

DESARROLLO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DE CUATRO RUEDAS DEL MONOPLAZA DE FÓRMULA SAE UNIMET

Data de aceite: 01/04/2024

Siro Tagliaferro

Ingeniero de Producción (2012)
Universidad Metropolitana de Caracas,
MBA (2016)
IESA, Ciencia de Datos (2022) UCV,
profesor de tiempo completo en la
Universidad Metropolitana, Caracas
Venezuela con más de 5 años de
experiencia en Ingeniería de Producción
<https://orcid.org/0000-0001-7501-3568>

Alejandro Andrés Tovar Coronado

Universidad Metropolitana de Caracas
(2023)

RESUMEN: El presente trabajo estudia las ventajas que el sistema *Four Wheel Steering* aporta al monoplaza de la agrupación Fórmula SAE UNIMET, para un mejor rendimiento en las pruebas dinámicas de la competencia de Fórmula SAE realizada en Michigan. El trabajo tuvo como objetivo investigar a profundidad el sistema *Four Wheel Steering* para establecer la confiabilidad en el mismo, así como simular, por medio de softwares, el funcionamiento de dicho sistema al ser adaptado al sistema de suspensión del monoplaza. La idea a futuro es realizar pruebas de desempeño

previo y posterior a la instalación del sistema *Four Wheel Steering* y de esa manera poder comparar el desempeño del monoplaza en ambas situaciones. A pesar de que el sistema *Four Wheel Steering* comúnmente requiere un cambio total en la parte trasera del sistema de suspensión, se optó por adaptarlo al sistema de suspensión actual, lo cual reduce costos y peso en el monoplaza. Una vez definidas las posiciones exactas de cada componente del *Four Wheel Steering*, se comprobó que la adaptación al sistema de suspensión no perjudica al funcionamiento de la misma.

PALABRAS-CLAVE: *Four Wheel Steering*, Suspensión, Monoplaza, Fórmula SAE, Prototipo

ABSTRACT: The present work studies the advantages that the *Four Wheel Steering* system brings to the single-seater of the Formula SAE UNIMET group, for better performance in the dynamic tests of the Formula SAE competition carried out in Michigan. The objective of the work was to investigate in depth the *Four Wheel Steering* system to establish its reliability, as well as to simulate, through software, the operation of said system when adapted to the suspension system of the car. The idea

for the future is to carry out performance tests before and after the installation of the Four Wheel Steering system and in this way be able to compare the performance of the car in both situations. Although the four-wheel steering system usually requires a total change in the rear part of the suspension system, it was decided to adapt it to the current suspension system, which reduces costs and weight in the car. Once the exact positions of each steering component on the four wheels were defined, it was verified that the adaptation to the suspension system does not impair its operation.

KEYWORDS: Four-wheel steering, Suspension, Single-seater, SAE Formula, Prototype

ETAPA DEL ESTUDIO

Primera etapa

Investigación bibliográfica, consistió en la documentación por medio de diversos recursos bibliográficos, como trabajos de grado, de manera de tener el manejo de los conceptos asociados al sistema Four Wheel Steering en un vehículo.

Durante esta fase se recabó información acerca del funcionamiento del sistema de dirección en las cuatro ruedas, los componentes necesarios para recrear dicho sistema en un monoplaza.

Se buscó información en trabajos de grado para hallar las fórmulas necesarias para el cálculo de la fuerza mínima que deben tener los actuadores para poder mover las ruedas posteriores.

Se consideraron las reglas de la Formula SAE (en su versión 2022) para tomar en cuenta las limitaciones que se deben tener al implementar un sistema de este tipo en un monoplaza de Formula SAE, saber el ángulo giro permitido para las ruedas posteriores y los elementos que se pueden emplear para el sistema.

Segunda etapa

Adaptar el sistema *Four Wheel Steering* al monoplaza, se trabajó con el sistema de suspensión actual del monoplaza y con los software de diseño y simulación como SolidWorks® y Lotus Suspension Analysis®, de esta forma se podrá analizar el diseño creado de un sistema Four Wheel Steering en funcionamiento junto con el sistema de suspensión actual del monoplaza.

Durante esta etapa se procedió a realizar los cálculos correspondientes para definir el tipo de actuadores lineales que necesitaría el monoplaza para el sistema Four Wheel Steering.

Tercera etapa

Presupuesto del sistema, consiste en calcular el coste total de la implementación del sistema *Four Wheel Steering* incluyendo los componentes mecánicos, eléctricos y mano de obra, y concluir que tan factible es implementar este tipo de sistemas en un monoplaza de Formula SAE.

VARIABLES Y PROCEDIMIENTO

Para el cálculo de fuerza de los actuadores lineales, son necesarios ciertos parámetros, de los cuales algunos deben ser calculados, mientras otros son datos tabulados o recolectados.

En la tabla 1 se muestran los parámetros con los que se disponen para el cálculo de la fuerza de los actuadores lineales.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Radio de giro del Skidpad	R	9,125	m
Velocidad promedio en el Skidpad	V	11,11	m/s
Gravedad	G	9,81	m/s ²
Masa soportada por la rueda delantera izquierda	Mdi	76	Kg
Masa soportada por la rueda delantera derecha	Mdd	77	Kg
Masa soportada por la rueda trasera izquierda	Mti	79	Kg
Masa soportada por la rueda trasera derecha	Mtd	82	Kg

Tabla 1. Parámetros disponibles para el cálculo de la fuerza que necesita cada actuador lineal

El valor de radio de giro del Skidpad es tomado de la figura 22, que es el radio de giro establecido por la competencia de Formula SAE. La velocidad promedio dentro del Skidpad es de 11,11 m/s según J. Auquilla en su trabajo “Diseño del Sistema de Suspensión de un Vehículo Monoplaza Eléctrico Fórmula SAE”

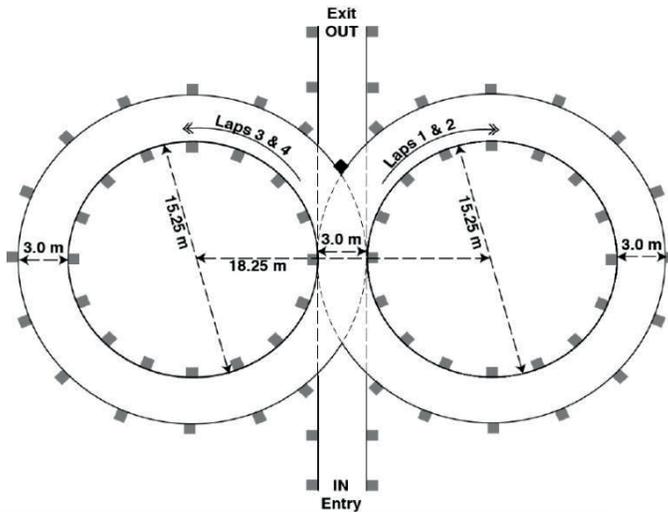


Figura 1. Circuito del Skidpad

Fuente: EForce

Los valores de la masa que soporta cada rueda son tomados de la figura 23 aportada por el equipo de Formula SAE UNIMET

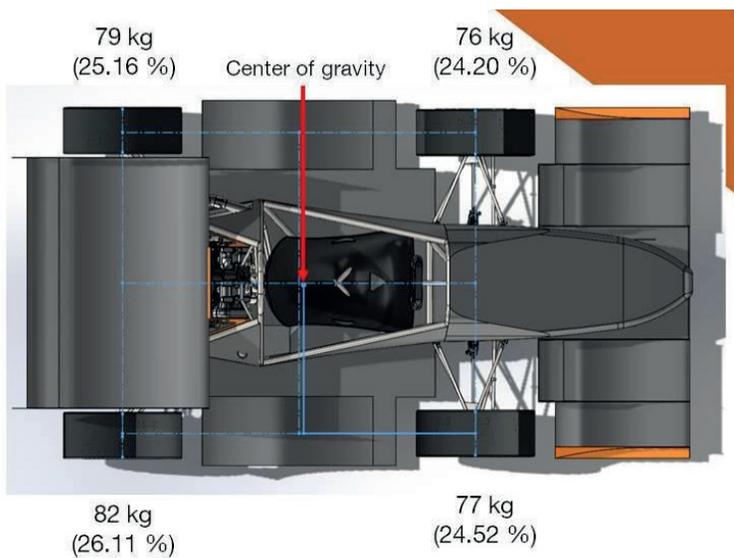


Figura 2. Masa que Soporta Cada Rueda del Monoplaza

En la tabla 2 se encuentran los parámetros que se necesitan calcular para luego poder calcular la fuerza que necesitan los actuadores lineales.

Parámetro	Símbolo
Fuerza sobre el eje delantero	Fz1
Fuerza sobre el eje posterior	Fz2
Fuerza lateral delantera	Fyd
Fuerza lateral posterior	Fyp
Coefficiente de rozamiento	μ

Tabla 2. Parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza que necesita cada actuador lineal

CÁLCULO DE FUERZAS SOBRE EL EJE DELANTERO Y POSTERIOR

Con los datos mostrados en la tabla 1, se pueden calcular las fuerzas sobre el eje delantero y trasero. Con las fórmulas que se muestran a continuación se pueden calcular las fuerzas Fz1 y Fz2:

$$\bullet \quad Fz1 = (Mdd * g) + (Mdi * g) \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\bullet \quad Fz2 = (Mtd * g) + (Mti * g) \quad \text{Ecuación (2)}$$

CÁLCULO DE FUERZAS LATERALES DELANTERA Y POSTERIOR

Con los datos mostrados en la tabla 1, se pueden calcular las fuerzas laterales delantera y posterior usando las siguientes fórmulas:

$$\bullet \quad Fyd = Fz1. \frac{v^2}{g.R} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\bullet \quad Fyp = Fz2. \frac{v^2}{g.R} \quad \text{Ecuación (4)}$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Con los resultados obtenidos en los dos apartados anteriores, se puede hallar el coeficiente de rozamiento “ μ ” con una de las siguientes fórmulas:

$$\bullet \quad \mu = \frac{Fyp}{Fz2} \quad \text{ó} \quad \mu = \frac{Fyd}{Fz1} \quad \text{Ecuación (5)}$$

CÁLCULO DE LA FUERZA DE LOS ACTUADORES LINEALES

Con el resultado obtenido en el apartado anterior, se puede hallar la fuerza que necesita cada actuador lineal con la siguiente fórmula:

$$\bullet \quad Fa = \mu * Mtd * g \quad \text{Ecuación (6)}$$

PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO UNO CON TINKERCAD

Se requiere el uso y la programación de un Arduino para poder provocar el movimiento de los actuadores lineales en el momento y la distancia correcta. Para la programación del Arduino se utilizó la plataforma Tinkercad. También se requiere de un potenciómetro acoplado a la cremallera del volante del monoplaza, lo cual, junto con el Arduino indican la dirección que deben tener los actuadores. (Ver figura 3)



Figura 3. Potenciómetro Acoplado a la Cremallera del Monoplaza de Formula SAE UNIMET

El código que debe ser escrito en Tinkercad para programar el Arduino es el siguiente:

```

//Pines Digitales

int switch_encendido = 2;

//Pines Analogicos

int steering_angle_pin = 0;
int pos_piston_1_pin =1;
int pos_piston_2_pin =2;
int sacar_piston_1_pin = 8;
int meter_piston_1_pin = 9;
int sacar_piston_2_pin = 10;
int meter_piston_2_pin = 11;

// Variable

int steering_angle;
int steering_sensibilidad = 10; //Sensibilidad en grados del volante
int piston_sensibilidad = 5; //Sensibilidad en grados del piston
int piston_limite = 20;
int pos_piston_1 = 0;
int pos_piston_2 = 0;

void centrar()
{
    if(pos_piston_1 < piston_sensibilidad*-1)
        digitalWrite(meter_piston_1_pin,HIGH);
    else
        digitalWrite(meter_piston_1_pin,LOW);

    if(pos_piston_1 > piston_sensibilidad)
        digitalWrite(sacar_piston_1_pin,HIGH);
    else
        digitalWrite(sacar_piston_1_pin,LOW);

    if(pos_piston_2 < piston_sensibilidad*-1)
        digitalWrite(meter_piston_2_pin,HIGH);
    else
        digitalWrite(meter_piston_2_pin,LOW);

    if(pos_piston_2 > piston_sensibilidad)
        digitalWrite(sacar_piston_2_pin,HIGH);
    else
        digitalWrite(sacar_piston_2_pin,LOW);
}

```

```

void izquierda()
{
  if(pos_piston_1 < piston_limite*-1)
    digitalWrite(meter_piston_1_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(meter_piston_1_pin,LOW);

  if(pos_piston_1 > piston_limite*-1)
    digitalWrite(sacar_piston_1_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(sacar_piston_1_pin,LOW);

  if(pos_piston_2 < piston_limite*-1)
    digitalWrite(meter_piston_2_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(meter_piston_2_pin,LOW);

  if(pos_piston_2 > piston_limite*-1)
    digitalWrite(sacar_piston_2_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(sacar_piston_2_pin,LOW);
}

void derecha()
{
  if(pos_piston_1 < piston_limite)
    digitalWrite(meter_piston_1_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(meter_piston_1_pin,LOW);

  if(pos_piston_1 > piston_limite)
    digitalWrite(sacar_piston_1_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(sacar_piston_1_pin,LOW);

  if(pos_piston_2 < piston_limite)
    digitalWrite(meter_piston_2_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(meter_piston_2_pin,LOW);

  if(pos_piston_2 > piston_limite)
    digitalWrite(sacar_piston_2_pin,HIGH);
  else
    digitalWrite(sacar_piston_2_pin,LOW);
}

```

```

void setup()
{
  pinMode(switch_encendido, INPUT);

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  steering_angle = analogRead(steering_angle_pin);
  steering_angle = map(steering_angle, 0, 1023, -90, 90);

  pos_piston_1 = analogRead(pos_piston_1_pin);
  pos_piston_1 = map(pos_piston_1, 0, 1023, -90, 90);

  pos_piston_2 = analogRead(pos_piston_2_pin);
  pos_piston_2 = map(pos_piston_2, 0, 1023, -90, 90);

  if (steering_angle >= steering_sensibilidad*-1)
    if (steering_angle <= steering_sensibilidad)
      centrar();

  if (steering_angle < steering_sensibilidad*-1)
    izquierda();

  if (steering_angle > steering_sensibilidad)
    derecha();

  Serial.print(steering_angle);
  Serial.print("|");
  Serial.print(pos_piston_1);
  Serial.print("|");
  Serial.println(pos_piston_2);
}

```

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Resumen de Parámetros

En la tabla 3 se muestran todos los parámetros calculados para determinar la fuerza que deben tener los actuadores lineales para poder rotar las ruedas posteriores.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Fuerza sobre el eje delantero	Fz1	1501	N
Fuerza sobre el eje posterior	Fz2	1580	N
Fuerza lateral delantera	Fyd	2070	N
Fuerza lateral posterior	Fyp	2179	N
Coefficiente de rozamiento	μ	1,38	
Fuerza del actuador lineal	Fa	113,16	Kgf

Tabla 3. Parámetros obtenidos para el cálculo de la fuerza que necesita cada actuador lineal

Actuador Lineal a Escoger

Tomando en cuenta la tabla 3 mostrada anteriormente, se puede observar que la fuerza mínima que debe tener cada actuador es de 113,16 Kgf. Teniendo en cuenta esta información se puede saber específicamente el actuador lineal que se necesita para el sistema.

En la siguiente figura se muestra cual es el actuador que mejor se adapta a las necesidades del sistema.



Figura 4. Actuador lineal con Feedback

Fuente: Formula SAE UNIMET

Distribución de los Componentes Eléctricos

Con ayuda de la herramienta Tinkercad, se puede ver como sería la distribución del Arduino, el cableado, del potenciómetro y los actuadores lineales. En la figura 5 se muestra dicha distribución.

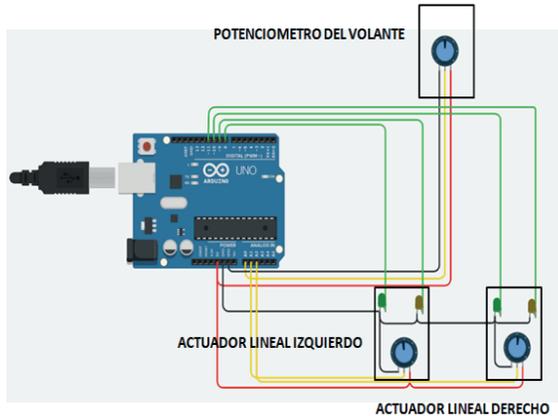


Figura 5. Distribución de los Componentes Eléctricos

Pruebas en Lotus Suspension Analysis®

Usando la herramienta Lotus, se pudo comprobar que los tres (3) grados de giro de ambas ruedas, así como lo especifican las reglas de Formula SAE del 2022, no modifican el comportamiento original de la suspensión, lo que significa que el implementar el sistema *Four Wheel Steering* sin haber modificado primero el sistema de suspensión, no representa ningún inconveniente en el desempeño del monoplaza.

En la figura 6 se muestra uno de los gráficos que el software realiza al momento del estudio.

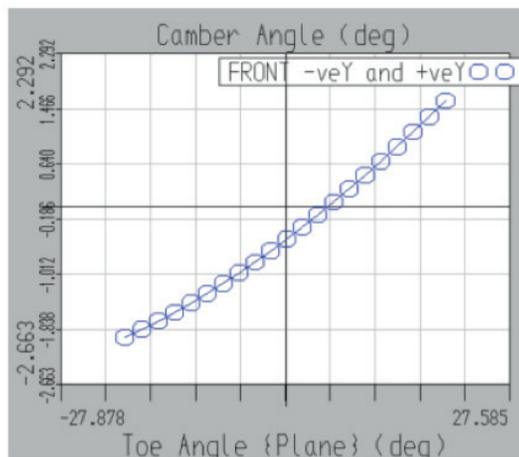


Figura 6. Gráfica del Angula Camber

La figura 6 mostrada anteriormente muestra una gráfica que se define a través del ángulo Kingpin y el ángulo Caster de la suspensión. Estos ángulos definen como es la rotación de la rueda cuando el piloto gira el volante, en este caso sería cuando los actuadores lineales giran las ruedas posteriores. Combinando estos dos ángulos se tiene el eje de giro de la rueda, y ese eje de giro define un cambio de Camber que es el ángulo de la rueda respecto al eje vertical desde una vista frontal del monoplaza.

A medida que se gira la rueda, la misma va a girar sobre ese eje inclinado y realice un cambio de ángulo del Camber, el cual es uno de los principales ángulos que definen que tan buen agarre se tiene al conducir, por lo que la gráfica indica cuánto cambia el Camber al momento de que los actuadores lineales roten las ruedas posteriores.

RADIO DE GIRO DEL MONOPLAZA

El sistema *Four Wheel Steering* logra que el monoplaza tenga un menor radio giro, esto debido a que las ruedas posteriores rotan de igual forma que las ruedas delanteras para dirigir el monoplaza. En figura 8 se muestra la diferencia de radio de giro.

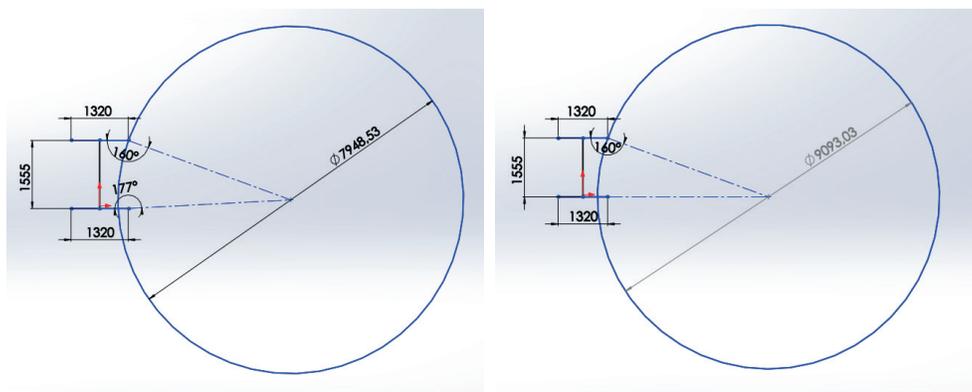


Figura 7. Diferencia Entre Radio de Giro

Como se puede observar, la reducción del radio de giro representa un 12,6 % menos del radio original, es decir, el radio sin el sistema *Four Wheel Steering* activo.

PRESUPUESTO DEL SISTEMA *FOUR WHEEL STEERING*

En la siguiente tabla se mostraran los costos (en dólares) de los materiales y mano de obra necesaria para la implementación del sistema *Four Wheel Steering* en el monoplaza de Formula SAE UNIMET.

Materiales	Precio (\$)
Arduino UNO	\$16
Potenciómetro	\$12
Actuadores lineales (x2)	\$340
Cableado	\$7
Mano de obra	\$84
TOTAL	\$459

Tabla 4. *Presupuesto del Sistema Four Wheel Steering*

CONCLUSIONES

- El sistema *Four Wheel Steering* es un sistema capaz de mejorar el rendimiento de un monoplaza en las curvas debido a reduce, en un porcentaje notable, el radio de giro del monoplaza.
- Los software de diseño y simulación como SolidWorks® y Lotus Suspension Analysis® son muy necesarios para este tipo de trabajos, ya que ayudan a analizar los diseños hechos sin la necesidad de tener que fabricarlos antes.
- A pesar de que implementar un sistema *Four Wheel Steering* no es tan económico, termina siendo una muy buena inversión para un monoplaza de Formula SAE, y esto se debe a que es un sistema que puede ser implementado las veces que sea necesario con tal solo invertir dinero en ello una vez. Muchas partes de un monoplaza de Formula SAE deben ser comprados cada año, tal como mandar a fabricar un paquete aerodinámico distinto cada año, así como la estructura (chasis) del monoplaza.
- En las competencias de Formula SAE, no solo se evalúa el rendimiento de un monoplaza en las pruebas dinámicas, sino que también se evalúa la innovación que pueda haber en cada monoplaza, por lo que implementar este tipo de sistemas llama la atención de los jueces.
- No cualquier actuador lineal puede servir para cualquier monoplaza. Todo dependerá de las condiciones a las que esté sometido el mismo, por lo que es fundamental calcular todos los parámetros necesarios para, de esa forma, escoger el producto correcto.

REFERENCIAS

A. (2016, 10 abril). *Aprendizaje: Push rod y pull rod*. Ingeniero de sofá. <https://ingenierodesofa.wordpress.com/2016/04/10/aprendizaje-push-rod-y-pull-rod/>

A, Sparrow. P, Rowsell. T, Wisniewski. (2016). *Four Wheel Steering*. [Tesis de maestría, Washington University in St.Louis]. <https://openscholarship.wustl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=mems411>

Ag, P. (2021, 11 diciembre). *Vehicle development meets enthusiastic students: Formula Student Germany 2019*. Medium. <https://medium.com/next-level-german-engineering/vehicle-development-meets-enthusiastic-students-formula-student-germany-2019-a1f6857b9257>

Aguayo, P. (2021, 12 julio). ¿Qué es Arduino? Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Arias, E. R. (2021, 29 octubre). *Investigación de campo*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-de-campo.html>

Coches.com (2020). *Dirección a las Cuatro Ruedas ¿Qué es? ¿Cómo funciona?* <https://noticias.coches.com/consejos/direccion-a-las-cuatro-ruedas-que-es-como-funciona/409259>

D, De Castro. (2017). *Modelo de Suspensión de Vehículo Monoplaza Mediante ADAMS/CAR*. [Tesis de maestría, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM]. http://oa.upm.es/49171/1/TFG_DANIEL_DE_CASTRO_GRAZIANO.pdf

Fórmula SAE. (2022). *2022 Rules Release*. <https://www.fsaeonline.com/cdsweb/app/NewsItem.aspx?NewsItemId=51cf7622-651e-4b57-8c9c-e0391bc08edc>

FÓRMULA SAE UNIMET. (2020). *Competencia*. <https://formulasae.unimet.edu.ve/competencia>

Fórmula Student. (2011). En *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_Student

Fundación Aqueae. (2020, 30 octubre). ¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve? - Fundación Aqueae. [Fundación Aqueae. <https://www.fundacionaqueae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>](https://www.fundacionaqueae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/)

Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. Universidad Florencia del Castillo. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

[Hot Item] *Arduino Uno R3 microcontrolador de la Junta de Desarrollo para el proyecto de bricolaje*. (2016). Made-in-China.com. https://es.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Illini Motorsports: 2013 Michigan FSAE Endurance, University of Illinois. (2013, 13 mayo). [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=YIN_QPk1nKE&list=PL2G2BDXXslznmw4i7eZju6WFQg1Z_riBQ&index=1

Introducción del Programa Lotus Suspension Analysis "LSA". (s. f.). Library. <https://1library.co/article/introducci%C3%B3n-del-programa-lotus-suspension-analysis-lsa.z3325pdz>

J, Auquilla, C, Torres. (2016). *Diseño del Sistema de Suspensión de un Vehículo Monoplaza Eléctrico Fórmula SAE*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12131/1/UPS-CT006052.pdf>

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CIENCIAMÉRICA: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Monoplaza. (29 de mayo de 2020). En *Wikipedia*. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Monoplaza&oldid=126502278>

R. (2020, 18 octubre). ¿Qué son los métodos de investigación primaria? | ERA GROUP. ERA GROUP | European Advertising Group. <https://eragroup.eu/que-son-los-metodos-de-investigacion-primaria/#:%7E:text=Los%20m%C3%A9todos%20de%20investigaci%C3%B3n%20primaria%20son%20t%C3%A9cnicas%20utilizadas%20por%20los,requiere%20un%20an%C3%A1lisis%20a%20profundidad.>

Real Academia Española. (s.f.). Cultura. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 1 de abril del 2021, en <https://dle.rae.es/mono-?m=form>

Optical Feedback Linear Actuators. (s. f.). Firgelli Automations. <https://www.firgelliauto.com/products/optical-sensor-actuators?variant=16326698565703>

Programación y Robótica: Tinkercad Circuits. (s. f.). Intef. <https://formacion.intef.es/catalogo/mod/book/view.php?id=69&chapterid=361>

¿Qué es el DRS en F1? ¿cómo funciona? ¿es automático? (2022, 22 mayo). Motorsport.com. <https://es.motorsport.com/f1/news/que-es-drs-como-funciona-formula1/10307293/>

¿Qué es un actuador lineal eléctrico y cómo elegirlo? - TIMOTION. (2021, 10 agosto). TIMOTION Technology. <https://www.timotion.com/es/news-and-articles/part-1-what-is-an-electric-linear-actuator-and-how-to-choose-it>

SolidBi. (2022, 16 mayo). *SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve*. <https://solid-bi.es/solidworks/>

Suspensión (automóvil). (9 de noviembre de 2020). En *Wikipedia*. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Suspensi%C3%B3n_\(autom%C3%B3vil\)&oldid=130783522](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Suspensi%C3%B3n_(autom%C3%B3vil)&oldid=130783522)

Ucv, S. (2015). *Formula SAE UCV 2015*. Pinterest. <https://www.pinterest.com/formulasaeucv/formula-sae-ucv-2015/>

What is Skid-pad? (2018, 7 septiembre). eForce FEE Prague Formula. <https://eforce.cvut.cz/en/co-je-to-skid-pad>

Diseño de la Aerodinámica de Formula SAE UNIMET

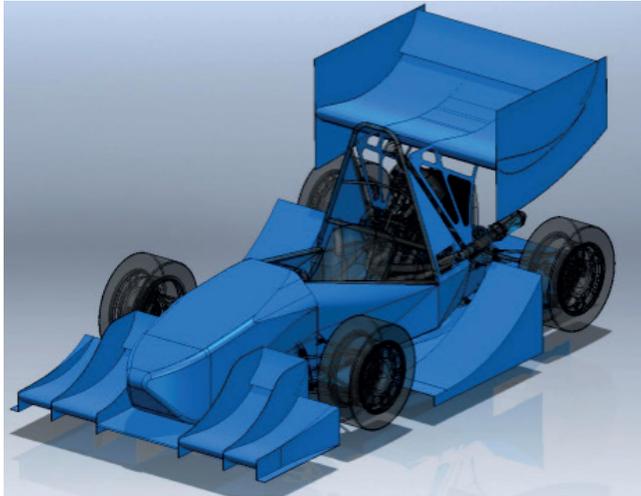


Figura 8. Diseño de la Aerodinámica de Formula SAE UNIMET

Análisis de Fuerzas en los Diseños del Monoplaza

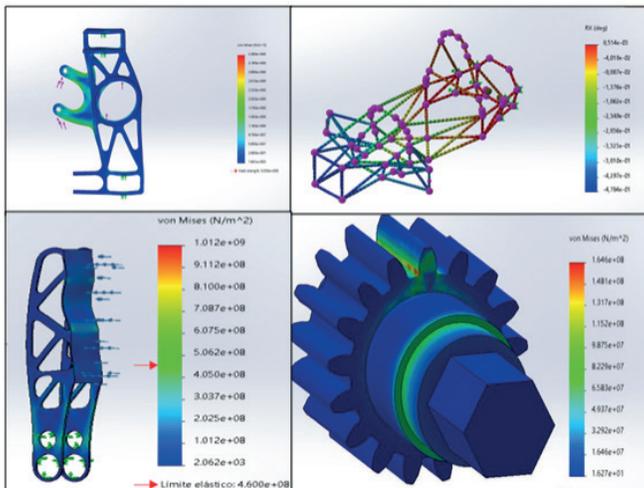


Figura 9. Análisis de Fuerzas en los Diseños del Monoplaza

Análisis de la Suspensión del Monoplaza de Fórmula SAE UNIMET

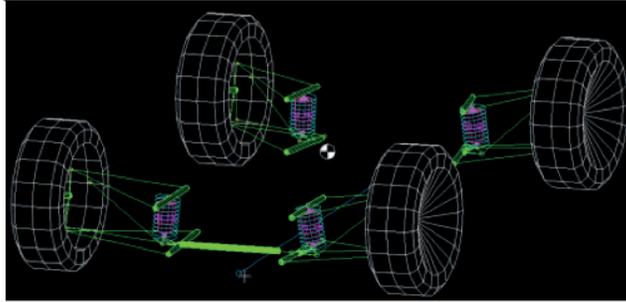


Figura 10. Análisis de la Suspensión del Monoplaza de Formula SAE UNIMET

Programación del DRS de Formula SAE UNIMET

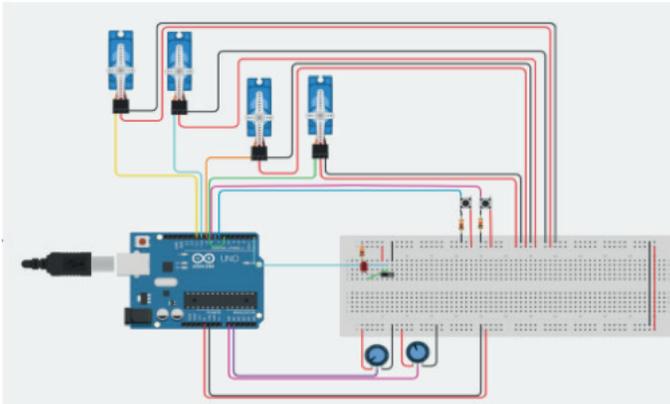


Figura 11. Programación del DRS de Formula SAE UNIMET

Esquema del Cableado General del Monoplaza de Fórmula SAE UNIMET

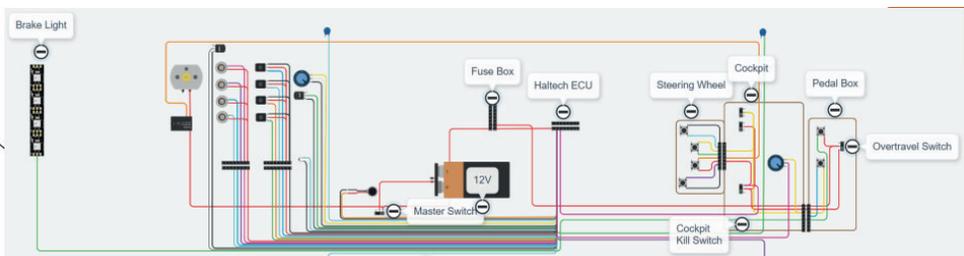


Figura 12. Esquema del Cableado General del Monoplaza de Fórmula SAE UNIMET