



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: WALTER ANDRÉS JARAMILLO CABALLERO,  
LUIS GUSTAVO PALOMO RIVERA**

**TEMA:  
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MOTO MONOWHEEL CON  
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE UN CILINDRO DE CUATRO  
TIEMPOS A GASOLINA”.**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL CARVAJAL  
CODIRECTOR: ING. GUIDO TORRES**

# OBJETIVO

## GENERAL

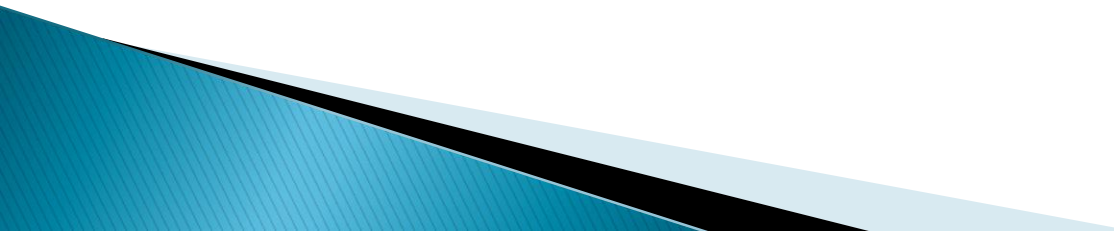
- ▶ Diseñar y construir un monowheel motorizado con un motor de combustión interna de un cilindro de cuatro tiempos, como alternativa de transporte en el Ecuador.

# OBJETIVOS

## ESPECÍFICOS

- ▶ Diseñar una moto monowheel que sea atractiva para la sociedad, que ocupe poco espacio y promueva nuevas alternativas de transporte.
- ▶ Construir una rueda metálica que soporte toda la estructura y sus requerimientos, forrada con un material que genere fricción necesaria para transmitir el movimiento al suelo.
- ▶ Diseñar un chasis tubular que se adapte a las necesidades del proyecto.
- ▶ Diseñar e implementar un sistema de frenado que no provoque un cambio brusco del movimiento de la rueda principal.
- ▶ Diseñar y construir una estructura metálica que soporte la batería, el tanque de combustible, el manubrio y el asiento.
- ▶ Diseño y construcción de la carrocería que protegerá al usuario de los componentes móviles.

# JUSTIFICACIÓN

- ▶ El presente proyecto surge de la necesidad de incrementar alternativas de transporte, tales como las denominadas MONOWHEEL, siendo éstas más agradables para el ambiente que un automóvil ya que funcionan con motores de poco cilindraje y se construyen con un menor número de partes, y ocupa menor espacio en la vía pública.
- 

# INTRODUCCIÓN

El parque automotor en Ecuador se ha incrementado potencialmente en los últimos años, creando una preocupación tanto en el área ambiental, como también en lo relacionado con el tránsito vehicular. Una posible solución a estos problemas, es introducir en la sociedad alternativas de transporte con menos impacto ambiental y que ocupen menos espacio en la vía pública, tales como la denominada monowheel.

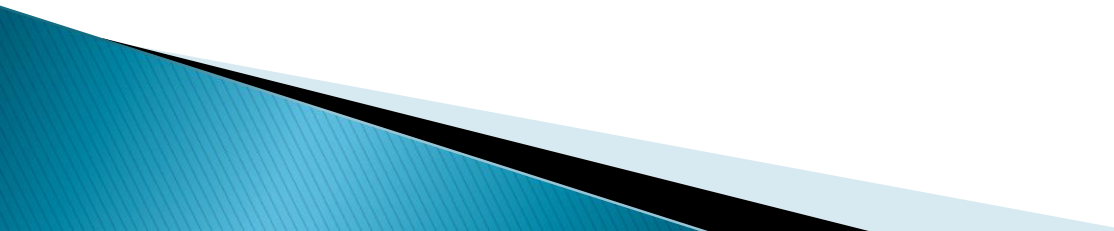
# CAPÍTULO II

## »» DISEÑO DEL VEHÍCULO MONOWHEEL

# HERRAMIENTAS DE DISEÑO EMPLEADAS

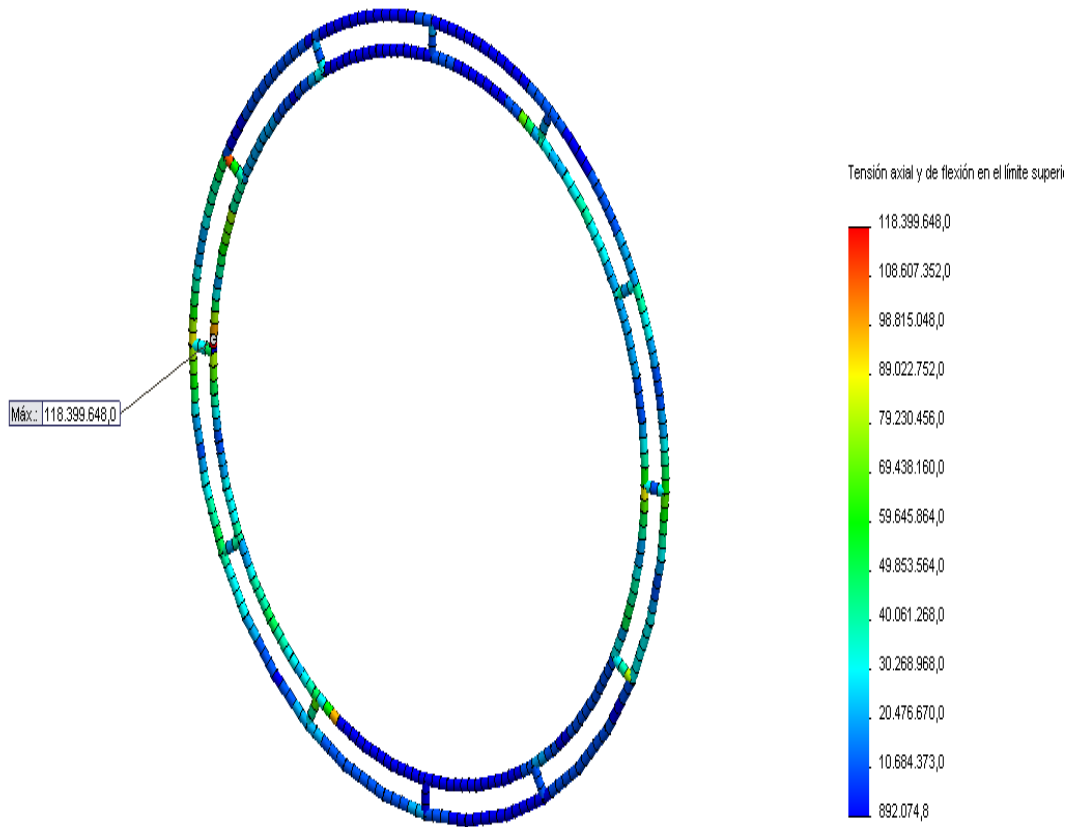
Para el presente trabajo se realiza el modelado del diseño, previamente corregido y probado, en el software de diseño mecánico de Dassault Systems SolidWorks 2013, y para el análisis de esfuerzos y desplazamientos se utilizan los software CAE Workbench Ansys 14.5 y SolidWorks 2013.

## Procedimiento de diseño que ha sido empleado para la realización de este proyecto es el siguiente:

- ▶ Diseño de la rueda principal.
  - ▶ Diseño del bastidor.
  - ▶ Diseño del sistema de frenos.
  - ▶ Diseño del sistema de transmisión.
  - ▶ Diseño de la carrocería.
  - ▶ Diseño del soporte del piloto.
  - ▶ Selección de chumaceras y rodamientos.
- 

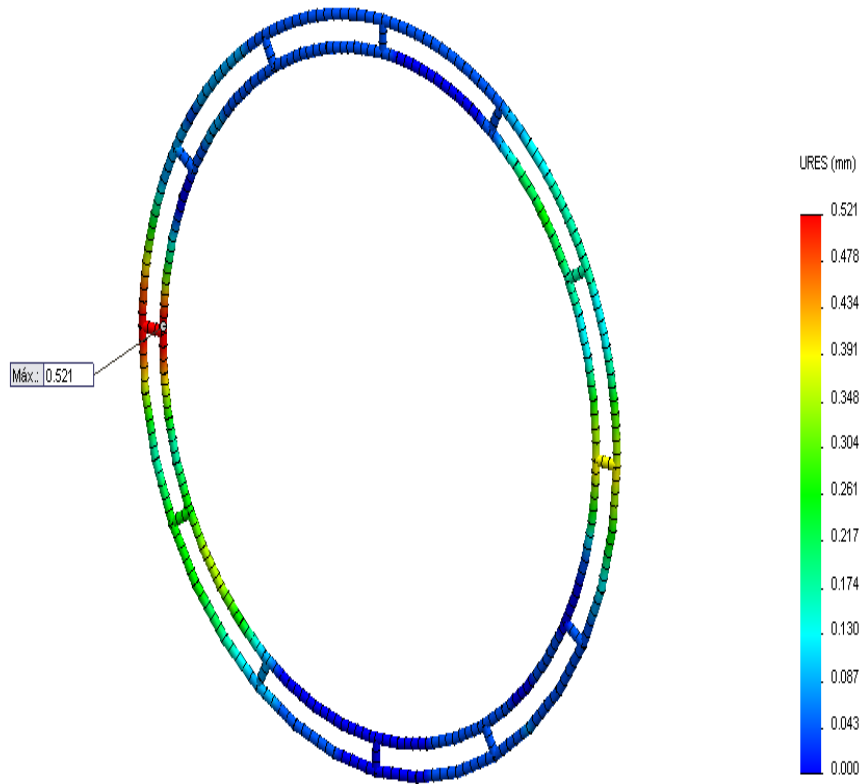


# DISEÑO DE LA RUEDA PRINCIPAL.



Se puede observar una máximo esfuerzo que llega a un valor de 118.399 MPa. Sin embargo este esfuerzo es menor al límite elástico de acero estructural empleado, ASTM A 36 ya que su límite máximo a la fluencia es de 250 MPa.

# DISEÑO DE LA RUEDA PRINCIPAL.



En el estudio de la deformación de la estructura principal tubular, tiene un desplazamiento cuyo valor es de 0.521 mm en la escala de deformación como se denota en esta figura , siendo este valor máximo que sufrirá la estructura en el momento de la conducción.

# DISEÑO DE LA RUEDA PRINCIPAL.

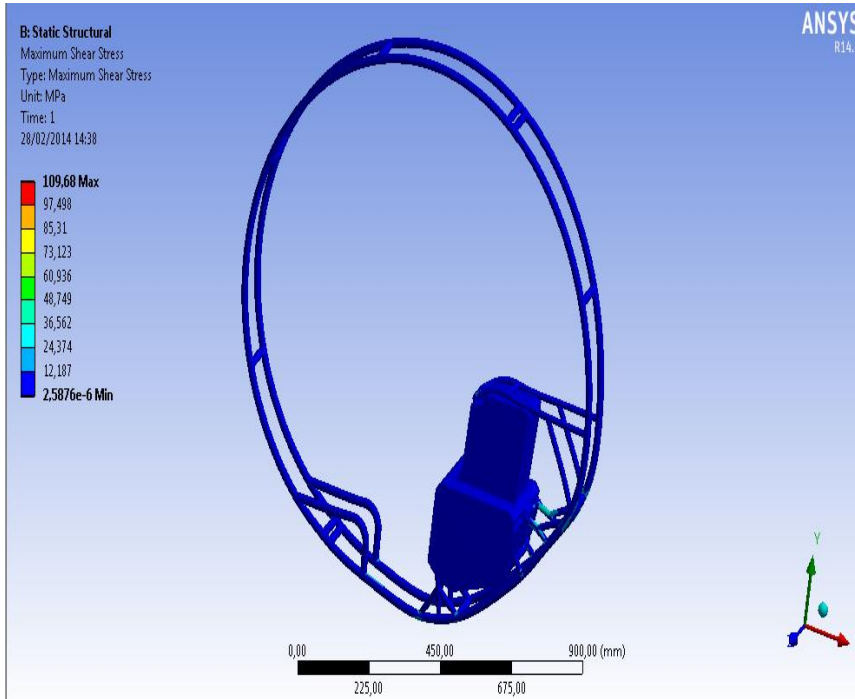
Según los límites de deformación recomendados se deben usar los siguientes límites

Parte general de una máquina:



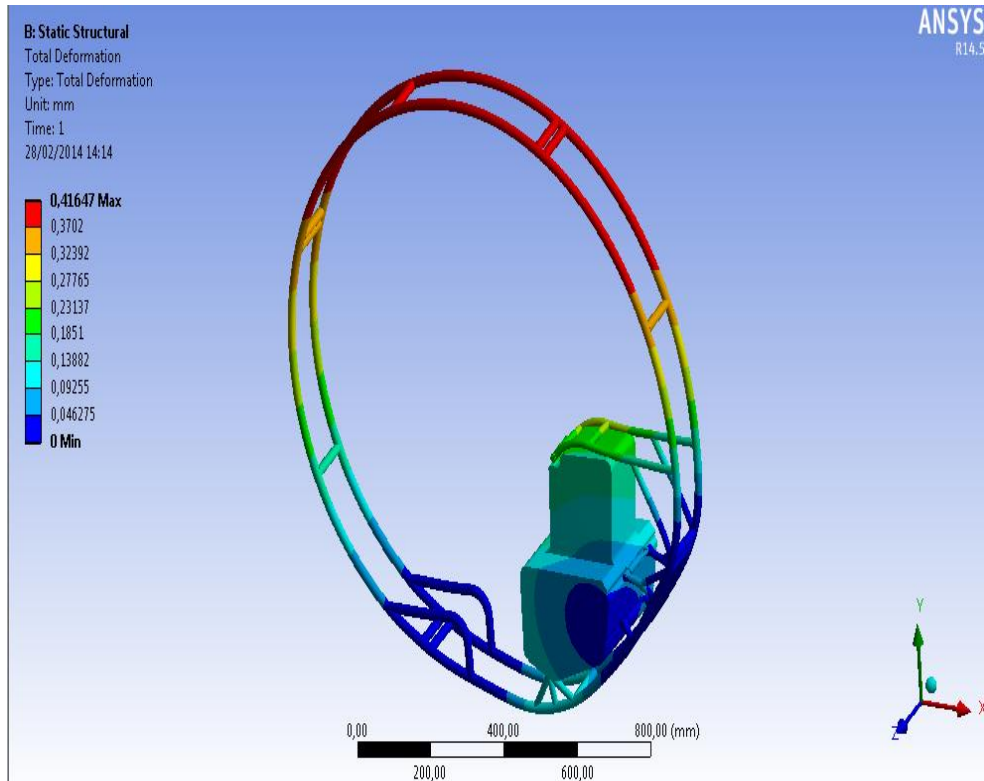
La deformación existente en la rueda principal es igual a 0.521 mm como se aprecia en la figura anterior, valor que está dentro del intervalo de deformación.

# DISEÑO DEL BASTIDOR



En el estudio del esfuerzo cortante máximo se puede apreciar un valor crítico de 109,68 MPa, ubicado en unos de los apoyos inferiores del motor, siendo esta área el lugar que soportará mayores vibraciones y tenderá a tener mayores esfuerzos. Este es el motivo por el cual los puntos de apoyo inferior del motor están reforzados.

# DISEÑO DEL BASTIDOR



En el estudio del bastidor se puede apreciar con la ayuda del software CAE una deformación máxima de 0,416 mm empleando acero ASTM A-36.

# DISEÑO DEL BASTIDOR

Como parte general de una máquina



La deformación existente en la estructura del bastidor es 0.416 mm valor que se encuentra dentro del intervalo de deformación.

# CÁLCULOS DE FACTORES DE SEGURIDAD Y SELECCIÓN DEL MATERIAL

A 36

Factor de seguridad. (ASTM - A36)

Estática

Estática

—

—

————

————

Repetida

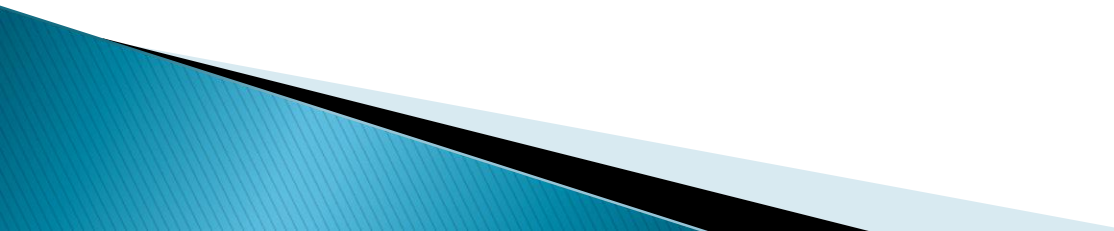
Repetida

—

—



————

————



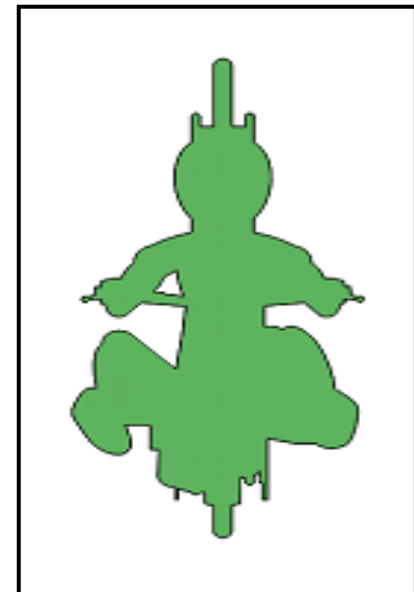
# SELECCIÓN DEL MOTOR – POTENCIA NECESARIA

Coeficiente aerodinámico según su geometría.

Shape	Drag Coefficient
Sphere → 	0.47
Half-sphere → 	0.42

Se considera una velocidad máxima deseada del monowheel de 40Km/h, y con la ayuda del software SolidWorks se obtiene una resistencia aerodinámica de 26.95 N

( )





# ESPECIFICACIONES DEL MOTOR EMPLEADO

El motor deberá generar una potencia mayor a 6.29 hp y un torque superior a 5.44 Nm para lograr desplazar el vehículo monowheel por una superficie recta y por una pendiente de 10°.

MODELO	POTENCIA kW/r/min	TORQUE Nm/r/min	MODELO	POTENCIA kW/r/min	TORQUE Nm/r/min
BS100(III)	5,3/8000	7,8/6000	BS150GS-2	10,5/8000	13,1/6500
BS150(III)	82/8500	10,5/7000	BS125-18	10,9/10500	10,2/9750
BS200-3	10,2/8000	13,4/6500	BS150-2	8,2/8500	10,5/7000
BS125	7,4/8500	8,8/7000	BS125-6	8,4/8500	10,8/7000
BS110-27B	5,2/8000	6/6000	BS150GY-18	8,2/8500	10,5/7000
BS110-41A	5,2/8000	6/6000	BS125-46 <sup>a</sup>	8,1/8500	9,95/7000
BS110	5,2/8000	6,8/6000	BS150GY	10,5/8000	13,4/7000
BS11-40	5,2/8000	6,8/6000	BS125-46	8,01/8500	9,85/7000

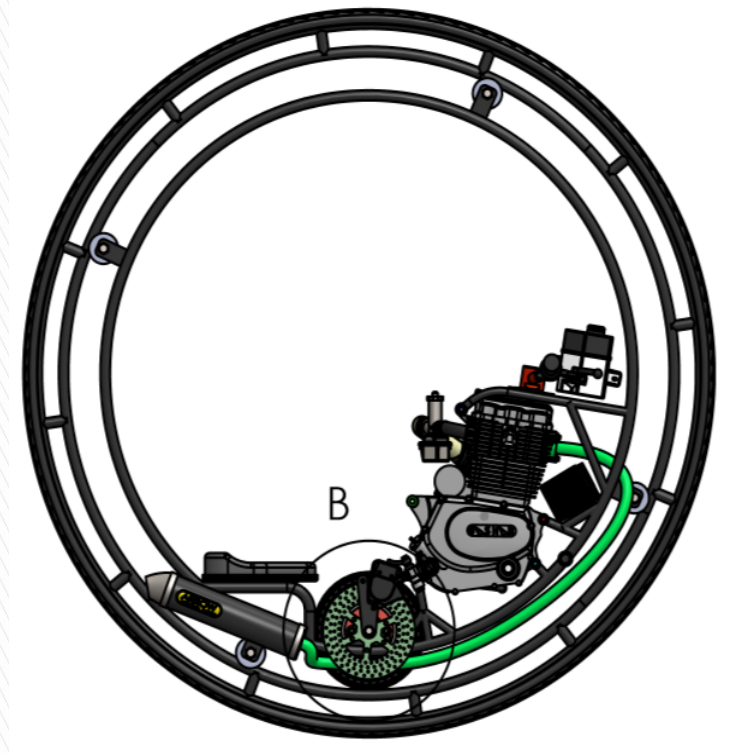
# ESPECIFICACIONES DEL MOTOR EMPLEADO

- ▶ Marca: Bashan
- ▶ Cilindrada: 150 cc
- ▶ Potencia Máxima  
[Kw/r/min]: 8,2/8500
- ▶ Torque Máximo  
[Nm/r/min]:10,5 /7000



# DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

- ▶ En el presente proyecto, se ha optado por implementar un sistema de frenado del tipo disco y mordaza.
- ▶ Cuando el monowheel efectúa una aceleración o frenada brusca se desarrollan grandes fuerzas de inercia, cuyo valor depende de la aceleración final alcanzada. Es de 40 Km/h (11 m/s) en aproximadamente 10s.



# DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

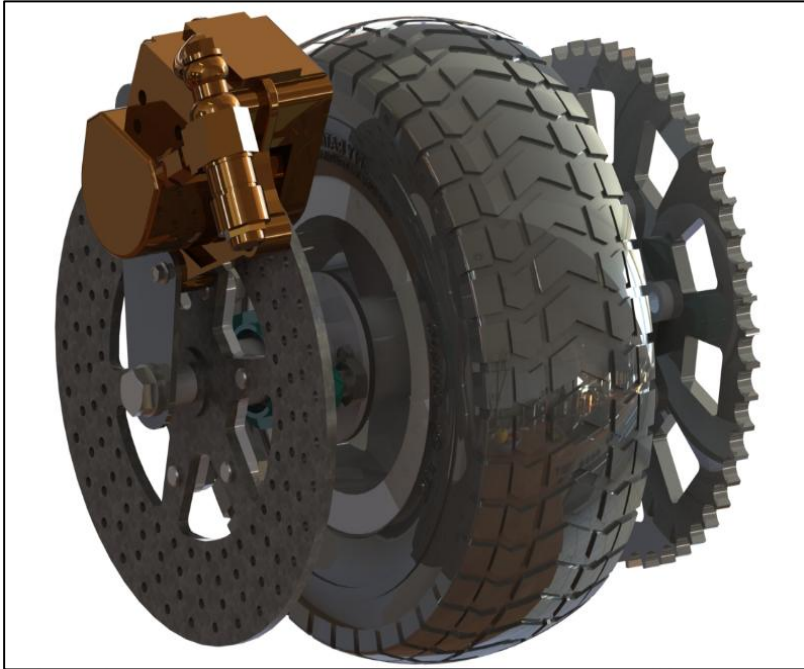
- ▶ Fuerza de Inercia del Piloto

---

---

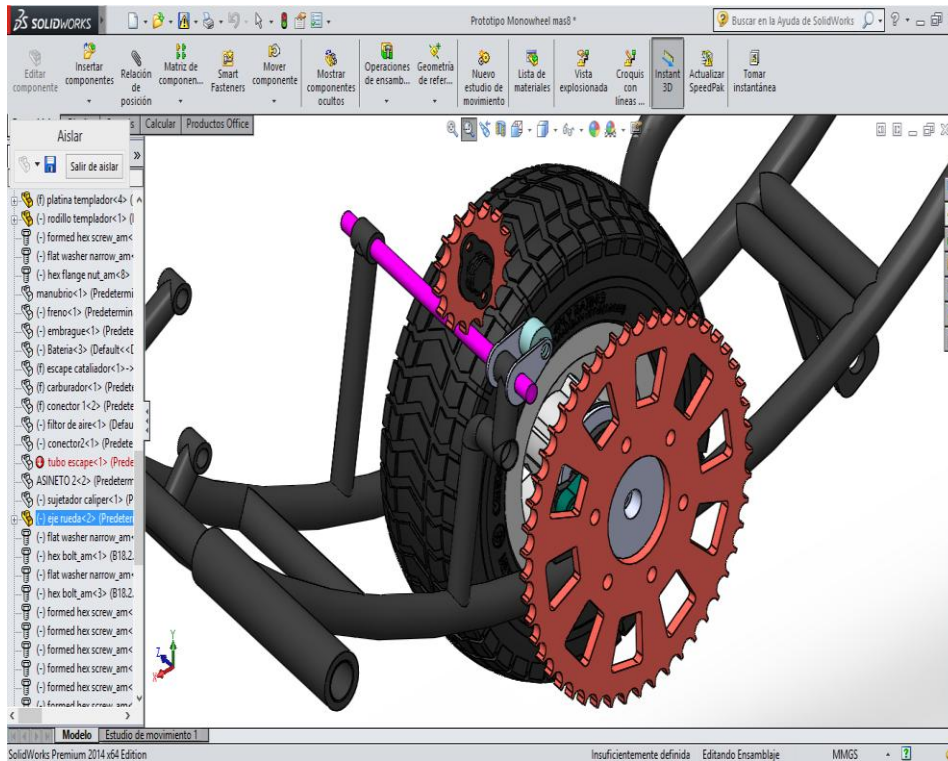
- ▶ Fuerza de Inercia de la estructura

# DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS



La fuerza total de frenado hallada en el estudio del sistema de frenos es de: 265.5 N. por lo tanto se procede a seleccionar el sistema de frenos por disco y mordaza. Este sistema es de fácil acoplamiento con la rueda de transmisión empleado para este prototipo, ocupa poco espacio y fácil sujeción al bastidor.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN



La distancia entre centros debe ser ajustable para adaptarse a la longitud de la cadena, y para adaptarse a las tolerancias y al desgaste. Debe evitarse un colgamiento excesivo del lado flojo, en especial en transmisiones que no sean horizontales.

# DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La relación al usar la parte media del intervalo de velocidades de salida deseado.

---

Cálculo de la cantidad necesaria de dientes de la rueda grande.

( )

Nota: Se utiliza el entero: 39 dientes

Cálculo de la velocidad de salida esperada.

(—) (—)

# DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Paso Catarina:

$$\left( \begin{array}{c} (-) \\ (-) \end{array} \right)$$

**DIÁMETRO DE LA CATARINA IMPULSADA**

\_\_\_\_\_

(Diámetro de la catarina impulsada)



# DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

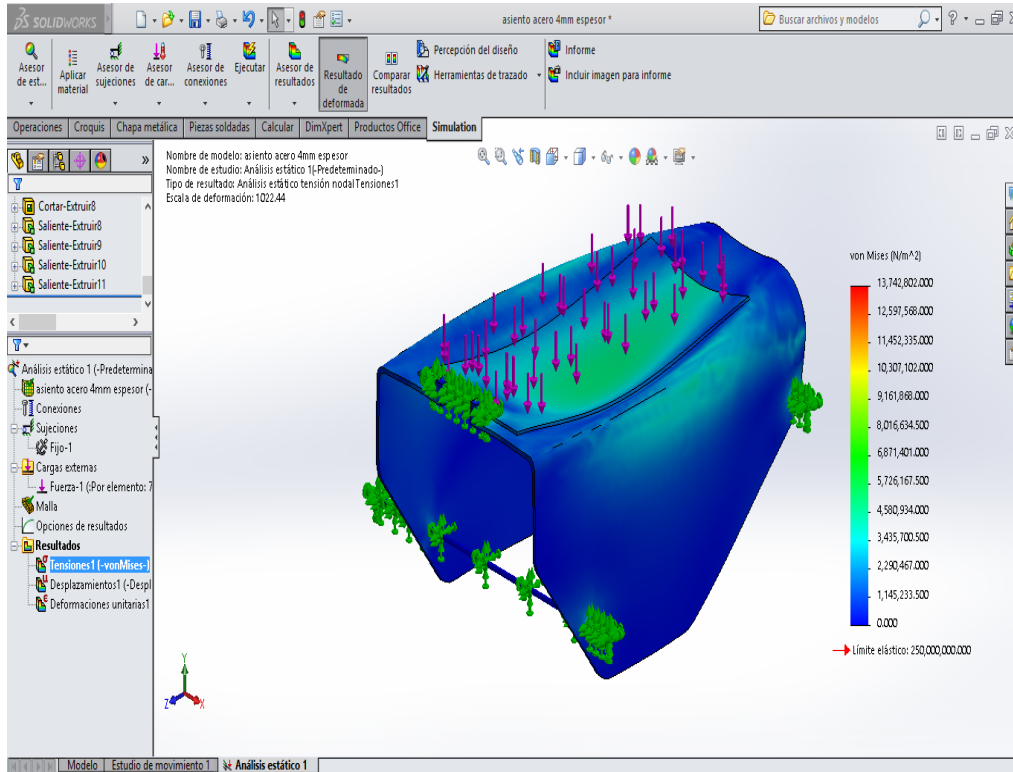
**Tabla: Tamaños de cadenas de rodillos**

Número de cadena	Paso (pulg)	Ancho del rodillo	Resistencia promedio a la tensión (lb)
25	¼	-	925
35	3/8	-	2100
<b>40</b>	<b>½</b>	<b>0.250</b>	<b>2000</b>
41	½	0.312	3700
50	5/8	0.375	6100
60	¾	0.500	8500
80	1	0.625	14500

Se obtiene un paso de 0.532 pulg, por lo tanto se selecciona la Cadena N.- 40 con un paso de ½, y con un promedio a la tensión de 2000 lb; para el sistema de transmisión del monowheel, como se muestra en la tabla.

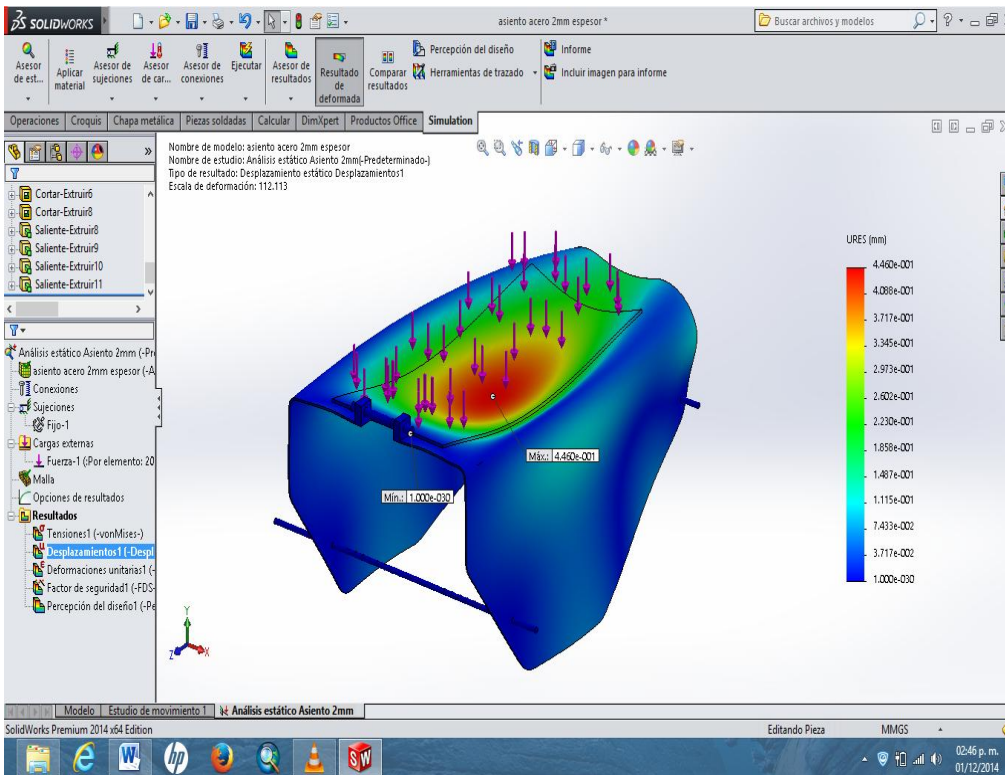
Fuente: Diseño de Elementos y Máquinas Robert

# DISEÑO DEL SOPORTE DEL PILOTO



Se aprecia en el análisis de Von Mises realizado al asiento que el esfuerzo máximo que se encuentra en la estructura es de 92.41 Mpa. y en relación al esfuerzo que soporta el acero utilizado, este valor es inferior ya que el límite elástico del acero ASTM A-36 es de 250 MPa.

# DISEÑO DEL SOPORTE DEL PILOTO

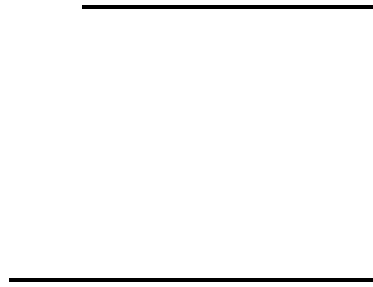


La simulación que se observa, indica que la estructura de protección se desplaza 0.446 mm.

Este desplazamiento máximo no debe superar el límite de flexión recomendado, que se calcula a continuación.

# DISEÑO DEL SOPORTE DEL PILOTO

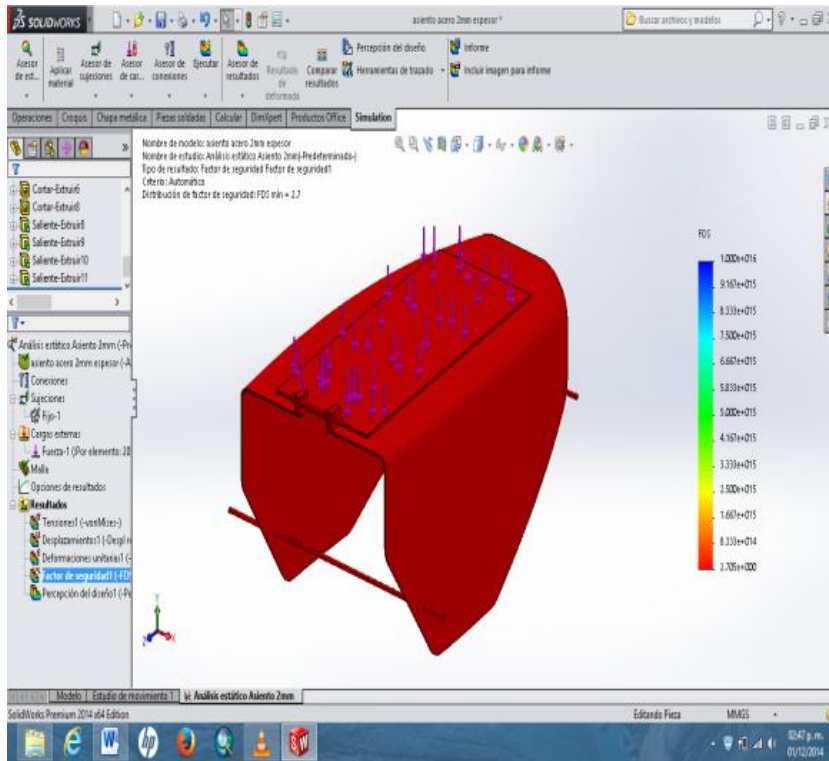
Límites de flexión recomendados como parte general de una máquina.



La deformación existente en la placa protectora y soporte del asiento del piloto es igual a 0.446 mm valor que se encuentra dentro del intervalo de deformación.

# DISEÑO DEL SOPORTE DEL PILOTO

## Factor De Seguridad



La simulación que se aprecia ayuda a encontrar el valor del factor de seguridad que se encuentra en la estructura protectora que soporta el asiento del piloto, en este caso el factor de seguridad de la estructura protectora es de 2.7, indicando este valor que la estructura soportará correctamente las cargas aplicadas a ésta.

# SELECCIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS

Para el cálculo y selección de las chumaceras y rodamientos se ha empleado los datos que se disponen para tal efecto y son los siguientes:

$n = 3195$  Rpm del eje de transmisión

Tiempo de vida estimado del rodamiento  $L_t = 2$  años

Tiempo de trabajo  $T_t = 4$  h/día

Carga radial mayor en el eje  $F_r = 1176$  N

Carga axial en el eje  $F_a = 0$

# SELECCIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS

Tabla: Duración recomendada para rodamientos

APLICACIÓN	Duración de diseño
Electrodomésticos	1000 - 2000
Motores de aviación	1000 - 4000
<b>Automotores</b>	<b>1500 - 5000</b>
Equipo agrícola	3000 - 6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones	8000 - 15000
Motores eléctrico, sopladores industriales, máquinas industriales en general	20000 - 30000
Bombas y compresores	40000 - 60000
Equipo crítico en funcionamiento las 24 h	100000 - 200000

Por ser un automotor que funciona en determinado tiempo y como carácter de transporte se tiene horas de servicio.

De lo cual se determinan horas de servicio

# SELECCIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS

Ahora el número de revoluciones de diseño para el rodamiento sería.

Se selecciona de la tabla 3, una duración de diseño de 5000 h, entonces es:

LA C REQUERIDA PARA DETERMINAR CARGA Y DURACIÓN DE DISEÑO.

Donde:



# SELECCIÓN DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS

Tabla: Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda (Series 6200)

Número del rodamiento	Diámetro de escalón preferido				Capacidad básica de carga estática C
	d		D	B	
	mm	pulg	mm	mm	lb
6201	12	0.47	32	10	1180
6202	15	0.59	35	11	1320
6203	17	0.66	40	12	1660
<b>6204</b>	<b>20</b>	<b>0.78</b>	<b>47</b>	<b>14</b>	<b>2210</b>
6205	25	0.98	52	15	2430
6206	30	1.18	62	16	3350
6207	35	1.37	72	17	4450

# CAPÍTULO III

»» PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

# PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Operación	Horas de la operación
Compra de materiales	36
Transporte	15
Marcado de todos los elementos	5
Inspección del marcado	4
Corte de los elementos	30
Inspección de los cortes y desbaste	6
Curvado de los elementos	50
Inspección del dobles	24
Transporte	5
Montaje	8
Inspección de medidas	4
Soldadura de los elementos de la rueda principal	24
Soldadura de los elementos del chasis monowheel	30
Inspección de soldadura	4
Volver a soldar todos los puntos de la estructura	16
Pulimiento de todos los puntos de suelda	6
Fondeo de la rueda principal y chasis	8
Manufactura de la rueda principal	18
Ensamble de todos los componentes	20
Total horas de construcción	360

Para el proceso de construcción se ha seguido un flujo-grama de actividades que facilita su correcta ejecución, en el que se han incluido las horas que ha tomado realizar la operación correspondiente.

# CONSTRUCCIÓN DE LA RUEDA PRINCIPAL



Una vez trazadas las medidas y cortado los partes correspondientes a la rueda, se procede a unirlos con puntos de suelda.



Se utiliza tubo estructural de 1 ¼" (32 mm), se los ha unido uno por uno comprobando que se encuentren a nivel y con las medidas de los planos.



# CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR



El bastidor es la parte central donde se aplica todos los elementos del monowheel. Este bastidor esta construido de perfil redondo ASTM A 36 de 1.5 mm d espesor.

# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN



Para la generación del impulso del sistema de transmisión se utilizó un motor de 4 tiempos mono cilindro.

# ENSAMBLE MECANISMO DEL FRENO



Se aprecia el ensamble del mecanismo de frenado con la adaptación al eje de transmisión incorporando un disco de freno con orificios en la superficie de frenado para liberación del calor, adaptación de la mordaza del freno.

# ACABADOS FINALES



La pintura de toda la estructura tubular, así como también de las piezas de la carrocería se realiza al final de la construcción, cuando se han satisfecho los criterios de construcción de todo el diseño del prototipo. Para esto se ha utilizado pintura en polvo, electroestática. Esta pintura es de las más modernas en el mercado ecuatoriano y para su aplicación se requiere de herramientas especiales.



# CONSTRUCCIÓN TERMINADA



Al ensamblar todas las piezas pintadas y con sus detalles terminados, se puede decir que se ha concluido el proceso de construcción y acabados, para entregar un producto terminado; previamente diseñado, analizado, construido, rectificado y pintado.

# CAPÍTULO IV

## »» PRUEBAS DE CAMPO

Terminado los procesos de construcción y ensamblaje de cada uno de los componentes del monowheel, se procedió a realizar las pruebas de campo correspondientes, con el fin de evaluar el desempeño de la rueda principal, del bastidor y del sistema de transmisión y frenado principalmente, todo esto en un ambiente controlado.

Los resultados que se han encontrado luego de la prueba de campo son los siguientes.



# RESULTADOS

## Encendido Del Motor

Enciende perfectamente una vez que se ha calentado el motor.

Al momento del encendido se debe tener en cuenta que la batería al estar inutilizada por más de una semana comienza a perder carga y debe ser cargada nuevamente, esto es parte de su funcionamiento normal.

## Vibraciones y Ruido

No existe presencia de vibraciones que molesten o afecten de alguna manera al vehículo y al piloto.

No presenta ningún ruido que no sea a causa del funcionamiento normal del motor.

## Sistema De Frenado

Cumple con un óptimo funcionamiento reaccionando de forma inmediata al accionar el mando de freno, deteniendo el vehículo posteriormente.

## Maniobrabilidad

Al ser un vehículo de una sola rueda de contacto con el suelo, es evidente que el equilibrio del piloto influye directamente con la habilidad necesaria para conducir.

Se ha comparado esta habilidad con la necesaria para manejar por primera vez una motocicleta. Se concluye que su conducción requiere de previa experiencia en manejar bicicleta o motocicleta, y luego de esto su maniobrabilidad es aceptable.

# VIDEO



# CONCLUSIONES



Tras la exitosa finalización de la construcción y ensamblaje del vehículo monowheel y cumpliendo los objetivos propuestos se concluye que:

# CONCLUSIONES

- ▶ El vehículo monowheel, una vez terminado su construcción, generó una significativa atención del público que la rodea, por su singularidad forma y mecanismo de funcionamiento, ya que es un prototipo inusual en el medio en que se construyó, promueve nuevas alternativas de transporte.
- ▶ Se construyó una rueda principal que soporta todos los demás componentes necesarios para el funcionamiento del vehículo monowheel, y se la forró en una primera capa con caucho, y en la capa final con neumáticos de bicicleta para generar suficiente adherencia contra la calzada.
- ▶ Se diseñó y construyó un chasis tubular con acero estructural ASTM A-36 que cumplió con las funciones de un bastidor y se adaptó de forma correcta a los requerimientos de este proyecto.

# CONCLUSIONES

- ▶ Se diseñó e implementó un sistema de frenado existente en el mercado actual, que cumplió con la necesidad de detener el movimiento del vehículo monowheel de forma suave y no brusca ni repentina.
- ▶ Se diseñó y construyó con acero estructural ASTM A-36 un bastidor que da soporte a los demás componentes del vehículo como lo son la batería, el tanque de combustible, el manubrio, el asiento, el motor y la rueda de transmisión.
- ▶ Se construyó una placa protectora de acero de 1/8 pulgada de espesor como componente de la carrocería, que aísla de las extremidades del piloto las piezas móviles que se encuentran sujetas a la rueda de transmisión.



# RECOMENDACIONES



# RECOMENDACIONES

- ▶ Evitar que la rueda de transmisión tenga una presión de aire menor a 24 psi ya que perdería contacto con la rueda principal y se perdería la tracción y consecuentemente generaría mayor desgaste a la rueda de transmisión.
- ▶ Evitar que la rueda de transmisión tenga una presión de aire mayor a 28 psi ya que generaría demasiada resistencia a la transmisión e impediría que la rueda principal logre girar.
- ▶ Al soldar con el proceso de soldadura GMAW –MIG la estructura del bastidor y realizada este proceso por un soldador calificado, empleando los equipos de seguridad necesarios como casco, guantes, mandil de cuero, etc. Para reducir el riesgo de posibles quemaduras y afecciones a la salud.

# RECOMENDACIONES

- ▶ Mantener el mayor tiempo posible los pies sobre el suelo al momento de manejar para brindar un aporte a la seguridad y estabilidad de la persona, al menos mientras adquiere un mayor nivel de práctica.
- ▶ Regular la boya o flotador que se encuentra en el interior del carburador para evitar el derrame de combustible por el desfogue de este mecanismo, y así impedir que se ahogue el motor.
- ▶ Ubicar el asiento en la parte central e inferior de la estructura, ya que la masa que representa el piloto es dinámica e influye significativamente en el centro de gravedad y por ende en la estabilidad del vehículo.



GRACIAS