Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración (PI): Diseño del sistema de masas no suspendidas para el vehículo BAJA SAE UAM 2022.

Modalidad: Proyecto Tecnológico.

Versión: Segunda.

Trimestre Lectivo: 22I

Datos de los Alumnos:

Nombre: Brian Quintero Yáñez 2172004752.
Correo electrónico: al2172004752@azc.uam.mx

FIRMA

Nombre: Luis Alejandro Vegas Salazar 2183038424.
Correo electrónico: al2183038424@azc.uam.mx

FIRMA

Nombre: Luis Fernando Villalobos Baza 2183037436.
Correo electrónico: al2183037436@azc.uam.mx

FIRMA

Asesores y Co-asesor:

Nombre: Ing. Romy Pérez Moreno.
Categoría: Asociado.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55)5318-9069.
Correo electrónico: romy@azc.uam.mx

FIRMA

Nombre: M. en C. Gilberto Domingo Álvarez Miranda
Categoría: Titular.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55) 5318-9066.
Correo electrónico: gdam@azc.uam.mx

FIRMA

Nombre: Dr. Pedro Rosas Quiterio.
Categoría: Asociado.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55)6346-1207.
Correo electrónico: prqu@azc.uam.mx

FIRMA

19/05/2022

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

BRIAN QUINTERO YÁÑEZ

LUIS ALEJANDRO VEGAS SALAZAR

LUIS FERNANDO VILLALOBOS BAZA

ING. ROMY PÉREZ MORENO

M. EN C. GILBERTO DOMINGO ÁLVAREZ MIRANDA

DR. PEDRO ROSAS QUITERIO

1. Introducción.

BAJA SAE es una competencia organizada por la *Society Of Automotive Engineers (SAE)* que consiste en el diseño, fabricación y puesta a prueba de vehículos todoterreno, dirigido a estudiantes universitarios.

Uno de los sistemas que conforma el vehículo es el de **masas no suspendidas**, constituido por: sistema de frenado (caliper, discos de frenos, balatas, líneas hidráulicas, cilindros maestros), llantas, rines, mazas (pieza que soporta a los frenos, rines y se conecta a la suspensión) y flechas de transmisión.

Ilustración 1. Vehículo BAJA SAE UAM 2019.

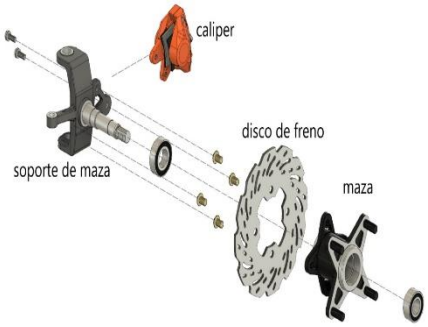

Ilustración 2. Componentes masa no suspendida [1].

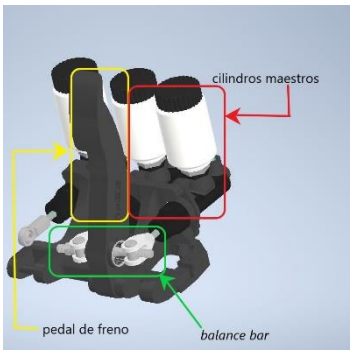

Ilustración 3. Piezas necesarias para el accionamiento de los frenos [2].

Las mazas actuales del vehículo BAJA SAE 2019 agregan una gran cantidad de peso al sistema debido a que fueron elegidas de un vehículo comercial de mayor peso y potencia. El balance bar en conjunto con los cilindros maestros no proporcionan una correcta distribución de la potencia de frenado, la cual se recomienda que sea 60% al eje delantero y el resto al eje trasero. El diseño del pedal de freno no tuvo un diseño correcto y presentó falla por fatiga. Existen pérdidas de presión en las líneas hidráulicas, lo que provoca un desempeño deficiente en el frenado. Los discos de frenos han mostrado un desempeño adecuado en las pruebas realizadas en el vehículo.

En esta propuesta se propone realizar el diseño de las mazas delanteras y traseras, considerando materiales ligeros y geometrías acordes a los esfuerzos a las que serán sometidas en una pista de terracería. Se realizará el diseño de un balance bar y la selección adecuada de los cilindros maestros que proporcionen una adecuada distribución de la potencia de frenado. Se analizarán las cargas presentes durante los ciclos de frenado, para seleccionar el material y la geometría del pedal de freno.

Finalmente, se analizarán las distintas opciones de conectores comerciales para las líneas hidráulicas y así seleccionar las más idóneas. En el desarrollo de este proyecto se emplearán programas de diseño asistido por computadora proporcionados por Autodesk, así como herramientas de ingeniería asistida por computadora empleando las licencias ANSYS, proporcionadas en patrocinio por Grupo SSC.

2. Antecedentes.

Propuesta del sistema de frenos para un vehículo BAJA SAE 2021 (Universidad de Carabobo)

En este proyecto, realizado por la Universidad de Carabobo, se llevaron a cabo investigaciones tomando en cuenta los tipos de frenos existentes en el mercado, a los cuales se le realizaron diferentes pruebas para verificar cuál sistema era el que mejor se adaptaba a un vehículo tipo BAJA SAE, llegando a la conclusión de que el sistema de frenos de disco era el adecuado [3]. Considerando lo anterior, se propone mantener el sistema de frenos de disco para la construcción del vehículo 2022.

Baja SAE UAM Azcapotzalco 2017

En el reporte técnico de este proyecto se informó de problemas en el frenado causados por la presencia de pérdidas de presión en las líneas hidráulicas en su conexión con los cilindros maestros [4]. Por lo tanto, es de suma importancia procurar la hermeticidad de las uniones en todo el sistema hidráulico, seleccionando los componentes comerciales idóneos.

Baja SAE UAM Azcapotzalco 2018

En el reporte del año 2018, nuevamente se informó de la presencia de fugas en el sistema hidráulico, resultado de malas conexiones entre componentes. Esta falla recurrente refuerza la necesidad de una selección adecuada de los conectores. También se encontró que con el accionamiento continuo del pedal de freno se produjeron fallas por fatiga en los vástagos que transmiten la fuerza a los cilindros maestros [5]. Por lo anterior, es necesario realizar simulaciones de fatiga para seleccionar los cilindros maestros adecuados.

Baja SAE UAM Azcapotzalco 2019

En el reporte técnico de este año se indica el uso de un *Balance Bar* para distribuir la potencia de frenado, el cual funcionó de manera adecuada. El pedal fabricado en aluminio presentó un daño estructural debido a una falta de un análisis por fatiga. También se reportaron deficiencias en la maniobrabilidad derivadas de las mazas empleadas [6]. Considerando los resultados del reporte del año 2019, se considerará para esta propuesta diseñar mazas ligeras y evaluar la fabricación o adquisición de algún elemento comercial semejante al diseño. Asimismo, se propone realizar un análisis por fatiga al pedal de frenos que se diseñe.

SAE Baja Brakes 2018 (UTAH State University)

En la universidad de UTAH el equipo de frenos desarrolló un sistema basado en 3 requisitos:

1. Diseñar un sistema de frenos con la capacidad de bloquear las 4 llantas del coche que se encuentra viajando a una velocidad de 30 mph.

2. Diseñar un sistema para distribuir la fuerza de frenado entre la parte trasera y la delantera.

3. Diseñar y fabricar soportes para fijar el sistema de frenos al vehículo.

Después de las pruebas realizadas, encontraron que las pinzas y los rotores elegidos producen la fuerza de frenado necesaria, incluso una fuerza muy superior a la requerida [7].

Considerando el informe técnico del proyecto realizado por la Universidad de UTAH, se procurará calcular de forma correcta la fuerza de frenado necesaria para el adecuado funcionamiento de los frenos, sin incrementar de manera innecesaria el tamaño de los componentes, permitiendo reducir el peso del sistema.

3. Justificación.

En el año 2019, el equipo BAJA SAE UAM de la Unidad Azcapotzalco construyó un prototipo de un vehículo tipo BAJA SAE. De manera general, el desempeño del vehículo relacionado al área de masas no suspendidas fue bueno, pero se presentaron dos principales problemas: el pedal de freno fue rediseñado para disminuir su peso, sin embargo, no soportó las cargas cíclicas a las que se sometió y fue remplazado de último momento por el pedal usado el año anterior. Otra complicación fue la presencia de fugas de líquido de frenos en los cilindros maestros. También se observó que existe una gran área de oportunidad en cuanto a las masas delanteras y traseras, pues podría reducirse el peso en ellas y mejorar la maniobrabilidad del vehículo.

Por lo anterior, se propone diseñar y construir un sistema de masas no suspendidas ligero y eficiente, minimizando la probabilidad de que se den fugas de fluido, para lograr frenar el vehículo en las condiciones indicadas en el reglamento.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar e implementar el sistema de masas no suspendidas para disminuir el peso que aporta al vehículo considerando que sus elementos presenten geometrías esbeltas y de fácil recambio en la competencia.

Objetivos particulares.

Evaluar el sistema de masas no suspendidas del BAJA SAE UAM 2019 con la finalidad de recopilar y analizar los datos que serán obtenidos en pruebas realizadas a este vehículo.

Diseñar el *balance bar* haciendo énfasis en los vástagos y los cilindros maestros.

Desarrollar un pedal de frenos, eligiendo un material y una geometría que sea resistente a la fuerza que ejerce el piloto.

Implementar el sistema de masas no suspendidas al vehículo BAJA SAE UAM 2022.

Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022.

5. Descripción Técnica.

El vehículo usará un sistema de un solo pedal que deberá accionar directamente los dos cilindros maestros, los cuales contarán con depósito de aceite de frenos independiente (reglamento de la competencia) y serán accionados a través de un enlace rígido con el pedal. Los frenos detendrán al vehículo desde su velocidad máxima hasta un alto total bloqueando las cuatro ruedas en una distancia no mayor a 5 m en distintos tipos de superficies, como son: mezcla de pasto corto con tierra suelta, en asfalto y en tierra suelta.

Independientemente del coeficiente de adherencia y la fuerza de frenado máxima, se debe distribuir la fuerza de frenado de manera proporcional al peso que soportarán los ejes al momento de accionar el pedal. El *balance bar deberá* permitir ajustar el porcentaje de frenado entre los ejes delanteros y traseros en una relación 60:40.

Las mazas deben tener la geometría adecuada para ser capaces de dar soporte a los rines, discos de freno, calipers, ejes y horquillas.

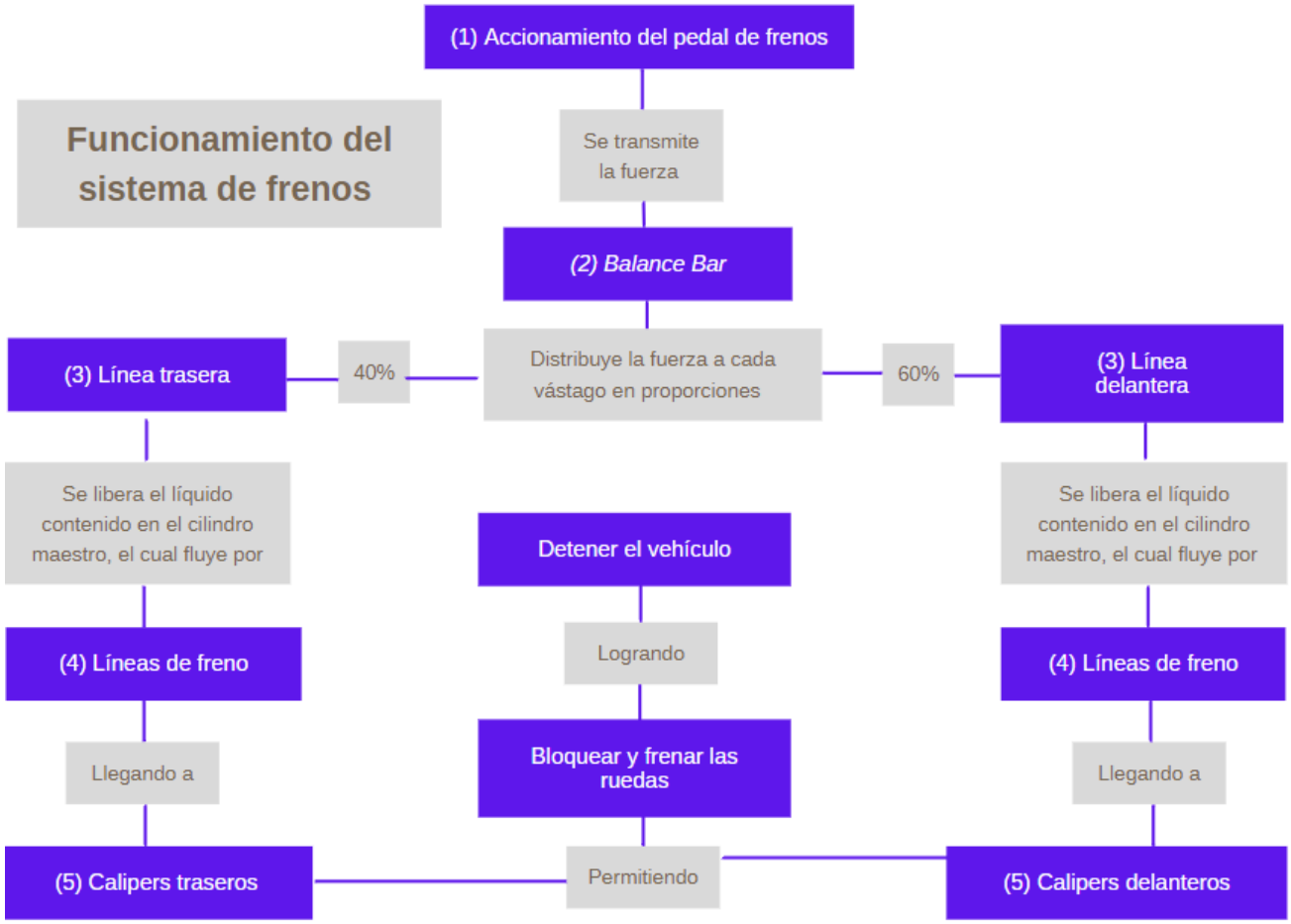

Diagrama 1. Funcionamiento del sistema de frenos.

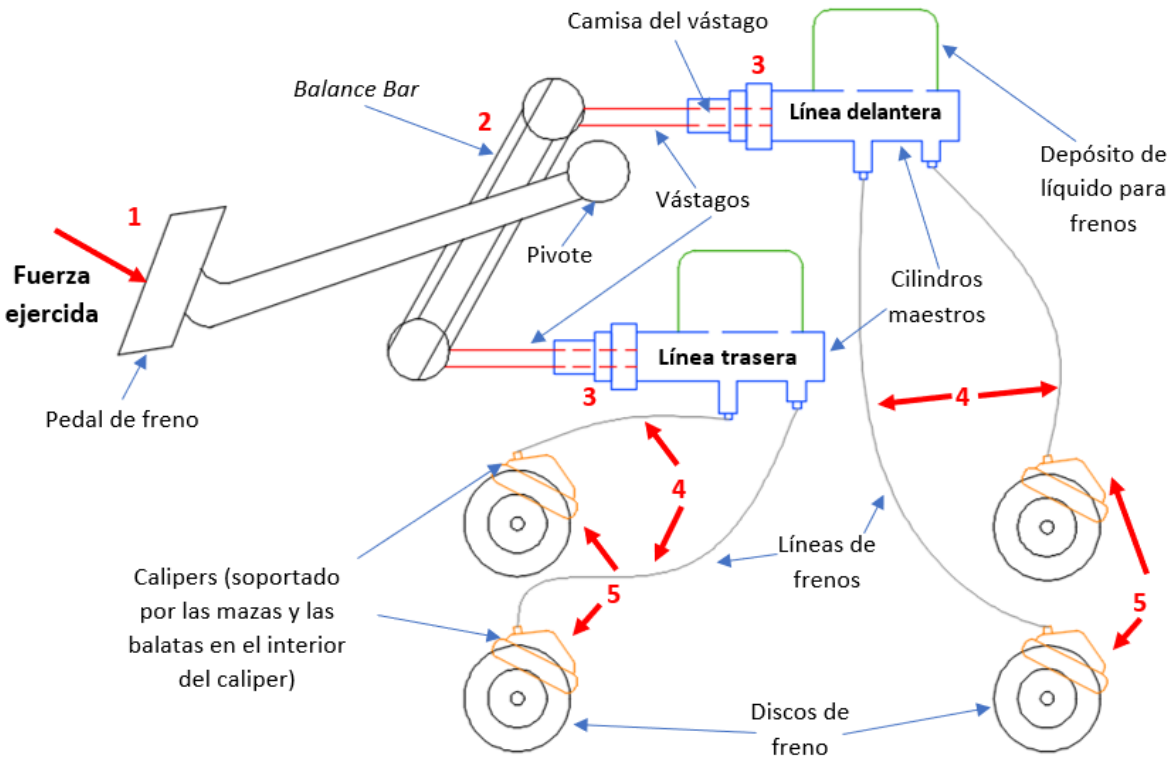

Figura 4. Esquema del funcionamiento del sistema de frenado

6. Normatividad

NOM-113-SCFI-1995 (Líquido para frenos hidráulicos empleado en vehículos automotores - Especificaciones de seguridad y métodos de prueba).

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de seguridad y los métodos de prueba que deben cumplir los líquidos para frenos hidráulicos compuestos de aceite no mineral, incluyendo aquéllos que tienen como base productos sintéticos, usados en vehículos automotores.

NMX-D-315-IMNC-2015 (material de fricción para el sistema de frenos).

Esta Norma Mexicana establece los requisitos que deberían cumplir los materiales de fricción empleados en los sistemas de frenos de los vehículos con aplicación automotriz, transporte, carga ligera y pesada, y otras aplicaciones fuera de carretera y todas las subsecuentes que tengan como finalidad el traslado de personas y/o mercancías.

Se aplica a los frenos de disco, conjunto de segmentos vulcanizados y/o remachados para vulcanizar y/o remachar, block para frenos de aire en todas las aplicaciones mencionadas en el párrafo anterior.

Reglamento establecido por BAJA SAE 2022 para el diseño del vehículo y el sistema de masas no suspendidas

En este se menciona las reglas claras de diseño del sistema de frenos que deben seguirse para poder participar en la competencia sin ningún inconveniente. Una de las reglas principales para este sistema es contar con circuitos hidráulicos de frenos independientes, cada uno con su depósito de líquidos para el eje trasero y delantero, permitiendo esto una mayor seguridad en caso de que alguno de los circuitos falle. Además, el pedal debe accionar los cilindros maestros mediante un enlace rígido únicamente.

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización: Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

	Trimestre 22 - P												
	Actividades	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar pruebas físicas al vehículo 2019	X											
2	Analizar los datos obtenidos del vehículo BAJA SAE 2019	X	X										
3	Diseñar en un entorno CAD el sistema de accionamiento de cilindros maestros, el pedal y el Balance Bar	X	X	X									
4	Simular la cinemática del pedal y el sistema Balance Bar			X									
5	Diseñar las masas delanteras y traseras		X	X									
6	Analizar la fabricación de las mazas y comparar con la adquisición de elementos comerciales similares			X									
7	Fabricar o adquirir las masas delanteras y traseras				X	X	X						
8	Analizar en ANSYS los esfuerzos y deformaciones presente en las masas delanteras y traseras					X	X						
9	Fabricar el soporte de los cilindros maestros							X					
10	Ensamblar e integrar el sistema de frenado en el vehículo									X	X	X	X

	Trimestre 22 - O												
	Actividades	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar pruebas en el vehículo 2022	X	X										
2	Corregir errores que se presenten		X	X									
3	Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022			X	X								
4	Elaborar y entregar el Reporte Final	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

8. Entregables

Reporte final de proyecto de integración.

Sistema de masas no suspendidas funcionando en el vehículo.

9. Referencias bibliográficas

[1] Dhameshiya, 2021, “ATV KNUCKLE ASSEMBLY.”, de https://grabcad.com/library/atv-knuckle-assembly-1

[2] Lie Larsen, F., 2018, “Tilton PedalBox Assembly for FSAE Project.”, de https://grabcad.com/library/tilton-pedalbox-assembly-for-fsae-project-1

[3] Correa-Arciniegas, J., Mago, M., Ríos, R., Vallés, L., 2021, “Propuesta del sistema de frenos para un vehículo Baja SAE,” Revista Ingeniería Universidad de Carabobo, **28**(2.), pp. 294-307.

[4] Franco Marroquín, F., Lemos Samboni, J. I., Rivera Rodríguez, R., 2017, “Rediseño del sistema de masas no suspendidas para un vehículo Baja SAE,” Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana.

[5] Cervantes Vidal, Jose., Olvera Manzanilla, L. E., Rodriguez Delabra, L., 2018, “Rediseño del sistema de masas no suspendidas para el Vehículo Baja SAE 2018,” Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana.

[6] Chávez Frías, J. A., Yáñez Arvizu, G., 2019, “Rediseño del sistema de masas no suspendidas para el Vehículo Baja SAE 2019,” Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana.

[7] Holden, A., Janke, B., 2018, “SAE Baja Brakes”. College of Engineering (MAE Students), Utah State University.

[8] Pérez Alba, J. A., Pérez Alba, J. C., 2021, “La suspensión en el automóvil.”. Comforp.

[9] E-auto, 2016, “Frenos 2 - cilindros maestros.”, de https://e-auto.com.mx/enew/index.php/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos

[10] Hella, 2018, “Cálipers.”, de https://www.hella.com/techworld/mx/Lineas-de-producto/Sistemas-frenos/Calipers-47971/

[11] Acdelco, 2021, “Balatas Acdelco.”, de https://acdelco.mx/balatas-de-carro

[12] Sampat, V., 2016, “Balance bar-brakes.”, de https://grabcad.com/library/balance-bar-brakes-1

[13] Lesschwab, 2022, “Do I Really Need Brake Service?”, de https://www.lesschwab.com/article/do-i-really-need-brake-service.html

10. Terminología

Sistema de masas no suspendidas. Consiste en todos los elementos que intentan seguir la orografía y se encuentran por debajo de los elementos elásticos de suspensión.

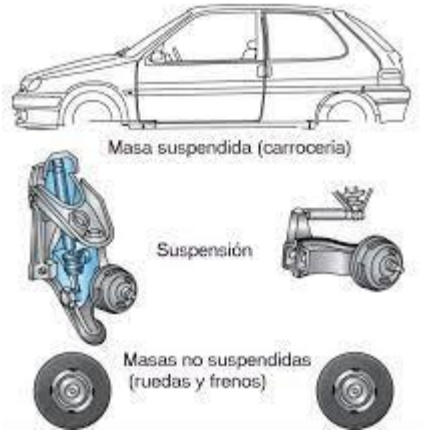

Figura 5. Masas suspendidas y no suspendidas [8].

Cilindro maestro. Cámara generadora de presión en el líquido de frenos.

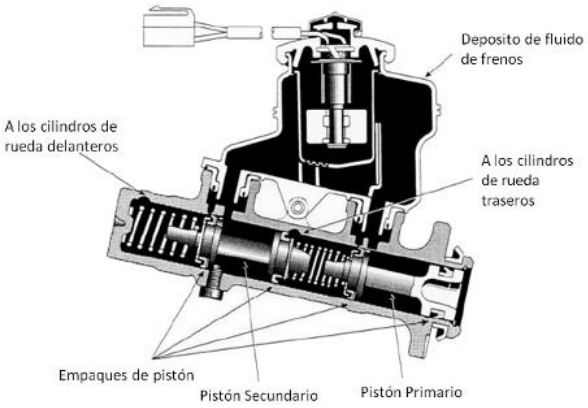

Figura 6. Partes de un cilindro maestro [9].

Caliper. Pieza encargada de albergar los pistones que ejercen presión sobre las balatas para así crear un torque opuesto al del movimiento del disco de freno.

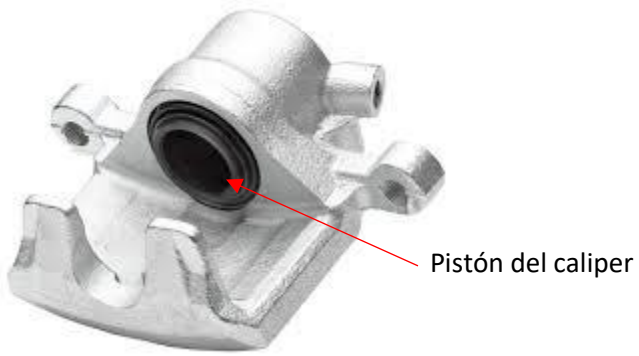

Figura 7. Caliper [10].

Balata. Elemento metálico o cerámico encargado de generar fricción con el disco de frenos.

Figura 8. Balatas [11].

Balance Bar. Sistema encargado de distribuir la potencia de frenado de los cilindroas maestros.

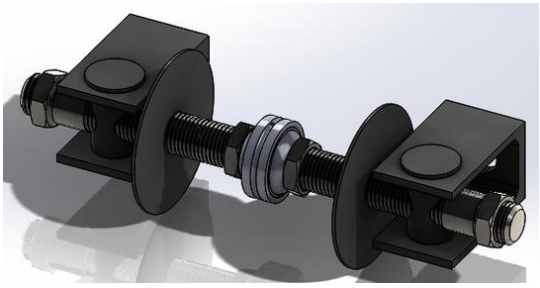

Figura 9. *Balance Bar* [12].

Frenos de disco. Sistema de frenado en el que se acopla un elemento circular plano a la llanta para que mediante fricción con las balatas se logre reducir la velocidad rotacional.

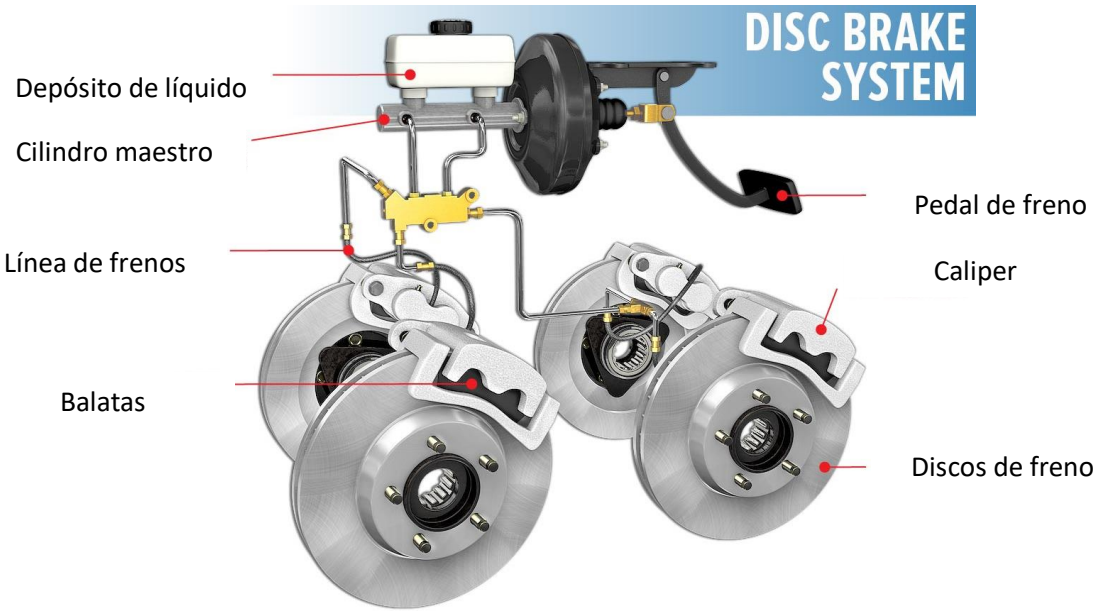

Figura 10. Sistema de frenos de disco [13].

11. Infraestructura

Taller de mecánica de la UAM Azcapotzalco.

Centro de Desarrollo Asistido por Computadora (CEDAC Alexandria).

12. Asesoría complementaria

No se requiere.

13. Publicación o difusión de los resultados

Página oficial de la UAM Azcapotzalco.

Competencia Baja SAE 2022.

Gaceta universitaria de la DCBI.

Diseño del sistema de masas no suspendidas para el vehículo BAJA SAE UAM 2022.

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
Pág.	Comentario del CEIM	Pág.	Cambio realizado
1	Los autores consideran que el lector está involucrado en el proyecto al mismo nivel que ellos.	1	Se procuró dar una mejor introducción al lector para que comprenda el tema central del trabajo.
3	Se habla de tantas cosas que no se entiende lo que harán. En un momento hablan de lo que harán al concluir la construcción del vehículo. Se da la idea que construirán el vehículo completo. Los alumnos participarán en una etapa de la construcción.	3	Se abordó de manera más concisa para que el lector comprenda de manera simple el alcance del proyecto.
4	Se presenta un relato histórico, modificar esa redacción.	4,5	Se modificó la redacción de los antecedentes para explicar de manera puntual la aportación intelectual a este trabajo. Además, se redujo la cantidad de antecedentes.
7	Los autores consideran que el lector está involucrado en el proyecto al mismo nivel que ellos	5	Se mantuvo la idea general del objetivo general pues se considera que la lectura esta a nivel del lector luego de haber modificado la introducción.
7	Errores de redacción	5	Se realizaron cambios en la redacción.
8	Se pide agregar un objetivo especifico propuesto por el CEIM	5	Se agregó el objetivo específico propuesto
8	Revisar la necesidad de presentar las tablas de datos y la explicación funcional de las partes.	6,7	Se retiraron las tablas de datos y se modificó la redacción para mejorar la explicación, además se integró un diagrama a bloques de las partes que integran el sistema de frenos.
10	El resumen del reglamento de la competencia no debe incluirse.	8	Se retiró el fragmento citado del reglamento BAJA SAE y se redactó un resumen del reglamento en cuestión.
14	Se sugiere agregar actividades propuestas por el CEIM al cronograma	8	Se agregaron actividades propuestas, se retiraron actividades que ya no se contemplan en el proyecto y se reajustaron los plazos de tiempo.
15	Los autores consideran que el lector está involucrado en el proyecto al mismo nivel que ellos y que son expertos en el tema	10,11,12	Se agregaron términos en la terminología para facilitar la comprensión del tema al lector.