.3. Cargas y restricciones

Las piezas se fijarán por las caras y las aristas de los orificios destinados a unir las tambores con las llantas a través de espárragos más conocidos como clanes, se le aplicará la temperatura máxima a la que estará sometida durante el proceso de frenado.

2.7. Tecnología de la fabricación por fundición de las tambores traseras

En algunos casos el diseño de una pieza se determina según las condiciones de trabajo y no puede ser variado, pues esto provoca la necesidad de cambiar algunos conjuntos. En este caso el fundidor debe utilizar los medios técnicos de fundición para obtener la pieza solicitada, aunque desde el punto de vista de fundición tal diseño tenga como

consecuencia, complicaciones en el proceso tecnológico y encarecimiento. En muchos casos, sin embargo, el trabajo común del diseñador y el tecnólogo fundidor, permiten mejorar la construcción de la pieza y mejorar su tenacidad (Goyos y Martínez.1985).

2.7.1. Parámetros del cálculo para la obtención de piezas por fundición

Para la obtención de las tambores delanteras por fundición, se siguieron los pasos que se enumeran a continuación y las recomendaciones que se proponen en Belay (1970) y Goyos y Martínez (1985):

1. Cálculo de los espesores mínimos de pared.
2. Determinar la posición de la pieza en las cajas de moldeo.
3. Determinación de las sobremedidas de maquinado.
4. Análisis de la contracción de fundición.
5. Determinación de la inclinación de la plantilla de fundición.
6. Determinar el plano de división del molde y de la plantilla y su posición en el molde.
7. Determinar la posición del macho y sus portadas.
8. Cálculo del rechupe específico en el Fe- 21 Ni
9. Cálculo y diseño de las mazarotas
10. Realizar los cálculos, determinar su posición, así como los dibujos de los sistemas de alimentación.
11. Determinar las dimensiones de la caja de moldeo.

2.7.1.1. Cálculo de los espesores mínimos de pared

Para obtener una pieza por fundición es muy importante verificar antes si es pertinente obtenerla por este proceso. Para ello debe analizarse si sus espesores mínimos se pueden lograr por el método elegido según Goyos y Martínez (1985) y Belay (1970).

$$N = \frac{2(l)+b+h}{3} 2.24$$

Donde:

N - dimensión equivalente; m.

l – longitud; m.

b – ancho; m.

h – altura; m.

Una vez determinado el valor del Parámetro (N) se busca en el gráfico de la figura 2.1 (Goyos y Martínez, 1985), el espesor mínimo correspondiente a la aleación dada.

Para las piezas con $N < 0,5$ m, el espesor de las paredes puede ser de 1,5 a 2,0 mm. Para $N > 8$ m se tomará 30 mm

2.7.1.2. Determinación de la posición de la pieza en las cajas de moldeo

Para obtener las piezas fundidas de alta calidad en el molde de mezcla es necesario tener en cuenta junto con otros factores la influencia de la gravedad. En la parte superior de la cavidad del molde se encuentran los poros de gas, defectos a causa de escoria, cavidades de concentración y porosidad. Por lo que deben seguirse las recomendaciones que a continuación se dan a la hora de colocar la pieza en el molde:

1. La mayor parte de la pieza o toda la pieza es necesario situarla en una parte del molde, preferiblemente en la parte inferior para evitar defectos en la pieza por causa de deformaciones y facilitar el montaje del molde.
2. Las superficies más importantes que son sometida al maquinado, es necesario situarla en el fondo o en caso extremo vertical u oblicua.
3. La posición de la pieza durante el llenado y la solidificación se debe corresponder con la forma de solidificación de la aleación, asegurando la obtención de piezas fundidas con porosidades de contracción mínimas y la cantidad mínima de porosidades.
4. La posición más ventajosa para las paredes delgadas de la pieza es la posición inferior, vertical u oblicua.
5. No se recomienda situar las grandes superficies en la parte superior. De ser inevitable se recomienda dividirla con nervios de contracción en superficies menores, y si son de gran longitud las superficies, el llenado se realizará en posición inclinada.
6. Los moldes se en posición vertical, si la pieza fundida tiene forma de cilindro y sus espesores externos e internos tienen que ser maquinados; aquí el moldeo se realizara en forma horizontal.
7. la mayor parte de las superficies a maquinar deben quedar en la parte inferior del molde.

- ### 2.7.1.3. Análisis de las sobremedidas de maquinado

Las sobremedidas de maquinado van a estar dadas por el grado de precisión B-2 según la norma cubana NC-1600 obtenidas de la tabla 2.9 del texto Tecnología de la fundición, (Goyos Pérez, Leonardo Martínez).

2.7.1.4. Análisis de la contracción de fundición

[illegible]

Lm - dimensión de la plantilla; mm.

L_p - dimensión de la pieza fundida; mm.

2.7.1.5. Cálculo de la masa de la pieza

La masa de la pieza se determina mediante el cálculo de su volumen multiplicado por el peso específico del hierro.

[illegible]

[illegible]

Con:

V - volumen de la pieza; dm^3 .

r1 - radio mayor; m.

r_2 - radio menor; m.

ρ - peso específico del hierro fundido (7,85 kg/dm³).

P - masa de la pieza; kg.

2.7.1.6. Dimensiones de los orificios fundidos

Para las piezas de fundición gris, maleables, nodulares y no ferrosas que tengan agujeros no es necesario obtenerlas de fundición usando:

[illegible]

Para la que:

d - diámetro del agujero, mm.

h - altura del agujero, mm.

2.7.1.7. Determinación de la inclinación de la plantilla

Las inclinaciones se realizarán en las superficies de la pieza que sean perpendiculares al plano de división del molde para facilitar la extracción de la plantilla, deben estar dispuestas en la dirección de extracción de esta, donde $\alpha^0 = 2^0$ según Goyos y Martínez (1985), como se puede observar en la figura 2.3

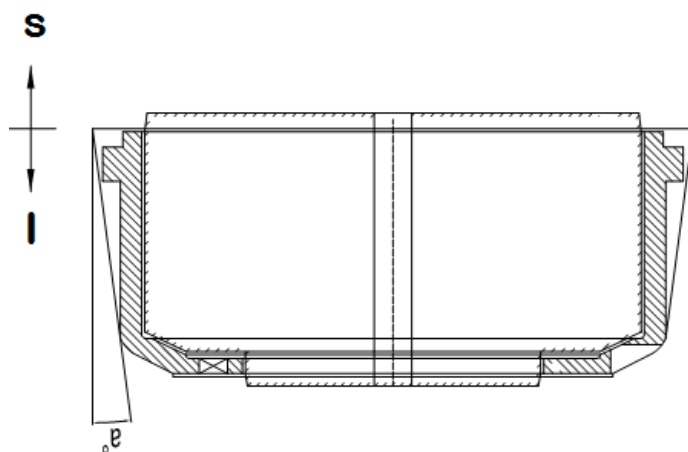


Figura 2.3 Ángulo de inclinación para las tambora en el molde.

2.7.1.8. Determinación del plano divisor de la plantilla y el molde

Conjuntamente con el análisis de la colocación de la pieza en el molde se realiza el análisis de la superficie de división del molde y del modelo. La superficie de división se determina según la forma de la pieza, las exigencias técnicas y las posibilidades prácticas del taller (ver figura 2.4).

1. Para la determinación del plano divisor del molde y la plantilla debe tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:
2. Debe de asegurarse la comodidad del moldeo y fácil extracción de la plantilla con una mínima cantidad de partes sueltas de esta.
3. La cantidad de divisiones del molde tiene que ser mínima en todos los casos, procurando que las superficies sean planas. Se admiten en algunos casos planos de división de sección perfilada, pero siguiendo una forma geométrica simple.
4. Cuando las partes sueltas formen parte de salientes y donde se haga difícil su extracción se hace necesario sustituir esta parte suelta por machos para facilitar el moldeo y extracción de la plantilla.
5. La cantidad de macho tienen que ser mínima, siempre que se pueda se reemplazarán varios machos por uno solo.
6. El plano divisor seleccionado debe asegurar la comodidad del apisonado, acabado, pintado, secado, montaje y el control de las dimensiones del molde; la seguridad de colocación de los machos, y la extracción fácil de la plantilla del molde.
7. La división del molde tiene que asegurar la salida fácil de los gases de todos los machos y cavidades del molde.

Figura 2.4. Ubicación de la plantilla en el molde con la inclinación de salida.

2.7.1.9. Determinación de la proyección del macho y sus portadas

El macho se ubica de forma vertical en la parte inferior del molde. Este debe dar forma acabada a la superficie del agujero de la pieza con la precisión recomendada, tiene que garantizar la salida libre de los gases, su fácil construcción y su fácil extracción durante el proceso de limpieza. El macho tiene que poseer gran resistencia mecánica, flexibilidad, resistencia térmica, resistencia a la erosión, según recomendaciones de Belay (1970); Goyos y Martínez (1985).

Las dimensiones de las portadas del macho y los ángulos de inclinación de estas se determinan mediante las tablas 2.14 y 2.17 del texto Tecnología de la fundición (Goyos y Martínez, 1985) respectivamente.

2.7.1.10. Cálculo del rechupe específico

Para el cálculo del rechupe específico se debe tener en cuenta el tipo de aleación y el porcentaje de carbono, el valor de este tiene gran importancia en el cálculo de las mazarotas.

$$RE = 4.9 - \%C \left(2.9 - \frac{1}{\%Si} \right) + \frac{6.3 - \log d}{\%Si} 2.29$$

Siendo:

RE - rechupe específico; %.

d - espesor de la pieza; mm.

2.7.1.11. Cálculo y diseño de las mazarotas

La determinación de las posiciones de las mazarotas, así como la cantidad de las mismas se pueden determinar al observar la propia geometría de la pieza y analizar los módulos

de las diferentes partes de la misma, intensificándose este valor en torno a los nudos térmicos. Según el análisis, las mazarotas deben estar en correspondencia con las zonas de mayor masividad (mayor nudo térmico). Las mazarotas deben garantizar:

El módulo de la misma debe ser un 20 % mayor que el de la pieza para que alimente satisfactoriamente la contracción de la pieza.

La mazarota debe contener suficiente estado líquido para alimentar la pieza teniendo en cuenta la utilización del metal de la mazarota y su propio rechupe.

2.7.1.12. Cálculo de la cantidad de mazarotas

Para determinar el número de mazarotas es conveniente considerar factores geométricos, la cantidad de estas, la dimensión de su cuello y la distancia de alimentación se utiliza la siguiente expresión:

$$i = \frac{Lm - n \cdot DA_{II} - m \cdot DA_{III}}{Dcm + 2DA_I} \quad 2.30$$

En la que:

i - número de mazarotas necesarias.

Lm - longitud a alimentar de la pieza; mm.

n - número de extremos libres en la longitud analizada.

m - número de enfriadores presentes en la longitud analizada.

n y m - tienen el valor de 0, porque la pieza es circular.

Dcm - Dimensión del cuello de la mazarota según el eje de la longitud L ; mm.

T - espesor; mm.

DA - distancia de alimentación; mm.

$$DA = 1,5 \cdot T \quad 2.31$$

2.7.1.13. Cálculo de las dimensiones de las mazarotas

El cálculo de las dimensiones de las mazarotas se realiza según recomendaciones de Belay, (1970); Goyos y Martínez, (1985), a continuación, se enumeran los parámetros a tener en cuenta en el cálculo de las dimensiones de la mazarota.

Mazarotas laterales cilíndricas.

[illegible][illegible][illegible]
$$h = 0,2 \cdot Dm$$

2.35

[illegible][illegible][illegible]

CAPITULO 3. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Introducción

Unos de los principales procesos tecnológicos en la industria mecánica mundialmente es la fundición debido a que mediante este proceso se fabrican casi todas las piezas de que utilizan en diferentes medios, además de las que emplean de repuesto, en este capítulo se exponen todos los resultados de cada uno de los análisis y cálculos que permitieron lograr la tecnología de fundición para la fabricación de tambores traseros de los ómnibus Yutong, con el fin de alcanzar las propiedades mecánicas requeridas.

Objetivo del capítulo: analizar los resultados de los cálculos que permitieran obtener el rediseño y la tecnología de fundición para la fabricación de tambores traseros de los ómnibus Yutong.

3.2. Disponibilidad de los ómnibus Yutong

La determinación de la disponibilidad se realizó empleando un período de un año, se tuvo en cuenta el número total de horas del periodo (horas calendario) con el número de horas de mantenimiento (preventivo, correctivo) del mes correspondiente y también se consideró para el cálculo que el equipo opera un promedio de 12 horas al día.

Para el cálculo de la disponibilidad de los ómnibus Yutong (modelo ZK6118HGA-6 en el 2016) se empleó la ecuación 2.1, en la que el tiempo promedio para el período es de 50 h, el tiempo para la reparación del equipo fue de 100 h, por lo que sustituyendo:

$$D = 82,53 \%$$

Como se observa el valor de la disponibilidad es muy baja si se considera que, para una buena explotación, de ese tipo de transporte, debe oscilar alrededor de un 95 %.

Los resultados de dicha disponibilidad demuestran cierta variación a través de todo el año, notándose que los meses de abril y agosto se presentaron con menor comportamiento con un valor de 78,5% para cada mes. Se puede notar, en el gráfico 3.1, que la presencia de los picos más bajos se presenta al cabo de cuatro meses lo cual constituye el tiempo máximo que se debe esperar para la aplicación del mantenimiento.

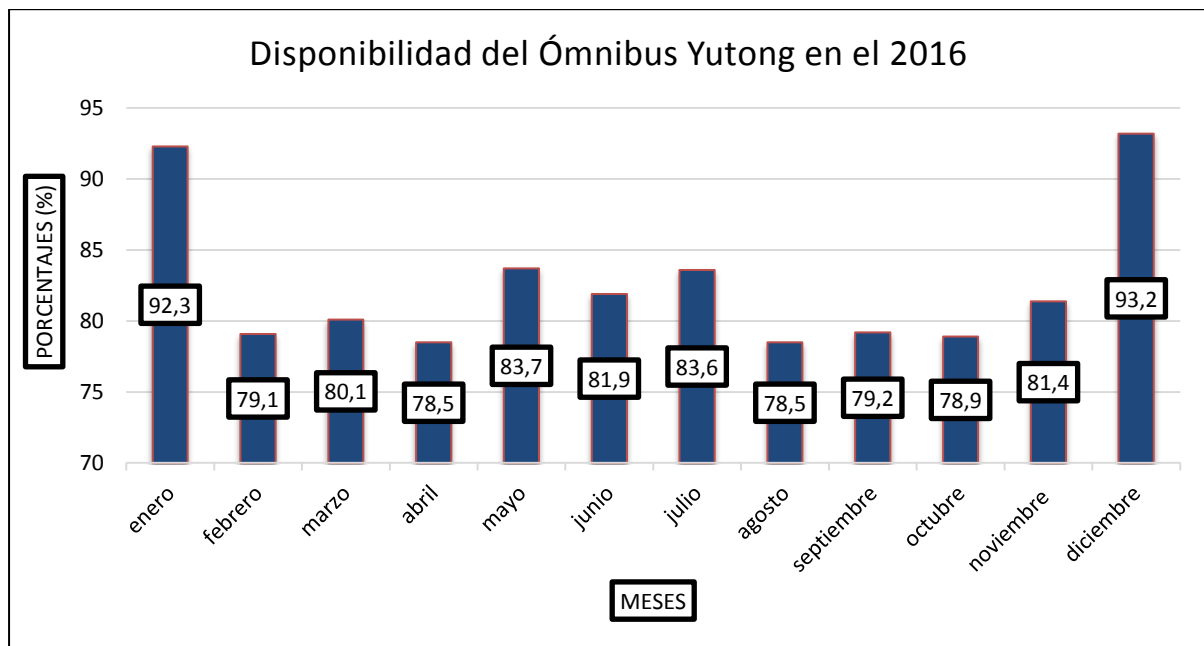


Grafico 3.1. Comportamiento de la disponibilidad de los Ómnibus Yutong 2016

3.3. Cálculo del sistema de frenado

Para el cálculo de los esfuerzos en las tambores de freno se tuvo en cuenta el autobús de modelo ZK6118HGA-6, en el cual se consideró el uso del autobús, los pesos totales máximos y la carga de ejes correspondientes (kg): 11000(trasero). Utilizando las ecuaciones descrita en el capítulo 2 se procede con el cálculo, los resultados se muestran a continuación.

3.3.1. Radio dinámico

En este cálculo se consideró el diámetro de la llanta $D_0 = 0,57$ m, el ancho de la llanta $b_0 = 0,29$ m y el coeficiente que depende del tipo de vehículo, en este caso es un vehículo pesado por lo que $\lambda = 0,11$. Al sustituir estos datos en la ecuación 2.6 se obtiene:

$$r_d = 0,54 \text{ m.}$$

Por lo que se tiene que el radio dinámico coincide con el del ómnibus analizado.

3.3.2. Momento de frenado sobre las ruedas del eje trasero

En la ecuación 2.7 se demuestra la igualdad entre las fuerzas de frenaje y adherencia sobre las ruedas del eje trasero y considerando el peso del puente trasero $G_t = \frac{110000}{2} =$

55 000 N, así como el coeficiente de adherencia que depende del camino, que en este caso es de asfalto por lo tanto $\mu = 0,8$. Sustituyendo en la ecuación 2.8 se obtiene que:

$$M_{ht} = 23\,760 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se puede apreciar que el momento de frenado obtenido es acorde con el que se necesita ya que el tren trasero posee mayor peso y necesita mayor seguridad a la hora de detener el vehículo.

Para el momento de las fuerzas de fricción se conoce que el coeficiente de fricción es $f = 0,32$; la presión máxima es de 1000 kPa ; el radio de la tambora es $0,205 \text{ m}$; el $\theta_a = 90^\circ$ debido a que es una zapata larga y $\theta_2 = 130^\circ$, al sustituir en la ecuación 2.10 se tiene:

$$M_{ff} = 2211,3 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

En el resultado se observa que el momento de la fuerza de frenado se encuentra en el rango permisible por el mecanismo, conociendo que el vehículo es pesado.

El brazo de momento de la fuerza normal respecto del pasador esta designando por el momento de las fuerzas normales ecuación 2.12, al sustituir los parámetros antes mencionado la misma es de:

$$M_N = 7823,11 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Conocido el resultado, se observa que se cumple la teoría de que $M_N > M_{ff}$.

Según la ecuación 2.13, teniendo en cuenta el equilibrio entre los momentos de las fuerzas normales y los momentos de las fuerzas de fricción, al sustituir los resultados obtenidos en las ecuaciones 2.10 y 2.12, se tiene que:

$$F = 16 \text{ k} \cdot \text{N}.$$

Debido a que la zapata derecha es autoenergizante, por lo cual la fuerza se determina bajo el fundamento de que la presión máxima ocurrirá en esta zapata y el par de torsión que aplica es de:

$$T_R = 3\,213 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El par de torsión con el que contribuye la zapata izquierda no se puede obtener hasta que se conozca su presión máxima de operación. Donde las ecuaciones 2.7 y 2.9 indican que

los momentos tanto de fricción como normal son proporcionales a esta presión. Sustituyendo las ecuaciones 2.19 y 2.20 en la ecuación se obtiene que la presión máxima para esta zapata es de:

$$T_L = 722 \text{ k} \cdot \text{Pa}.$$

Luego se determina el par de torsión el cual toma un valor de:

$$T = 1720,801 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

3.4. Análisis de la observación visual

Después del análisis por el método de observación visual, se obtuvo como resultado la no existencia de indicios de deformaciones ni torceduras en los elementos en la zona de rotura, lo que conlleva a rechazar la posibilidad de ocurrencia de fracturas dúctiles (ver figuras 3.1 y 3.2).

En la figura 3.1 se muestra que existen grietas entre los orificios de ventilación (colocados para disminuir las altas temperaturas por fricción y eliminar todo tipo de impurezas dentro de la zona de frenado), estas se generalizan por todo el borde superior, y a través de la superficie interior de forma transversal o radial. Este fallo es producido por la fragilidad que producen los orificios en el diseño, ya que la fractura inicia por la parte interior de estos, hasta propagarse por toda la pieza.



Figura 3.1. Zonas averiadas de las tambores de freno.

La figura 3.2 muestra una vista general de la rotura en las tambores, se observa su consecuencia. Las zonas señaladas indican los puntos concentradores de tensiones por donde posiblemente se inició la fractura.



Figura 3.2. Concentraciones de tensión en las tambores de freno.

3.5. Selección y preparación de las muestras

Se prepararon las muestras del Fe 24 y del Fe 21 Ni en la Empresa Mecánica del Níquel Comandante “Gustavo Machín Hoed de Beche”, donde se realizaron un grupo de análisis los cuales se muestran a continuación:

- Ensayo de desgaste gravimétrico
- Composición química del material

3.5.1. Ensayos de desgaste gravimétrico

Se ha demostrado experimental y teóricamente que la dureza del material está correlacionada con el grado de abrasión, y que además ha quedado manifestada la dependencia de la resistencia a la abrasión, de la composición química, dureza y microestructura de un material.

El desgaste abrasivo de los cuerpos que trabajan a impacto repetido y por fricción, se caracteriza por la adherencia molecular, de cuyo resultado se presentan múltiples rasguños y cortes del metal, ocasionado por los procesos de fatiga y acritud de los

materiales. Por lo tanto, deben estar contruidos con un material de gran resistencia a la abrasión que garantice una elevada resistencia al desgaste durante un período de explotación razonable (Rojas, 2011).

En la tabla 3.1 se muestran los valores de los pesos obtenidos para las probetas de Fe 24 y de Fe21 Ni, las que corresponden a las tamboras traseras de Yutong.

Tabla 3.1. Valores de los pesos de las probetas

Material	probeta	Peso1 (g)	Peso 2 (g)
Fe24	1	76,908	76,47
	2	92,41	91,94
Fe21 Ni	3	104,65	104,4
	4	81,95	81,72

En la tabla 3.2 se tiene la cantidad de material desgastado en función del peso en gramos, donde a partir de los datos mostrados en la tabla anterior fueron calculados.

Tabla 3.2. Material desgastado

Material	probeta	ΔP 1 (g)
Fe24	1	0,438
	2	0,47
Fe21 Ni	3	0,25
	4	0,23

La variación del peso (ΔP) correspondiente a estos materiales se calculó a partir de la ecuación 2.23 donde se relacionó el peso inicial y el peso final como la substracción de la mayor con la menor. Como se puede observar en la tabla 3.2 la probeta de menor variación de peso es la de Fe 21Ni con un valor de:

$$\Delta P = 0,23 \text{ g.}$$

Por lo que el material desgasto muy poco, de esa manera se puede apreciar que el Fe 21Ni es altamente resistente al desgaste.

3.5.2. Composición química del material

Para la obtención de la composición química de las probetas se tomaron los resultados de tres chispas, realizadas a ambas, para sacar el promedio de cada porciento obtenido. Estos resultados se muestran en las tablas 3.3 (para el Fe 21Ni) y 3.4 (para el Fe24).

Tabla 3.3. Composición química del Fe21 Ni

Grado G 3500b Fe21 Ni							
Material	C	Si	Mn	S	P	Ni	Fe
ASTM A 159	≤3,4	1,3-1,8	0,6-0,9	≥0,12	≥0,15	≥2,1	resto
probeta	3,48	1,68	0,763	0,0650	0,049	0,591	resto

Tabla 3.4. Composición química del Fe24

Grado G 3500b Fe24							
Material	C	Si	Mn	S	P	Ni	Fe
ASTM A 159	≤3,4	1,3-1,8	0,6-0,9	≥0,12	≥0,15	≥2,4	resto
probeta	3,27	1,61	0,801	0,0532	0,040	0,119	resto

Al comparar la composición química establecida por las normas y las determinadas por el análisis espectral, se puede ver que la aleación de Fe 24 se sale un poco de la norma presentando un menor contenido de carbono, sin embargo, en la aleación de Fe21 Ni puede decirse que los elementos se ajustan a las mismas lo que destaca una pequeña diferencia entre ambas aleaciones.

3.6. Modelación por el método de elementos finitos de la tambora trasera

Una vez escogido el material para la tambora, el cual es una fundición gris, se fijaron por las caras y las aristas de los orificios destinados a unir las tamboras con las llantas, luego se le aplicó un momento de 23 760 N·m y una temperatura de 60 °C.

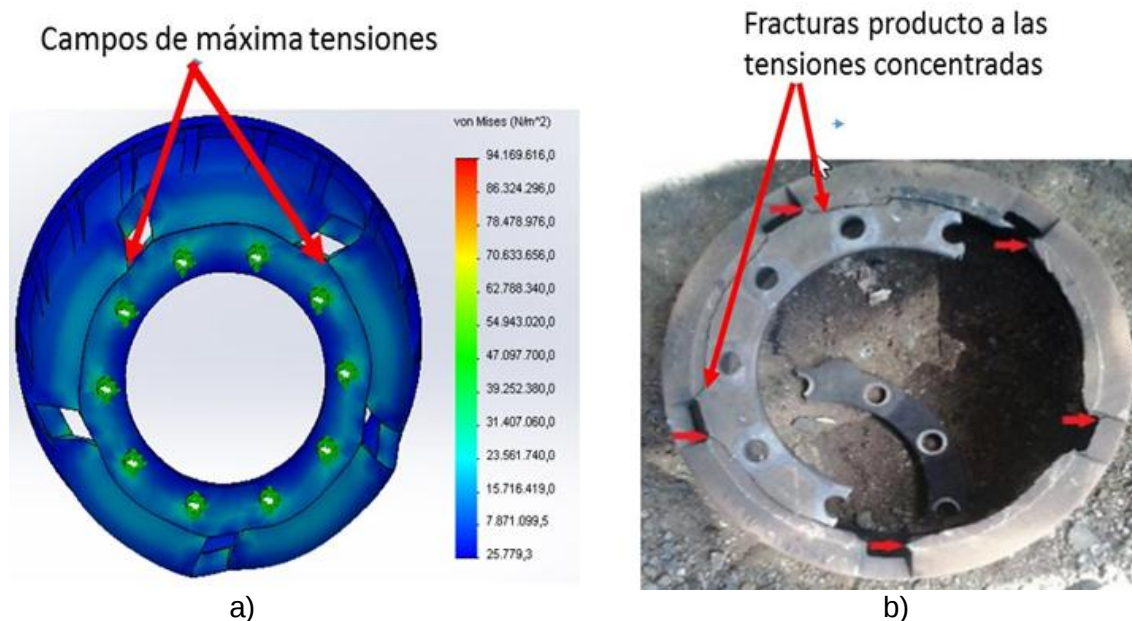


Figura 3.5. a) Distribución de tensiones en la tambora trasera de Fe 24; b) Fracturas en la tambora trasera de Fe 24.

En la figura (3.5a) se muestran los campos de concentración de tensiones, las cuales provocan frecuentes grietas por todo el campo, estas producen fracturas en las tambores como se muestra en la figura (3.5b). Estas son capaces de sacar de servicio a la misma.

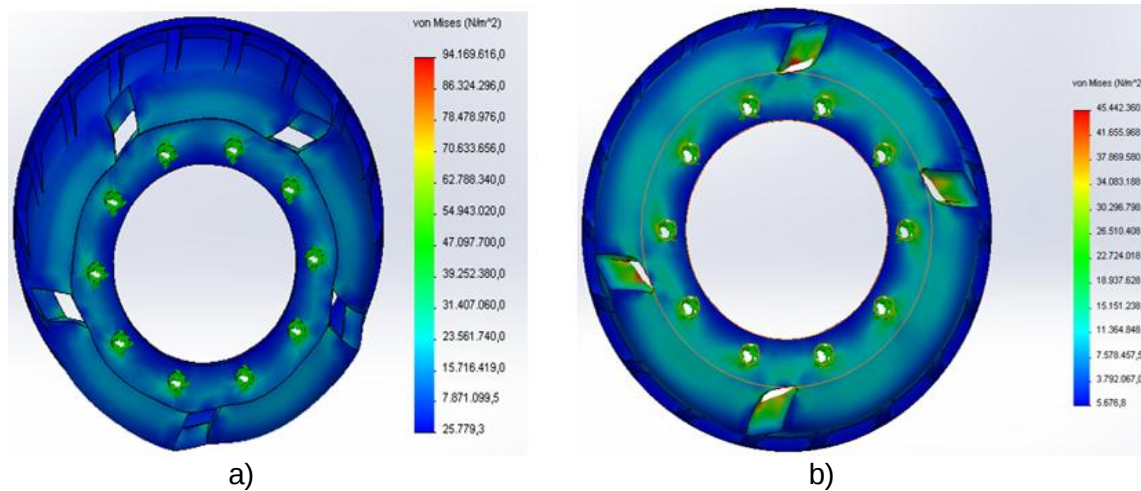


Figura 3.6. a) Tensiones de von Mises de las tambores traseras de Fe 24; b) Tensiones de von Mises de las tambores traseras de Fe 21 rediseñada.

En las simulaciones de ambas tambores se puede observar que en la figura (3.6a) (tambora actual), la tensión es de 94,169 N·m por lo que son mayores los puntos de concentración de tensiones superando así el límite de tensión (88 N·m) para el material del que está fabricada (Fe 24), según (Hernández, 2016), en la (3.6b) que es la rediseñada, la tensión máxima es de 45,44 N·m, la cual está por debajo del límite de tensión que es de 144 N·m según (Hernández, 2016), esta disminuye en un 51,71 % con respecto a la original debido a una distribución más uniforme de las tensiones que se desplaza por toda la pieza.

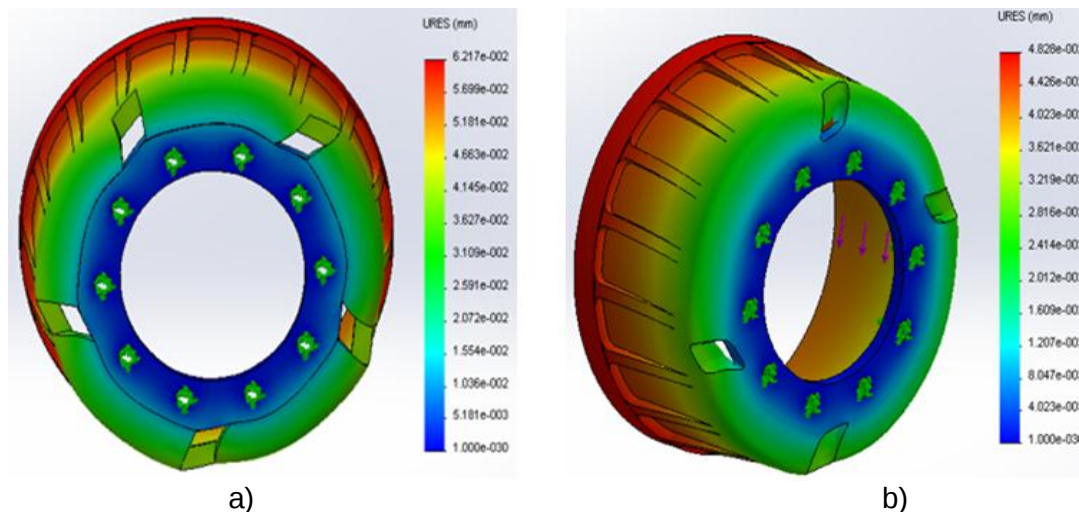


Figura 3.7. a) Desplazamientos en la tambora trasera de Fe 24; b) Desplazamientos en la tambora trasera de Fe 21 rediseñada.

Como se puede observar en la figura (3.7b) el máximo desplazamiento de la tambora trasera es de 48,2 μm el de la original es de 62,1 μm , lo cual muestra una disminución de un 22 %, por lo tanto, el rediseño es más eficiente que el original.

Del análisis de los resultados, la experimentación y la modelación realizada, resultó que tanto los espesores mínimos y los radios de curvatura como los orificios de ventilación, definen la zona donde se localiza el campo de máximas tensiones y el origen de la fractura de los elementos, lo que demuestra que:

- Si la pieza permanece con espesores mínimos pequeños y orificios de ventilación, se manifestará una rotura frágil con inicio y propagación de grietas originadas en el borde exterior de la zona crítica, lo que coincide con Shigley y Mishke (1990).
- Si se varían los espesores y se disminuyen los agujeros se logra una distribución más uniforme, lo que dificulta la identificación del lugar de origen de la fractura.

Los resultados expuestos son, además, consistentes con la afirmación de que la transformación del diseño, modifica el campo de distribución de tensiones y el carácter de la fractura en presencia de un momento torsor a temperaturas entre 60 y 80 $^{\circ}\text{C}$, lo que permite demostrar la hipótesis planteada.

3.7. Tecnología de fundición para la fabricación de tambora trasera

La fundición es un proceso tecnológico de vital importancia en la industria mecánica de cualquier nación ya que mediante este proceso se elaboran gran diversidad de piezas.

3.7.1. Cálculo de los espesores mínimos de pared

Los valores de $L = 0,474 \text{ m}$; $b = 0.032 \text{ m}$ y $h = 0,255 \text{ m}$ se sustituye en la expresión 2.24 para obtenerla dimensión equivalente, sustituyendo se tiene que:

$$N = 0,44 \text{ m.}$$

Para las piezas con $N < 0,5 \text{ m}$, el espesor de las paredes puede ser de 1.5 a 2.0 mm. Por tanto, la pieza puede ser lograda por fundición, ya que los espesores de pared son mayores de 8 mm.

3.7.2. Análisis de las sobremedidas de maquinado

Las superficies circulares horizontales están todas conjugadas entre sí por lo que puede calcularse una sola sobremedida para las cuatro superficies, partiendo de las dimensiones de las más alejadas.

La superficie cilíndrica externa solo está posicionada con respecto al eje de la pieza y será otro sistema de sobremedidas.

En las tablas 3.6 se definen la dimensión básica (z), la dimensión determinante (s) y el sobre espesor de maquinado (t) para las tambores traseras.

Tabla 3.6. Dimensiones básicas de la tambora trasera:

Superficies	Z (mm)	S (mm)	t (mm)
Horizontales	255	474	5
Exteriores	474	474	5

3.7.3. Masa de la pieza

De acuerdo con la ecuación 2.27 y en correspondencia con los valores de $r_1 = 2,37$ dm, $r_2 = 2,05$ dm y $h = 2,55$ dm, al sustituir se tiene que:

$$V_p = 8.12 \text{ dm}^3.$$

Una vez obtenido el volumen de la pieza se sustituye en la ecuación 2.26 teniendo en cuenta el peso específico del hierro que es igual a $7,85 \text{ kg/dm}^3$, para obtener que:

$$P_p = 68,7 \text{ kg}.$$

Existe diferencia de un 5 % entre la masa de la tambora prediseñada con respecto a los cambios que se realizan en la investigación. Esto se debe a que en los cálculos realizados se tienen en cuenta las sobremedidas de maquinado.

3.7.4. Orificios en la pieza

Se realiza el cálculo correspondiente a las dimensiones de los orificios a realizar escogiendo uno solo de estos, debido a que la tambora posee diez, pero con las mismas medidas. Se sustituyen los valores de diámetro = 22,5 mm y altura = 17 mm en la expresión 2.28, con lo que se tiene que:

$$d \leq 15.1 \text{ mm}.$$

De aquí se llega a la conclusión de que es posible realizar los orificios de la tambora por fundición, producto a que la dimensión del diámetro es superior a las exigencias establecidas por Goyos y Martínez (1985), siendo $d = 22,5$ mm.

3.7.5. Análisis de la contracción de fundición

Al revisar la tabla 2.11 epígrafe 2.5.11 Goyos y Martínez (1985), se determinó que la contracción libre y frenada es de 1 %. Esta será el porcentaje de dimensión que deberá ser adicionado a la medida de la tambora para que no existan deformaciones en el acabado.

3.7.6. Proyección de los machos y sus portadas

Se determinó que se obtendrán todos los orificios de la tambora por fundición, por tanto, se tendrán 15 machos verticales, fijando los límites previos entre los principales, luego se realizó un examen detallado de las condiciones de fabricación, las dimensiones de las portadas y los juegos alrededor de toda la portada. El espesor de la capa de la mezcla que limita la escoria (según página 50 de Goyos y Martinez, 1985) debe ser de 70 mm, además debe ventilarse la pared del macho mediante canales de ventilación de 13 mm (según página 51 de Goyos y Martinez, 1985). Para mejorar la resistencia de los machos deben usarse armazones de alambre, con una distancia entre la superficie del macho y el alambre de 7 mm.

3.7.7. Cálculo del rechupe específico en el Fe- 21 Ni

Para el cálculo del rechupe específico se debe tener en cuenta el tipo de aleación y el porcentaje de carbono, el valor de este tiene gran importancia en el cálculo de las mazarotas. Teniendo en cuenta la expresión 2.29, se sustituyen en esta los valores de 3,55 %C y de 1,7 %Si, siendo el rechupe de:

$$RE = 6,2 \%$$

Esta será el porcentaje de material que debe ser aumentado durante la colada para compensar la exigencia de metal líquido en la pieza.

3.7.8. Cantidad de mazarotas que se emplean

Para determinar el número de mazarotas es conveniente considerar factores geométricos, la dimensión de su cuello y la distancia de alimentación. La parte sobre la cual irán las mazarotas presenta una sección de 32x69,5 mm para la tambora y rectificando la circunferencia por el diámetro medio de la pieza la longitud es de aproximadamente $L = 423$ mm, $D_{cm} = 69.5$ mm, $DA = 48$ mm y considerando que $n=m=0$ porque en la pieza no hay efectos terminales por ser circular. Si se sustituye en la expresión 2.30 la cantidad de mazarotas es:

i= 4.

3.7.9. Cálculo de las dimensiones de las mazarotas

El cálculo de las dimensiones de las mazarotas se realiza según recomendaciones de Belay (1970); Goyos y Martínez (1985), a continuación, se presentan las dimensiones de las mazarotas.

El diámetro de la esfera de metal teniendo en cuenta el volumen de la parte de la pieza a alimentar $V = 3,77 \text{ dm}^3$ y sustituyendo en la ecuación 2.32 es de:

$$d = 75 \text{ mm.}$$

El cuello de la mazarota considerando el espesor de la pieza $T=32\text{mm}$ y sustituyendo en la ecuación 2.33 es de:

$$B = 54\text{mm.}$$

Sustituyendo en la ecuación 2.34 se obtiene el diámetro inscripto:

$$D_m = 112 \text{ mm.}$$

Sustituyendo en la ecuación 2.35, la longitud del cuello de la mazarota es $h= 20,8 \text{ mm}$ al igual que el radio del fondo de la mazarota según la ecuación 2.36.

El radio del cuello de la mazarota según la ecuación 2.37 es

$$R_1 = 5,53.$$

La altura de la mazarota según la ecuación 2.38 es de:

$$H_m = 265 \text{ mm.}$$

3.7.10. Cálculo de la sección de alimentación

La sección de los alimentadores depende del peso del metal vertido en el molde, de la duración del vertido y de la velocidad específica de vertido. Según la ecuación 2.39:

$$\sum F \propto = 6,90.$$

3.7.11. Cálculo de la duración del vertido

La duración del vertido depende del coeficiente de rectificación. En el caso de la tambora trasera, para el espesor medio de la pieza $S= 1,5$ y con un parámetro fijo $P= 0,62$, según la ecuación 2.40:

$T = 17,4 \text{ s.}$

3.7.12. Cálculo de las áreas del sistema de alimentación

Después de determinadas las relaciones de la sección de alimentación se procede al cálculo de las dimensiones de los alimentadores, escoriadores y el tragadero. Luego se normalizan las mismas según Belay (1970) dependiendo de la sección de estos (ver anexo de la carta tecnología de fundición para las tambores traseras).

La sección del alimentador, escoriador y tragadero depende del tamaño de la pieza, en este caso la pieza es mediana por lo que las secciones del sistema de alimentación se afectan por (1), (1,1) y (1,15) respectivamente, es decir:

En el alimentador según la ecuación 2.42 el área es de:

$$\Sigma A_{al} = 6,97 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, tendrá las siguientes dimensiones 37x32x19.

En el escoriador según la ecuación 2.43 el área es de:

$$\Sigma A_{esc} = 7,76 \text{ cm}^2$$

Por lo que tendrá las siguientes dimensiones 20x26x26.

En el tragadero según la ecuación 2.44 el área es de:

$$\Sigma A_{trag} = 8,01 \text{ cm}^2$$

Por lo que el diámetro inferior es $D_{inf} = 32 \text{ mm}$ y el diámetro superior es $D_{sup} = 41,9 \text{ mm}$ según las ecuaciones 2.45 y 2.46 respectivamente.

3.8. Evaluación económica

Para la valoración económica, se tuvo presente que la tambora se fabrica por el método de fundición por lo que los datos se tomaron de la ficha de costo realizada por el departamento de economía del taller de Fundición. Cuando se analiza el precio de la tambora de freno del tren trasero del ómnibus Yutong en el proceso de fundición, se evidencia que está basado en los elementos de costos, tales como los gastos de materia prima, gastos de fuerza de trabajo, gastos indirectos de producción, gastos generales, de administración y otros, que suman 458,62 CUP y 198,96 en CUC. Se debe tener en cuenta que el precio de importación para la tambora trasera es de € 250,00. Estos precios se incrementan con la transportación que depende de la posición geográfica del suministrador.

Por este motivo se considera que se debe potenciar la asimilación de esta producción en la UEB de Fundición en la Empresa Mecánica del Níquel de Moa.

3.9. Impacto medioambiental de la producción de tambores de freno

En el área de preparación de la mezcla, pueden ocurrir grandes emanaciones de partículas de polvo de las arenas, la Bentonita, y de otros aditivos que se utilizan en la propia preparación de la mezcla o en la elaboración de los moldes como son: el grafito, la arena sílice, entre otras. Que se utilizan como elementos de separación de los moldes, así como aditivos para disminuir la penetración metálica en forma de polvo o pinturas. Por lo que en esta zona se necesitan sistemas de succión de polvos potentes, para evitar su dispersión al resto del taller de fundición. Además, los operarios pueden recibir quemaduras producto de los vapores que desprenden los hornos. Las tambores al fracturarse son desmonta, por tanto, pasan a ser parte de materiales no utilizables en los patios de talleres contaminando así el medio ambiente.

3.10. Conclusiones del capítulo 3

- Se determinaron los resultados de los esfuerzos a los que va a estar sometido la tambora de freno del tren trasero para ómnibus Yutong teniendo un $M_{ht} = 23760 \text{ N}\cdot\text{m}$.
- Se realizó una propuesta de rediseño de la tambora de freno del tren trasero capaz de garantizar los parámetros de trabajo, con un 51,71 % de reducción de las tensiones con respecto a la original.
- Se analizó una adecuada tecnología de fundición para el nuevo rediseño, utilizando 3 mazarotas, definiendo obtener todos los orificios por fundición, por lo que se utilizaron 15 machos verticales. Así como se valoró su impacto económico y ambiental.

CONCLUSIONES GENERALES

- Se observó que la tambora actual presenta altos niveles de concentración de tensiones en los orificios de ventilación con valores de 94,169 N·m, los que sobrepasan los límites de tensión admisible para el material (Fe 24), lo que justifica las frecuentes roturas de dichas tamboras y una baja disponibilidad en los ómnibus Yutong.
- El rediseño propuesto mejora la geometría con una reducción de la concentración de tensiones de un 51,71 % con respecto a la actual.
- La aplicación de las propuestas realizadas para la tecnología de fundición, lograran resolver la aparición de fracturas prematura para las condiciones actuales de explotación.
- La valoración económica realizada muestra un impacto económico de 458,62 CUP y de ellos en CUC 198,96 para la producción una tonelada de fundición de las tamboras propuestas.

RECOMENDACIONES

- Recomendar a la Empresa Mecánica del Níquel el empleo del rediseño propuesto para la fabricación de tambores traseros de freno de ómnibus Yutong, siguiendo la tecnología de fundición expuesta en la presente investigación.
- Elaborar un lote de prueba que permita realizar correcciones al rediseño propuesto, así como determinar la durabilidad de las nuevas tambores
- Continuar investigando la relación de los orificios de ventilación con la fractura de las tambores actuales.
- Analizar la posibilidad de retirar los orificios de ventilación en su totalidad y con ellos se garantizará reducir aún más los niveles de concentración de tensiones.
- Establecer un adecuado tratamiento térmico capaz de mejorar las propiedades de las tambores para el diseño propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abramos, G. G. Manual del Joven fundidor (fundición en moldes de arena-arcilla). Editorial Escuela Superior de Moscú. 1968.
2. Alonso, J. M. Técnicas del automóvil. Paraninfo. Madrid, 1990
3. Anderson, T. Fracture Mechanics Fundamentals and Applications. Ed. Taylor and Francis. 3ra edición, EUA 2006.
4. Aparicio, F.; Vera, C.; Díaz, V. Teoría de los Vehículos Automóviles. S P E TSII Universidad Politécnica Madrid, 1995.
5. ASTM A 159-83 Standard Specification for Automotive Gray Iron castings, 1993
6. ASTM E 139. Practice for conducting creep, creep-rupture and stress rupture tests of metallic materials.
7. Barsom, J. Fracture mechanics analysis of fatigue crack initiation and growth. The International Conference on Fatigue, pp. 88-98. Toronto, Ontario, Canada. 1994.
8. Belay, G. E. Tecnología de fundición. Universidad Central de Las Villas. Santa Clara, 1970.
9. Broek, D. Manual of fracture control for the chemical process industry. MTI. Inc., USA, 1983.
10. Callister, D. Materials science and engineering an introduction. 5 the Edition. Ed. John Wiley and Sons, USA, 2000.
11. Capello, E. Tecnología de fundición. Editorial Gustavo Gili, S. A. (3ra edición). Barcelona, 1980.
12. Colectivo de autores. Diseño de moldes y modelo. Barcelona, 2002.
13. Erdogan, F.; Ratwani, M. 'Fatigue and fracture of cylindrical shells containing a circumferential crack'. International Journal of Fracture Mechanics, (6): 379-392, 1970.
14. Erdogan, E. Fracture mechanics. International Journal of Solids and Structures, (27): 171-183, 2000.
15. Estrada-Cingualbres, R.; González-Utría, E. Fundamentos de la medición

- de tensiones y deformaciones. Dpto. Ingeniería Mecánica. Universidad de Holguín, Cuba, 2001.
16. Fernández-Levy, G. Resistencia de materiales. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 1981.
 17. Freund, J.; Simona, G. Modern Statistics. 8 the Edition. Ed. Prentice Hall. New Jersey, USA, 1992.
 18. Gdoutos, E. Fracture mechanics. An introduction. 2 and Edition Ed. Springer Netherlands. Democritus University of Thrace, Xanthi, Greece, 2005.
 19. Goyos, P. L. y Martínez, R. H. Tecnología de la fundición II. Editora ISPJAE. 1991.
 20. Guliaev A. P, Metalografía. Editorial MIR- Moscú, 1988.
 21. Guliaev, B. B. Teoría de los Procesos de fundición. Editorial Construcción de Maquinaria. Leningrado, 1976.
 22. Hernández, E. Propuesta de un material para fabricación de tambora trasera y delantera de los ómnibus Yutong. Tesis de Diplomado, universidad de Moa; Antonio Núñez Jiménez, 2012.
 23. Janowak, J.; Gundlach, R. Fundiciones Grises Aleadas (y2) Fundición Año XXXIII- segunda etapa- mayo-junio, 1987.
 24. Kurz, W, Fisher D. J., Fundamentals of Solidification, Trans Tech Pub., 1986.
 25. Luque P.; Álvarez D.; Vera C. Ingeniería del Automóvil. Sistema y Comportamiento Dinámico. Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
 26. Moffat, W.G.; Pearsall, G.W.; Wulf J. The Structure and Properties of Materials, Vol. 1, Structure, p. 195(2001).
 27. Reinoso A. Tecnología de fundición para fabricación de tambora trasera y delantera de los ómnibus Yutong. Tesis de Diplomado, universidad de Moa; Antonio Núñez Jiménez, 2012.
 28. Salcines, C. M. Tecnología de Fundición II. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1985.

29. Salcines, R.C. Tecnología de fundición. Editorial Pueblo y Educación. (Tomo I, 1era y 2da parte). La Habana, 1985.
30. Sánchez, R.; Torres, S. Estadística elemental. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 1989.
31. Sturla, A.; Castellano, E. Metalografía microscópica: guía práctica de metalografía microscópica y macrografía. Buenos Aires: Alsina. 1951.

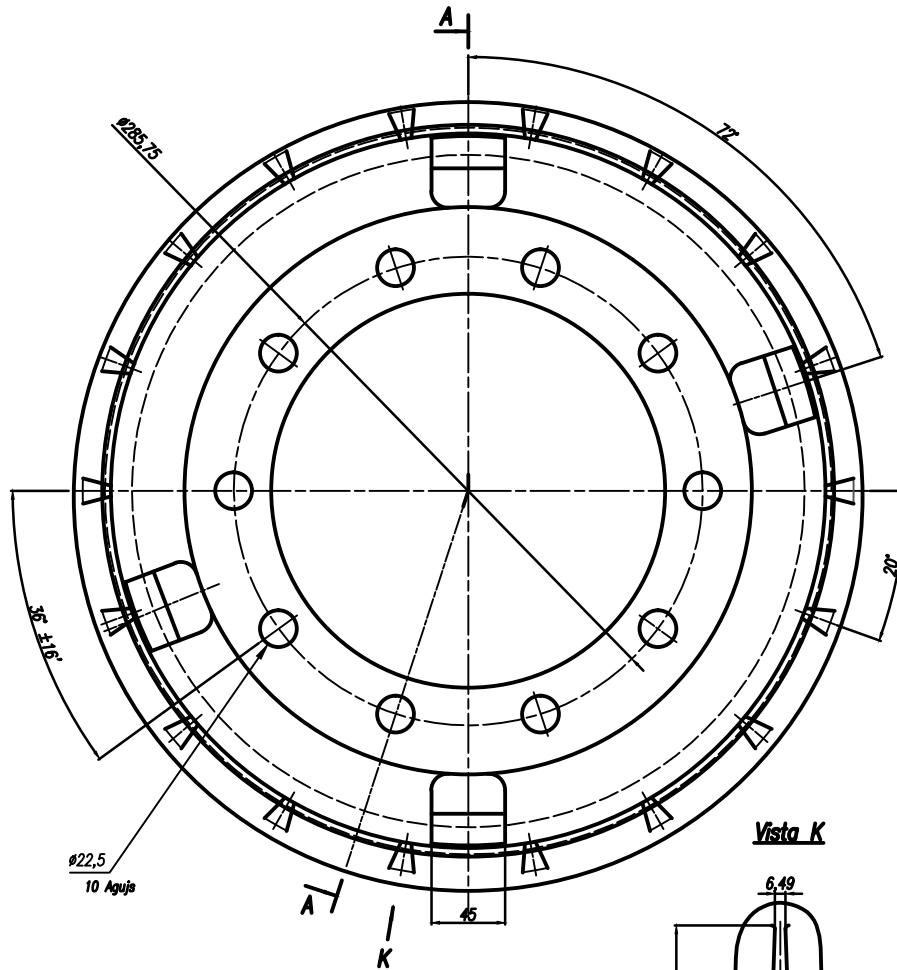
ANEXO 1. Ficha técnica del ómnibus estudiado

Ítem		
Modelo	Autobús de modelo ZK6118HGA-6(Arabia Saudita)	
Estándar ejecutivo		
Posición del logo y modelo del autobús	Superficie superior del manto delantero del vehículo, superficie exterior del manto lateral izquierdo	
Código VIN (contenido y posición)		Posición engravada: La viga grande de la parte trasera del marco del vehículo
El uso del autobús	Carga de pasajeros: 54/70	
Posición de placa de datos	En la pared trasera del estibo de la puerta delantera en el vagón	
Parámetros de dimensión	Largo × Ancho × Alto(mm):11600×2500×3265(3075)	
Parámetros de funciones	Velocidad máxima(km/h):110	
	Distancia de freno (m): V_0=30km/h:≤10	El diámetro mínimo de vuelta(mm)≤24
	Angulo de acercar/ alejar(°):7/7	Espacio min. al terreno(mm)195
Parámetro de pesos	Pesos totales máximos y la carga de ejes correspondientes(kg):16500/5500(delantero)/11000(trasero)	
	Peso del equipo entero y la carga de ejes correspondientes(kg): 11900/3900/8000	
Especificación del neumático	295/80R22.5	

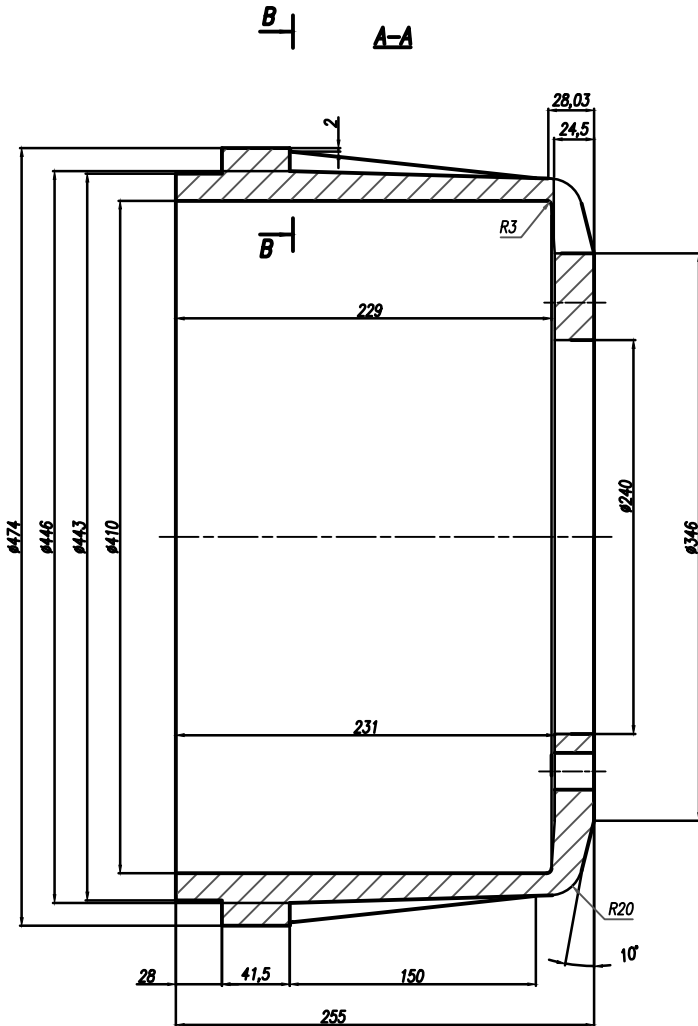
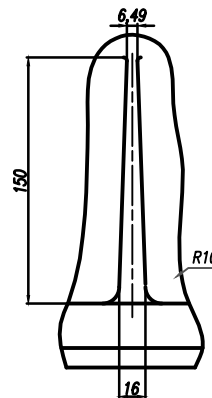
ANEXO 2. Carta tecnológica de fundición para la tambora trasera

		Empresa Mecánica del Níquel "Comdte: Gustavo Machín Hoed de Beche" UEB de Fundición				Modelo R-01 / ST-P-001 Carta del Proceso Tecnológico de Fundición en Moldes de Arena				
Número de Plano		436035				Orden de trabajo		E-860001		
Denominación		Tambora Trasera				No Tecnología		4H504 Rev.		
Material		Masa, KG								
Norma	Marca, Descripción.	Pieza	Pieza Fundida	Sistema de Aliment.	Metal líquido para Fundir	Metal líquido en el molde	Cant piezas en el molde	Pzas Fund Útiles, %		
ASTM A159-83	G3500b/Fe21	76	84	9,38	125,38	250,76	2	67		
Sistema de Alimentación, mm					Profundidad secado del molde, mm	Permanencia molde antes de fundir, h	Tiempo envejecim. del molde, h			
ØTragadero	Escoreador		Alimentador							
Ø 38	31X21X31		24X20X11		-----	4	-----			
Juego de Plantilla					Mazarotas					
Descripción		Cant.	Descripción		Cant.	Núm.	Cant.	Base	Vértice	Altura
Entera		2	-----		-----	1	4	Ø 40	Ø 112	200
Sistema de Alimentación		1	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
Caja de macho		1	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
Mazarotas		8	-----		-----	-----	-----	-----	-----	-----
Caja de Moldeo				Mezcla de Moldeo			Clavos de Fundición			
Posición	Diám. Largo	Ancho	Altura	Tipo	Número	Masa	Dimensiones, mm		Cant.	
Superior	1000	800	400	cara/relleno	Auto frag	560	-----		-----	
Inferior	1000	800	200	cara/relleno	Auto frag	373	-----		-----	
Soporte			Enfriadores				Sujeción del molde			
Material	Tipo, Tamaño	Cant.	Núm.	Material	Dimensiones	Cant.	Cantidad de grapas	Masa del contrapeso.		
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4	-----		
Pintura Anticostra				Vertido del molde			Permanen. pieza fundida		Masa del Molde Vertido	
Forma	Descripción	Espesor	Capacidad Cazuela	Cant. de	Temp. del Metal, °C	Duración Seq.				
A brocha	Base Zirconio	2 Manos	500 Kg	1	1280-1300	24	10 horas		2183,76	
Observaciones:										
Contracción del metal Líquido 1%. Comprobar el peso de la pieza fundida. Ventilación en el molde superior con aguja de Ø 4 - 5 mm. Calentar la cazuela de 700-800 C. Colocar las 4 mazarotas a 90 grados y suplementarlas hasta la altura de 200 mm. Realizar dos moldes de prueba (serie cero).										
								Hoja No	1	
								Firma	Fecha	
								Elaboró		
Mod	Cant	No Notif	Firma	Fecha	Aprobó			Cant hojas		

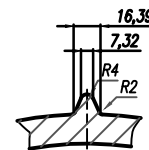
436035



Vista K



B-B



- 1- Modelo número: 35N12-02075-B.
 2- Radios de fundición no señalados: 2...4 mm.
 3- Especificaciones de calidad e inspección según la norma ASTM A 159-83 (Reapproved 1993):
 material grado G3500b, composición según tabla X1.2, dureza HB= 207...255, # impresión
 Brinell= 4,2...3,8 mm (bola #10 mm, carga de 3000 kg), grafito Tipo VI, dimensiones clases 3...5,
 distribución A con matriz de perilla laminar según ASTM A 247-67 (Reapproved 1998).
 4- Tratamiento térmico: recocido de estabilización.
 5- Las desviaciones límite de las dimensiones no toleradas tomarías según H14, h14, $\pm IT \frac{1}{2}$
 según NC 16-33:80.
 6- Eliminar aristas cortantes con biselos de 1,5x45°.
 7- Balanceo dinámico a 600 min⁻¹.

					ISMM			
					Etapas de Elaboración			
					Masa	Esc	Hoja.No	Cant de hojas
					61 kg	12	1	1
					436035			

Mod	Cant	No	Notif	Firma	Fecha
Dib			E Galano		25/05/17
Proy					
Rev					
Cont.nor					
Cont.téc					
Aprob					

TAMBORA TRASERA		Norma: ASTM A 159-83	
		Material: Grade G3500b	

N° Invent.OT. Fecha y Firma Sustituye a N° Invent. D. Fecha y Firma