Licenciatura: Ingeniería Mecánica
Nombre del Proyecto de Integración (PI): Diseño y construcción de un sistema de suspensión y dirección para un vehículo BAJA SAE UAM 2023
Modalidad: Proyecto Tecnológico
Versión: Primera
Trimestre Lectivo: 23P

Datos de los alumnos:

Nombre: Bautista Popoca Andres
Matricula: 2183081596
Correo: al2183081596@azc.uam.mx
Teléfono: 55 8469 9920
Firma:

Nombre: Carrillo Espejel José Noel
Matricula: 2182000748
Correo: al2182000748@azc.uam.mx
Teléfono: 59 5120 7109
Firma:

Nombre: Flores Galindo Eliseo Isaac
Matricula: 2193001297
Correo: al2193001297@azc.uam.mx
Teléfono: 55 7602 6213
Firma:

Asesor: Ing. Romy Pérez Moreno
Categoría Asociado.
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: (55) 2900-3893
Correo electrónico: romy@azc.uam.mx
Firma.

Asesor: Dr. Francisco Beltrán Carbajal.
Categoría Titular.
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: (55) 5318-9000
Correo electrónico: fbeltran@azc.uam.mx
Firma.

Co-Asesor: Dr. Iván González Uribe
Categoría: Asociado.
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: (55) 3306 7531
Correo electrónico: igu@azc.uam.mx
Firma.

Fecha: 27 de Septiembre del 2023

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.

Bautista Popoca Andrés

revisar

Carrillo Espejel José Noel

Flores Galindo Eliseo Isaac

Ing. Romy Pérez Moreno

Dr. Francisco Beltrán Carbajal.

Dr. Iván González Uribe

1. Introducción.

La competencia BAJA SAE MÉXICO 2023 consiste en diseñar y construir un vehículo 4x4 con el objetivo de ser sometido a diferentes pruebas de rendimiento de acuerdo con los parámetros establecidos por la *Society of Automotive Engineers* (SAE).

Los amortiguadores son componentes de un vehículo que ayudan a absorber y disipar energía que se genera por irregularidades en el camino. Esto proporciona una conducción más estable y suave al reducir las vibraciones de las ruedas principalmente por la seguridad y el rendimiento [1]. Para el diseño y selección de los amortiguadores se utilizará un modelo matemático de dos grados de libertad para obtener los parámetros y características que estos deben de poseer. Establecido el diseño se elegirá si se encarga la manufactura o se adquieren elementos comerciales.

El sistema de suspensión está relacionado principalmente con las llantas y con la jaula, con el objetivo de amortiguar las vibraciones que se produzcan cuando las llantas siguen el perfil del terreno, de este modo el vehículo poseerá una mayor estabilidad y maniobrabilidad [2].

Se realizó un análisis al vehículo BAJA SAE UAM 2022, y se encontró que las horquillas de la suspensión delantera cuentan con una curvatura en su diseño, esto compromete la distribución adecuada de las cargas debido a una vibración o impacto. Asimismo, el sistema de suspensión trasero que se utilizó para el vehículo BAJA SAE UAM 2022 cuenta con irregularidades en su diseño, puesto que está mal configurado el tipo de sistema de suspensión (McPherson). El diseño propuesto para el sistema de suspensión delantero tendrá como propósito eliminar dicha curvatura, manteniendo al vehículo dentro de los límites de ancho establecidos por la SAE que es de 1.62 m. Debido a que habrá un eje que pasará entre las horquillas delanteras para llegar a la llanta, se tendrá que diseñar un nuevo soporte para el amortiguador en las horquillas superiores del sistema de suspensión, además de tener en consideración que la orientación del amortiguador se acerque lo más posible a la vertical con el fin de obtener una adecuada disipación de esfuerzos provocados por el terreno irregular. Para la suspensión trasera del vehículo se propone implementar el mismo sistema de suspensión, pero utilizando las mismas condiciones que este sistema tiene en la literatura de "*Vehicle Dynamics: Theory and application"* [3]. Se diseñarán los brazos que unen a la llanta con la jaula antivuelco, tomando en cuenta el comportamiento que tendrán los esfuerzos y la posibilidad de reducir el peso del vehículo.

El sistema de dirección es un mecanismo que tiene como propósito dirigir las ruedas que se encuentran en la parte delantera de un vehículo. Este mecanismo es muy simple ya que transforma un movimiento rotacional a un movimiento lineal [4]. Dado el antecedente favorable que se tiene del vehículo BAJA SAE UAM 2022, se volverá a implementar el mecanismo de dirección piñón cremallera para el vehículo BAJA SAE UAM 2023. Sin embargo, se propondrá ubicar la cremallera sobre el soporte del diferencial delantero para dar espacio a los nuevos elementos a incluir sin aumentar la tensión de las bieletas de dirección.

Los recursos necesarios para la construcción provienen de un fondo al que aportan diferentes instancias de la universidad: rectoría general y de unidad, secretaria de unidad, división de CBI y de CyAD, departamento de energía, electrónica y materiales; así como instancias externas (Fundación UAM, empresas privadas, personas físicas).

2. Antecedentes.

En el año 2015, los estudiantes de Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico de Worcester, Allan Richard Burgess, Eric Raymond Crevoiserat, Jorge Alberto Martínez y Matthew Cote, realizaron el proyecto que tiene como título “Diseño y Optimización de un Vehículo Baja SAE” [5]. Se tomará como referencia el diseño que elaboraron para diseñar el mecanismo de dirección para el proyecto BAJA SAE 2023.

En el año 2017, los estudiantes del departamento de Ingeniería Mecánica del Instituto de Tecnología Vishwakarma, Omkar Diliprao Suryavanshi, Prathamesh Prasad Sathe y Mahesh Ashokrao Takey, elaboraron el proyecto “Diseño de caja de cambios de piñón y cremallera para vehículo todo terreno para la competencia baja SAE India y Enduro Student india” [6]. Se tomará como referencia el proceso teórico y experimental que realizaron para el diseño de un sistema de dirección.

En el año 2019, los estudiantes del departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte de Arizona, Jacob Ruiz, Will, Preston, Aaron King, Lucas Cramer, Jake Grudynski, Michael Edirmannasinghe y Jesse Summers, elaboraron la propuesta preliminar “2019-2020 Baja SAE – suspensión delantera y trasera” [7]. Se tomará como referencia la investigación que realizaron para la selección y diseño de la suspensión delantera y trasera.

En el año 2022, los estudiantes de ingeniería mecánica Elías Arias Orive, Francisco Miranda García y José Luis Mendoza Gómez, diseñaron y construyeron el sistema de suspensión y dirección de un vehículo BAJA SAE UAM 2022 [8]. Analizando el diseño y la construcción del sistema de suspensión que implementaron en su vehículo, se tomará como referencia para diseñar el sistema de suspensión para el vehículo BAJA SAE UAM 2023 debido a los resultados favorables.

3. Justificación.

Se propone diseñar y construir un vehículo que cumpla con los estándares solicitados por la competencia de BAJA SAE 2023 ya que el nuevo reglamento implica pasar de un vehículo 4x2 a un vehículo 4x4. Este año se propone mejorar el sistema de dirección ya que el año pasado en el BAJA SAE 2022 se presentaron problemas en el diseño de las bieletas de dirección provocando que al ser construidas de aluminio se fracturaran, por lo que se cambiará el material con el que se fabricará para tener un mejor rendimiento. En la suspensión se propondrá cambiar la geometría de las horquillas y los tirantes de la suspensión que se simularán con ayuda del software ANSYS para conocer la distribución de los esfuerzos que soportan los elementos de la suspensión para corregir las fallas presentadas en casos anteriores.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar y construir el sistema de suspensión y dirección para un vehículo 4x4 BAJA SAE UAM 2023.

Objetivos particulares.

Realizar el diseño mecánico del sistema de suspensión delantero y trasero para un vehículo 4x4.

Diseñar el modelo cinemático del vehículo 4x4 BAJA SAE UAM para determinar las constantes de amortiguamiento y rigidez que debe de tener el sistema de suspensión.

Realizar el diseño mecánico de sistema de dirección para un vehículo 4x4.

Determinar mediante el método de análisis de elementos finitos la geometría adecuada utilizando software de simulación.

Seleccionar y construir todos los elementos de suspensión y dirección.

Implementar el sistema de suspensión y dirección en el vehículo BAJA SAE 2023.

Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE MEXICO 2023.

5. Descripción técnica

La competencia marca unas distancias que como suspensión se debe considerar para no incumplir con un track de 1.62 m como máximo y un wheelbase indefinido como se muestra en la Figura 1.

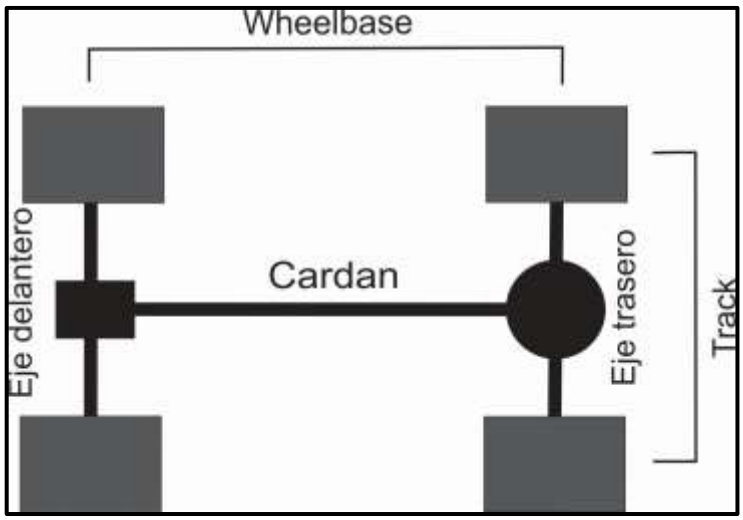

Figura 1. Distancia entre los centros geométricos de las llantas vertical y horizontalmente desde una vista superior.

Suspensión

Para el diseño de las horquillas delanteras y tirantes traseros se propone usar un mecanismo de cuatro barras con una manivela-corredera en inversión. El conjunto de estos mecanismos debe cumplir con una longitud de 30 cm para lograr un track de 1.5 m.

Con base en medidas, cálculos y estimaciones del vehículo 2022, los amortiguadores a calcular e implementar deben cumplir con las siguientes especificaciones como muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Consideraciones de diseño para la suspensión delantera.

Sistema de suspensión delantero	
Parámetros	**Estimaciones**
Masa total del vehículo	$250\ kg$
Constante de rigidez	$4000\ N/m$
Ángulo de giro de las horquillas	$154.50º$
Ángulo de inclinación del amortiguador	$124.92º$

Dirección

Para el cálculo de la dirección se ocupará la geometría de Ackerman (Figura 2) donde con ayuda de las ecuaciones se calculará el ángulo de giro de las llantas como se menciona en la Tabla 2.

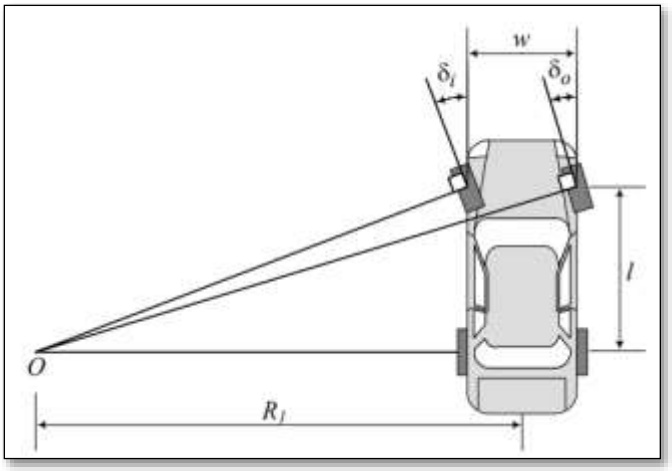

Figura 2. Geometría de Ackerman [9]

Tabla 2. Condiciones de diseño para el sistema de dirección.

Sistema de dirección	
Parámetros	**Valores de referencia [m]**
Angulo de giro interior	0.016369
Angulo de giro exterior	0.021758
Wheel base	1.55
Track	1.50

6. Normatividad

Al estar inscritos en una competencia nacional, los diseños tanto de la suspensión como la dirección se encuentran sujetos a las restricciones que están establecidas en la competencia BAJA SAE 2023.

NOM-017-STPS-2008 “Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo”. Esta norma aplica al proyecto ya que al momento de la utilización de maquinaria o herramientas para la fabricación de las horquillas u otros componentes [10].

NOM-001-STPS-1993 “relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo”. Esta norma aplica al proyecto ya que establece todas las medidas de seguridad con las que deberá de contar el taller para así elaborar el proyecto de manera segura y no ocurran accidentes [11].

En caso de requerir utilizar en vehículo en una vía pública se necesitarán las siguientes normas:

NOM-012-SCT-2, “Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal”. Esta establece las especificaciones de peso, dimensiones y capacidad que debería de cumplir el vehículo en caso de querer utilizarlo en vías públicas [12].

NMX-D-225-IMNC2013, “Seguridad Cintas reflejantes para vehículos automotores Especificaciones. Métodos de prueba e instalación”. Esta norma establece los métodos de ensayo, características y especificaciones de seguridad que deberán de cumplir las cintas reflejantes que sean colocadas al vehículo en caso de querer utilizarlo en vías públicas [13].

7. Cronograma

UEA para la(s) que se solicita(n) autorización.
Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

		SEMANAS											
	ACTIVIDADES DEL TRIMESTRE 23P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Determinar el diseño del sistema de suspensión y dirección.	X	X										
2	Realizar el diseño mecánico del sistema de suspensión y dirección, así como planos y modelos 3D.		X	X	X								
3	Calcular el modelo matemático del sistema de suspensión.			X	X	X	X	X					
4	Simular el modelo matemático de la suspensión mediante software especializado.						X	X					
5	Obtener cotizaciones.							X	X	X	X		
6	Comprar el material necesario para el desarrollo del sistema.							X	X	X	X	X	X
7	Construir el sistema de suspensión y dirección en el vehículo BAJA SAE 2023							X	X	X	X	X	X
8	Implementar el sistema de suspensión en el vehículo.									X	X	X	X

		SEMANAS											
	ACTIVIDADES DEL TRIMESTRE 23O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Caracterizar y corregir, en lo necesario, el vehículo.	X	X										
2	Participar en la competencia BAJA SAE MÉXICO 2023.			X									
3	Realizar y entregar el reporte final del PPI.	X	X	X	X	X	X	X	X				

8. Entregables

Reporte final del proyecto de integración.

Sistema de suspensión y dirección funcionando en el vehículo BAJA SAE UAM 2023.

9. Referencias bibliográficas

[1] LLANTRAC, 2021, “Importancia de los Amortiguadores en tu automóvil”, Recuperado de https://llantrac.com.mx/blog/importancia-de-los-amortiguadores-en-tu-automovil

[2] Gómez, J., 2020, “Sistema de suspensión: definición, tipos de suspensiones y principales elementos”, obtenido de https://www.diariomotor.com/que-es/tipos-esquemas-suspension/

[3] Reza N. Jazar., 2009, “*Vehicle Dynamics: Theory and application”,* Editorial Springer, School of Aerospace Mechanical and Manufacturing Engineering RMIT University Melboume VIC, Australia.

[4] Carlos, L., 2018, “Diseño y construcción del sistema de dirección de un vehículo de competencia formula SAE eléctrico”, Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana.

[5] Allan Richard Burgess, Eric Raymond Crevoiserat, Jorge Alberto Martínez, Matthew Cote, 2015, “Diseño y Optimización de un Vehículo Baja SAE”, Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico de Worcester

[6] Omkar Diliprao Suryavanshi, Prathamesh Prasad Sathe y Mahesh Ashokrao Takey, 2017, “Diseño de caja de cambios de piñón y cremallera para vehículo todo terreno para la competencia baja SAE India y Enduro Student india”, Departamento de Ingeniería Mecánica, del Instituto de Tecnología de Vishwakarma

[7] Jacob Ruiz, Will, Preston, Aaron King, Lucas Cramer, Jake Grudynski, Michael Edirmannasinghe y Jesse Summers, 2019, “2019-2020 Baja SAE – suspensión delantera y trasera”, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte de Arizona

[8] Elías Orive Arias, Francisco Castillo García Miranda, Mendoza Gómez José Luis, 2022, “Diseño y construcción del sistema de suspensión y dirección de un vehículo BAJA SAE UAM 2022”, Proyecto de Integración, Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana.

[9] Reza N. Jazar., 2009, “*Vehicle Dynamics: Theory and application,* Editorial Springer”, School of Aerospace Mechanical and Manufacturing Engineering RMIT University Melboume VIC, Australia, cap. 7.

[10] CCNNSST, 2008, “Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajos”, NOM-017-STPS-2008.

[11] CCNNSST, 1993, “relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo”, NOM-001-STPS-1993.

[12] CCNNSST, 2007, “Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal”, NOM-012-SCT-2-2007.

[13] CCNNSST, 2013, “Seguridad cintas reflejantes para vehículos automotores-especificaciones, métodos de prueba e instalación”, NMX-D-225-IMNC-2013.

[14] Kelly. A., 2021, “BAJA SAE University of Colorado Boulder 2020-2021”, University of Colorado, Boulder, Colorado

10. Terminología

Horquilla: Elemento que forma parte del sistema de suspensión cuya función es la de unir el chasis del vehículo con la rueda.

Suspensión de doble horquilla: Sistema de suspensión con dos horquillas con una forma geométrica similar a la letra “A”. Este sistema de suspensión se considera como un mecanismo de cuatro barras con una inversión.

Suspensión Multi-link: El sistema de suspensión Multi-link cuenta con tres o más brazos que unen a la llanta con el chasis con el objetivo de tener mayor estabilidad con un menor peso.

Suspensión McPherson: En este sistema, un amortiguador y un resorte se combinan en una sola unidad llamada “conjunto de resorte y amortiguador. Este conjunto se monta verticalmente en la parte delantera de las ruedas.

Track: Distancia entre los centros geométricos de las llantas visto desde la parte frontal del vehículo.

Wheelbase: Distancia entre el eje delantero y trasero de las llantas.

Geometría de Ackerman: Configuración geométrica que tiene como propósito determinar el ángulo interior y exterior correcto para las llantas al momento de realizar un giro.

11. Infraestructura

Nombre del laboratorio	Ubicación	Equipo o material
Taller mecánico (TMEC)	Mecánica, edificio 2P, planta baja.	Maquinaria del área.
Laboratorio de metrología	Mecánica, edificio 2P, planta baja.	Herramienta del área.

12. Asesoría Complementaria

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados

Competencia BAJA SAE México 2023.

Páginas pertenecientes a la UAM Azcapotzalco.

Exposiciones realizadas en la UAM.

Páginas del grupo BAJA SAE UAM.