



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA
EÓLICA PARA LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA LOS
ACCESORIOS EN EL AUTOMOVIL”.**

ELABORADO POR:

- ❖ EDWIN CAJIA
- ❖ RAUL ENDARA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En todos los vehículos se han realizado avances tecnológicos los cuales ayudan al mejoramiento del vehículo, ya sea en su desempeño, por tal razón mejorar la eficiencia termodinámica, mecánica y eléctrica. También se han implementado nuevos sistemas los cuales han aportado de manera significativa al desarrollo de cada vehículo en aspectos importantes como el confort y prestaciones. El vehículo necesita de la suficiente energía eléctrica para satisfacer las necesidades eléctricas del mismo en diferentes condiciones de funcionamiento, dicha energía es proporcionada por un acumulador de energía y su sistema de generación y carga que se encuentra en el automóvil. Por lo tanto existe la necesidad de implementar un sistema basado en el **“APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS ACCESORIOS EN EL AUTOMOVIL**



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este sistema ayudará en forma significativa en la generación de energía eléctrica para el vehículo, ya que gracias al movimiento del mismo auto y a la ubicación estratégica de un sistema de movimiento constituido por aspas, se realizará el movimiento del generador para la respectiva transformación en energía eléctrica, obteniendo de esta manera otra fuente de energía eléctrica la cual será utilizada a partir de la energía eólica para hacer funcionar los accesorios del vehículo, ayudando de esta forma al sistema de generación eléctrico convencional y a la vida útil de la batería.



OBJETIVO GENERAL

“DISEÑAR Y CONSTRUIR UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS ACCESORIOS EN EL AUTOMOVIL”

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir un sistema eólico en el automóvil para la generación de energía eléctrica para los accesorios del vehículo como sistema de alumbrado, accesorios, sistemas complementarios, entre otros.
- Construir un circuito electrónico para activar y desactivar el sistema eólico con visualización para el conductor.
- Alargar la vida útil de la batería convencional, mediante la incorporación de otra fuente de energía eléctrica limpia.



RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo principal “Aprovechar la energía eólica para la generación de energía eléctrica para los accesorios en el automóvil” en el cual se demostrará que se pueden utilizar energías renovables para producir otros tipos de energía en nuestro caso la energía eólica en energía eléctrica. Para el efecto implementaremos un sistema eólico el cual está instalado en la carrocería de una camioneta exactamente en la parte trasera por donde se realiza el mejor aprovechamiento de la energía eólica producida por el movimiento del mismo vehículo.



Este sistema eólico consta de un aerogenerador Savonius, el cual está acoplado al generador eléctrico eólico mediante una transmisión por cadena, este generador eléctrico eólico genera corriente alterna AC la cual será convertida en corriente directa DC por medio de un circuito electrónico, para de esta manera ser almacenada en la batería, para que sea aprovechada por los accesorios del automóvil.

Se incluye pruebas del sistema eólico en carretera a diferentes velocidades para demostrar la eficiencia del sistema.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESTUDIO DEL AEROGENERADOR



Para realizar el estudio del aerogenerador hemos escogido 5 tipo de aerogeneradores que son:

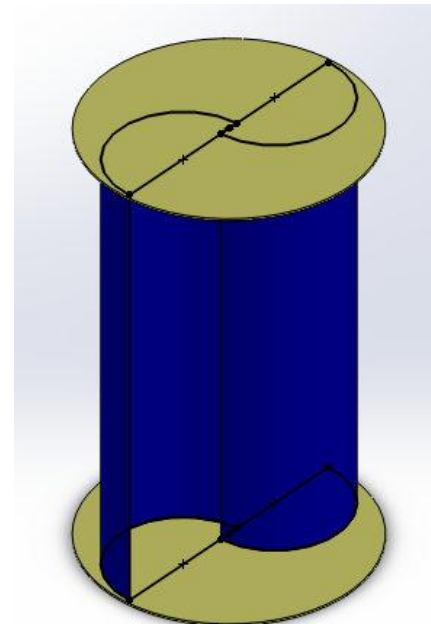
Panemona



Tripalás



Savonius



Darrieus



Multípaldas





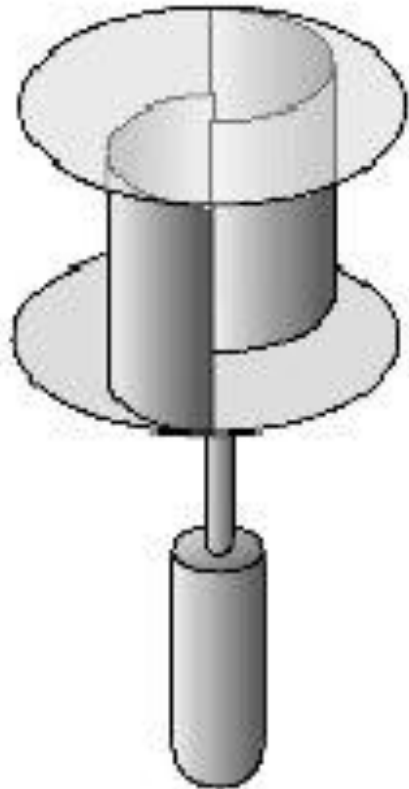
ROTOR SAVONIUS

- **Fácil construcción**
- **Mayor torque**
- **No poseer orientación del viento**
- **Fácil adaptación en el vehículo**
- **Bajo costo**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO DEL ROTOR SAVONIUS





CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

- Los componentes deben estar fabricados con materiales livianos, resistentes, económicos, que permitan una fácil fabricación y ensamblaje.
- Estructura robusta que permita realizar pruebas a diferentes velocidades, poco peso y que al mismo tiempo brinde rigidez, estabilidad, para contrarrestar efectos de vibraciones excesivas.
- Debe ser fácilmente transportable con el objeto de poder acoplar y desacoplar el sistema eólico del vehículo.

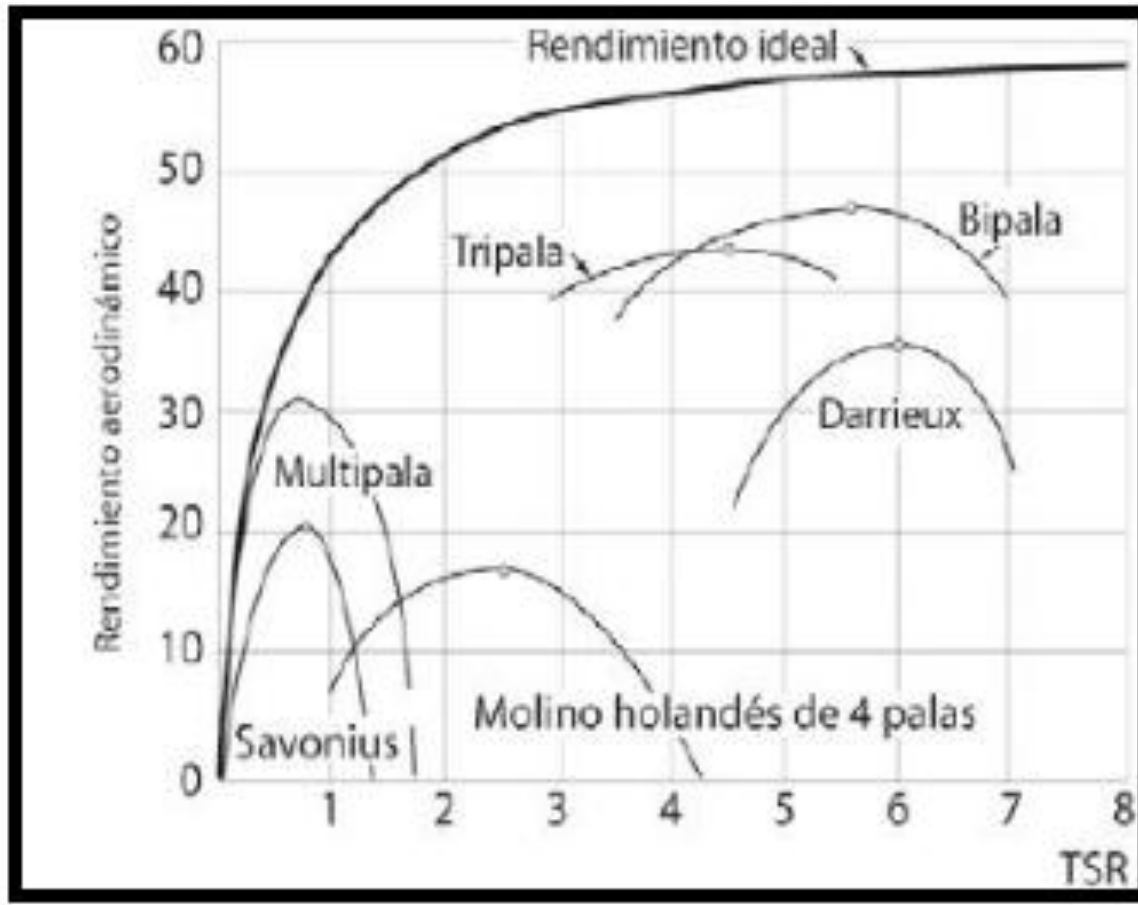


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CÁLCULOS DEL ROTOR Y DIMENSIONAMIENTO



COEFICIENTES DE POTENCIA DE LOS AEROGENERADORES





POTENCIA DEL ROTOR SAVONIUS

DATOS:

$$C_p = 0.21$$

$$\delta = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 34,77 \text{ m/s}$$

$$\eta_m = 0.99$$

$$\eta_e = 0.95$$

$$P = 1200 \text{ W}$$

$$P = C_p \cdot \frac{1}{2} \delta A v^3 \cdot \eta_m \cdot \eta_e$$

Despejamos el área de barrido

$$A = \frac{2P}{C_p \cdot \delta \cdot v^3 \cdot \eta_m \cdot \eta_e}$$

$$A = 0.23 \text{ m}^2$$

$$A = h \cdot D = 0.23 \text{ m}^2$$

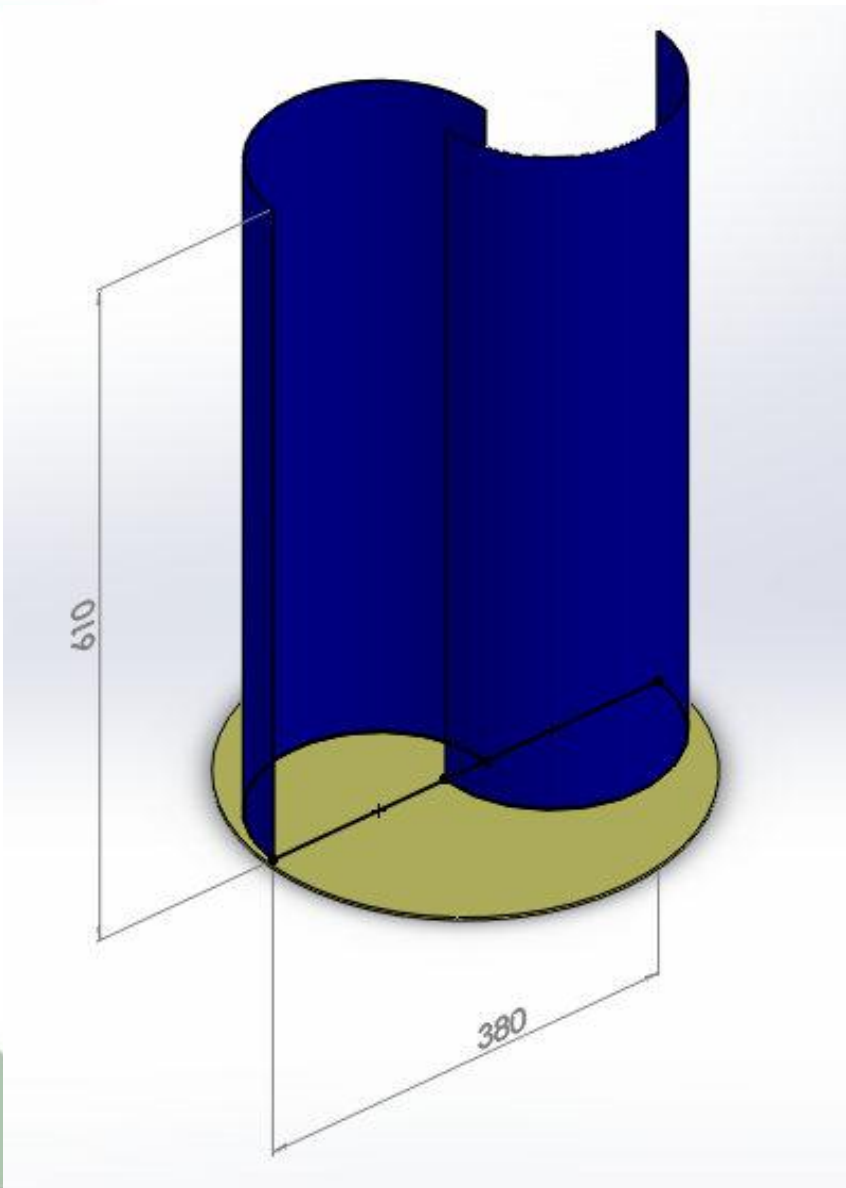
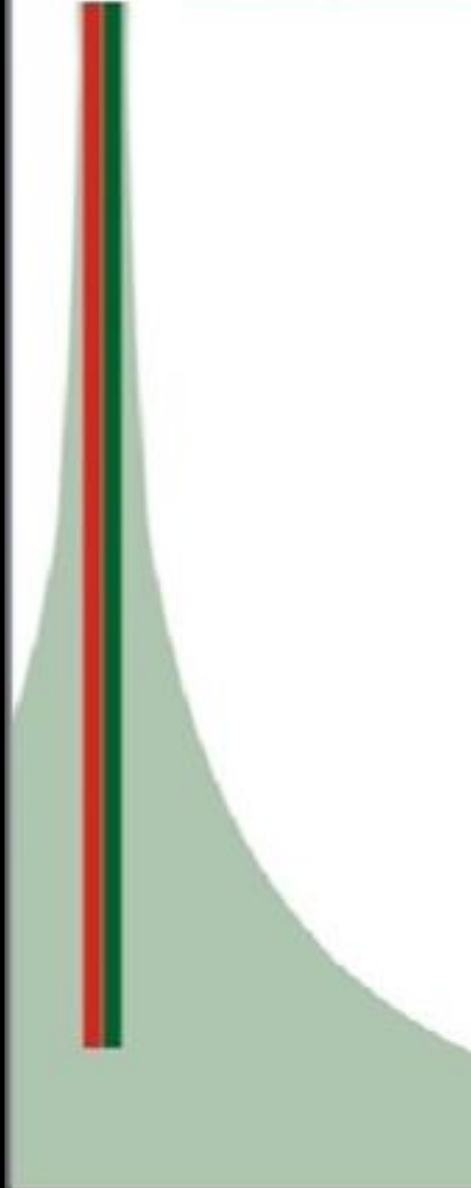
Asumimos $h = 0.61 \text{ m}$

$$D = 0,38 \text{ m}$$



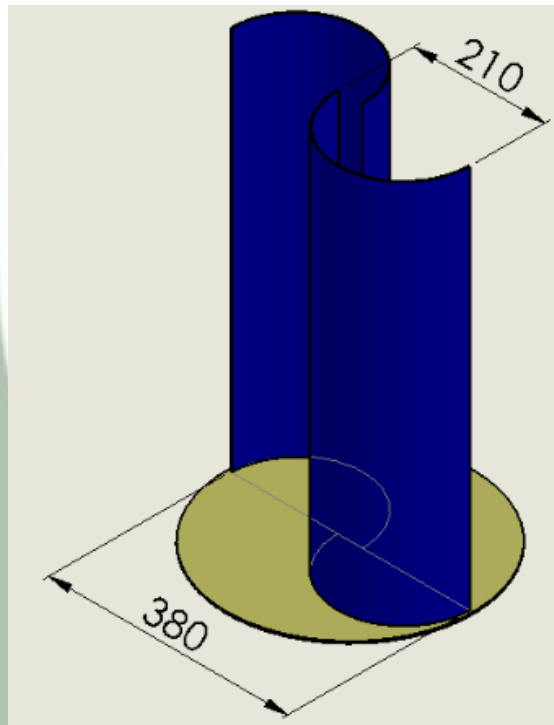
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





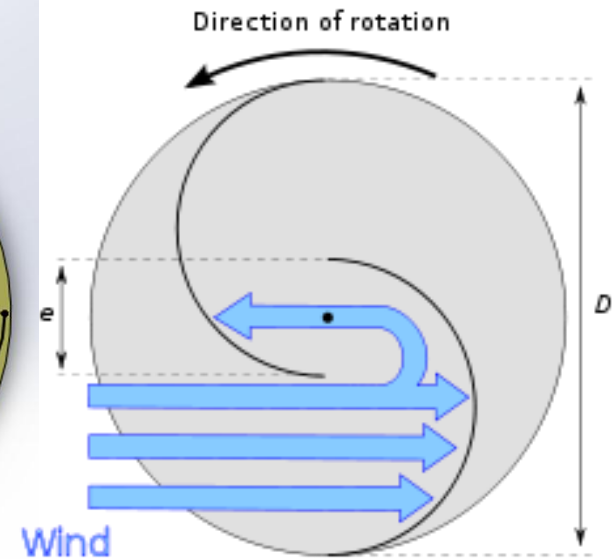
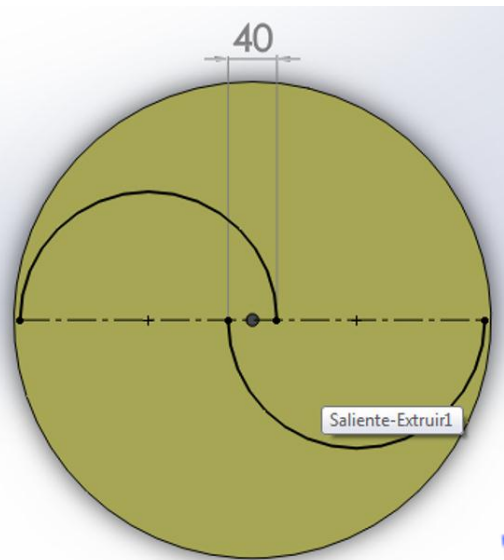
EXCENTRICIDAD DEL ROTOR



$$e = 2d - D$$

$$e = 2(0,21) - 0,38$$

$$e = 0,04\text{m} = 40\text{mm}$$





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SIMULACIONES EN SOLIDWORKS



ROTOR SAVONIUS

Se procede a calcular la presión ejercida por el viento:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$P = \frac{1}{2}(1,225)(34,77)^2$$

$$P = 740,48 \text{ N/m}^2$$

Utilizando la fórmula de la presión de Pascal que es:

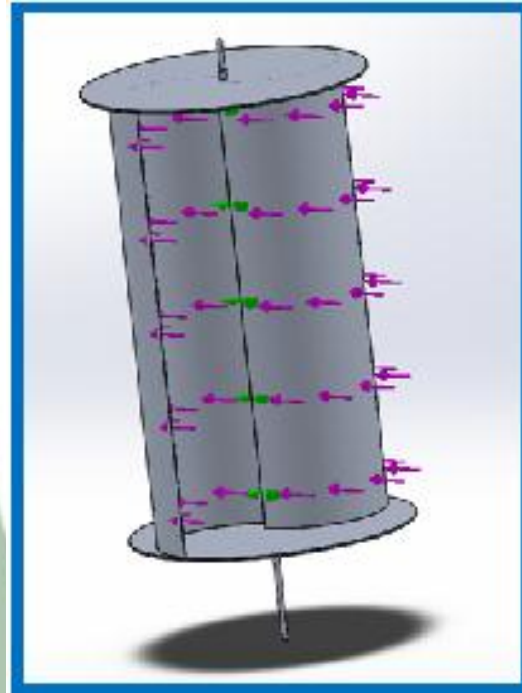
$$P = 740,48 \text{ N/m}^2$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = 0,23 \text{ m}^2$$

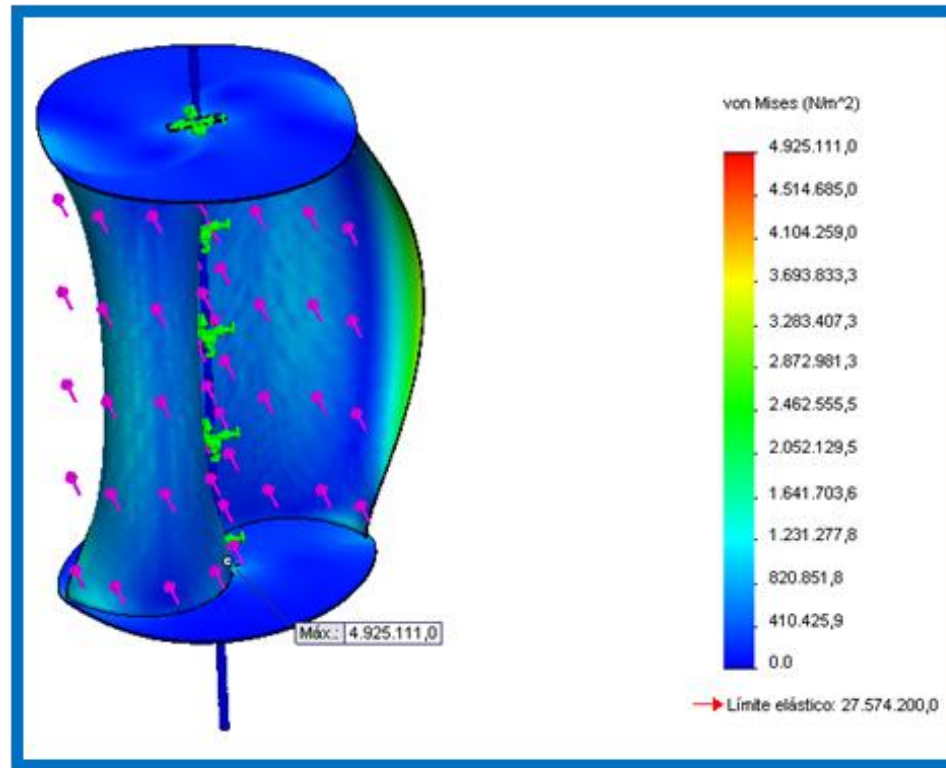
$$740,48 = \frac{F}{0,23}$$

$$F = 170,31 \text{ N}$$





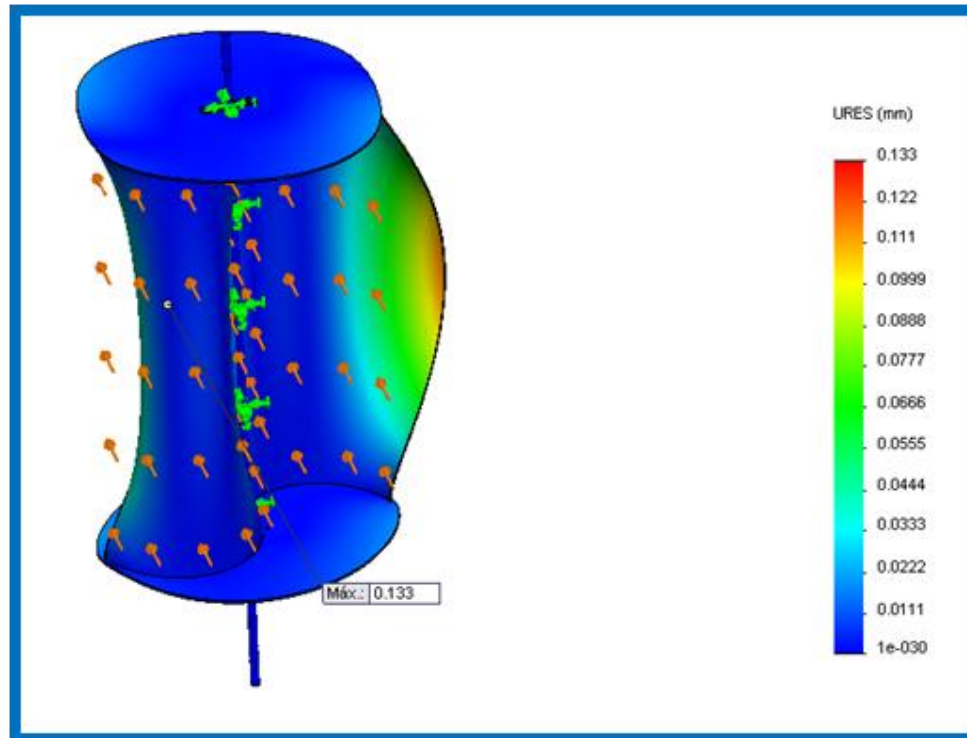
ANÁLISIS DE ESFUERZO DE VON MISES



Como se puede observar los extremos de los alabes son los que sufren el mayor esfuerzos de aproximadamente 2.452 MPa ya que alcanza un color verdoso, nunca se llegaría a romper ya que el coeficiente de elasticidad para la aleación de aluminio 1060 es de 27.5742 MPa.



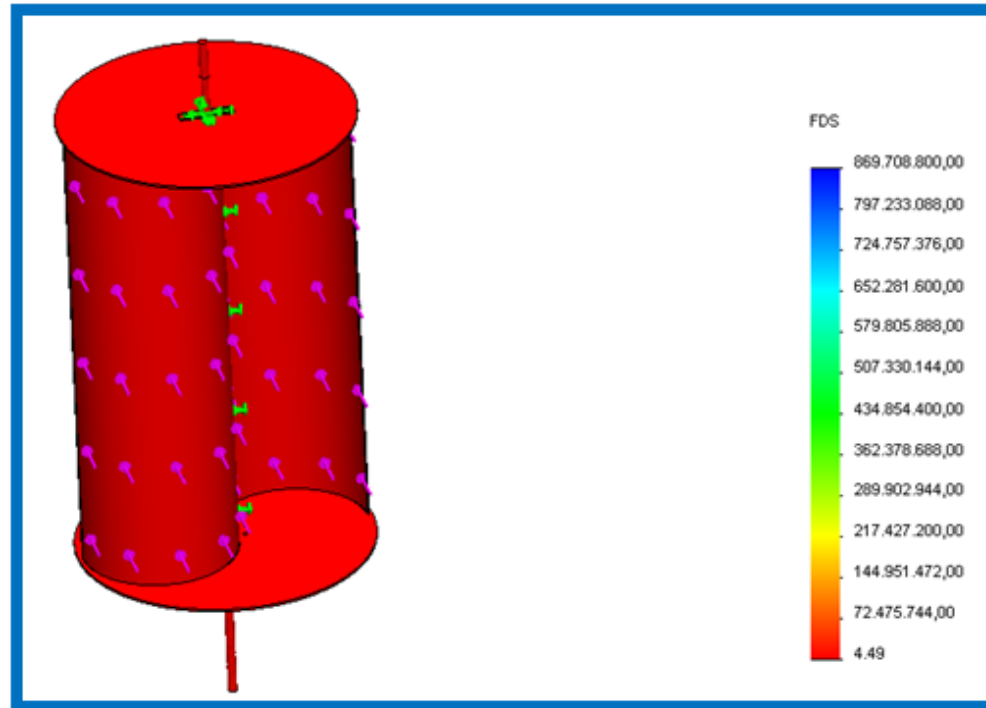
ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN



La deformación máxima se producirá en las puntas centrales de los alabes que es aproximadamente 0.111 mm, se puede ver exageradamente deformada ya que la escala de deformación es de 960.74.



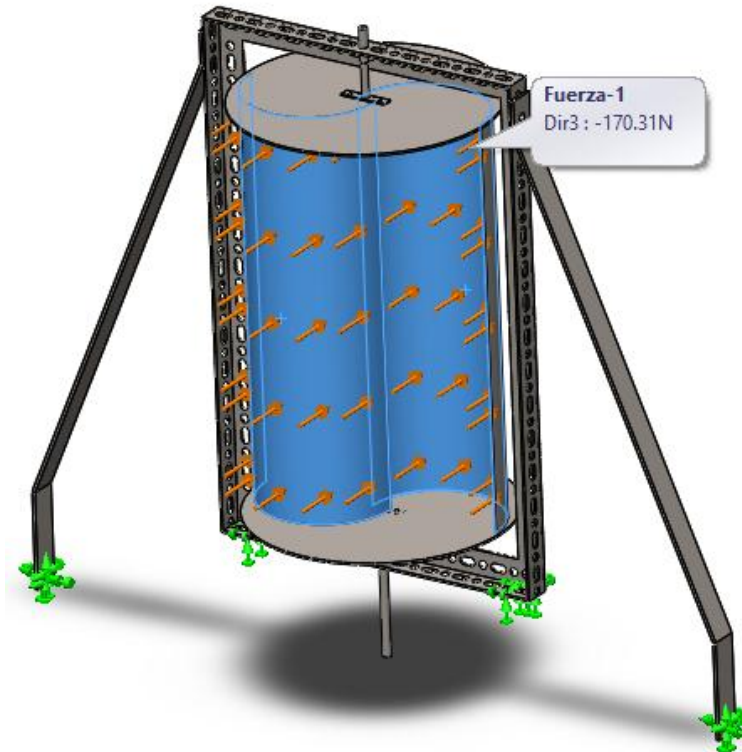
ANÁLISIS DE COEFICIENTE DE SEGURIDAD



El factor de seguridad del rotor es de 4.49 que indica que el rotor está bien diseñado y seleccionado el material por lo tanto va a soportar la carga del viento anteriormente calculada.



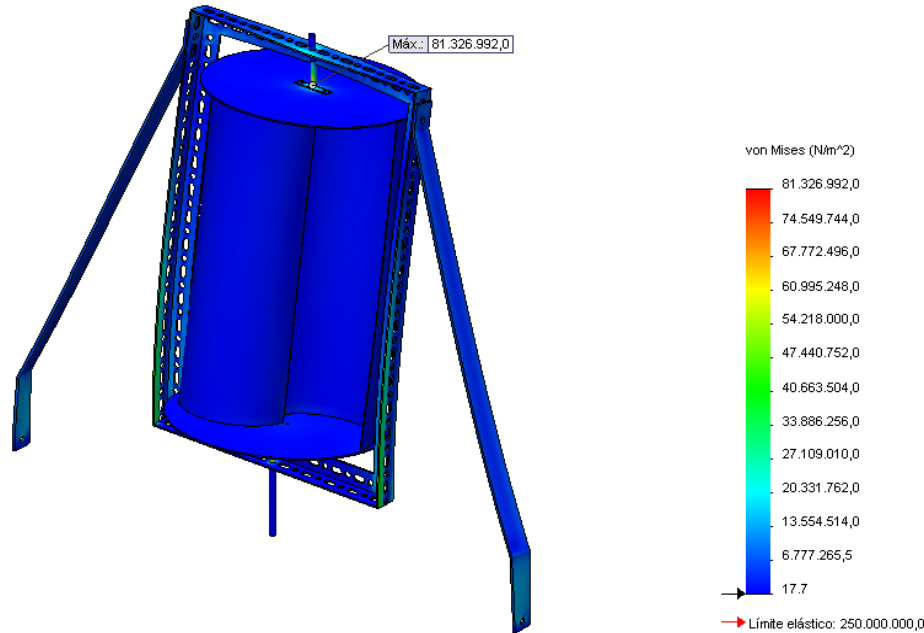
CARGAS EN LA ESTRUCTURA DE SUJECCIÓN



Se puede apreciar que la estructura está fijada en cuatro puntos, representadas por las fechas de color verde. Las fechas de color tomate nos indica las cargas que soporta la estructura su valor es 170,31N calculada con anterioridad.



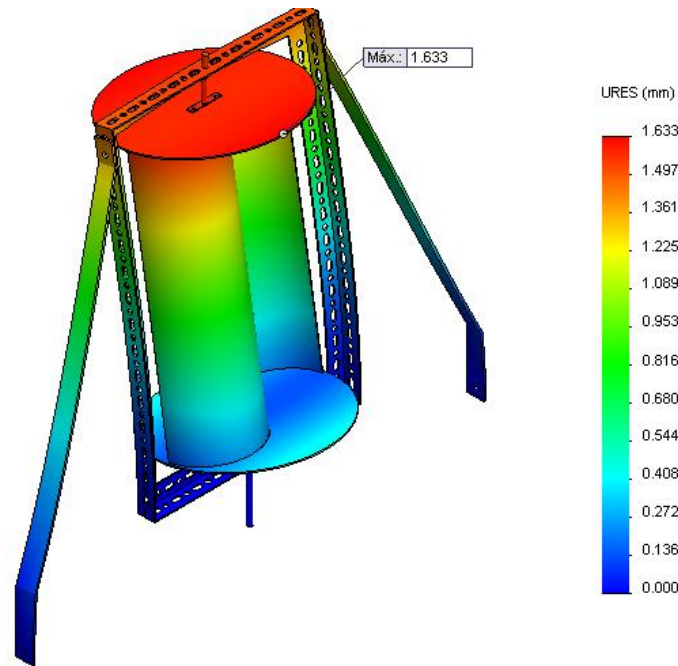
ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE VON MISES EN LA ESTRUCTURA DE SUJECCIÓN



Los largueros sufren un esfuerzo en la parte inferior que es aproximadamente de 6.777 MPa representado por el color celeste y la estructura sufre un esfuerzo en la parte inferior de aproximadamente 47.440 MPa nunca llegarán a romperse en ninguno de estos puntos ya que el coeficiente de elasticidad para el acero ASTM A36 es de 250.00 MPa



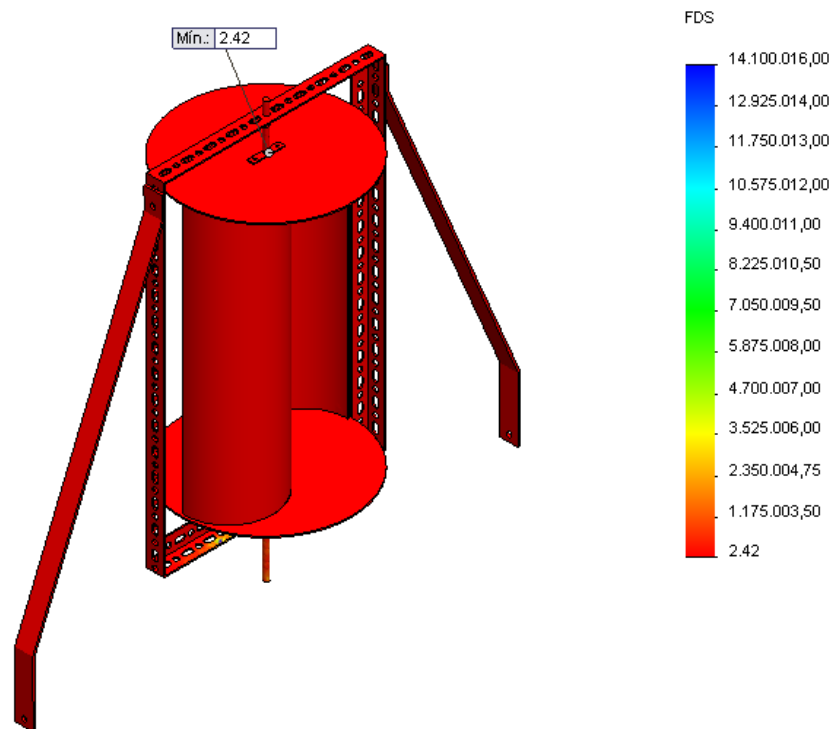
ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SUJECCIÓN



La deformación máxima en toda la estructura. La deformación máxima es de 0.633 mm que está representado por el color rojo y está ubicada en la punta del volante de inercia



ANÁLISIS DE COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN LA ESTRUCTURA DE SUJECCIÓN



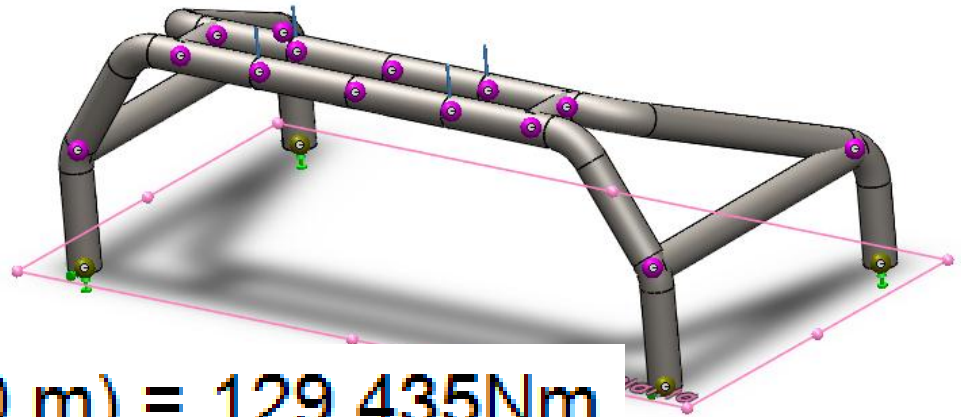
El factor de seguridad del rotor es de 2.42 que indica que la estructura está bien diseñado y seleccionado el material por lo tanto va a soportar la carga del viento anteriormente calculada.



CARGAS EN EL ROLL BAR

$$T = F \cdot d$$

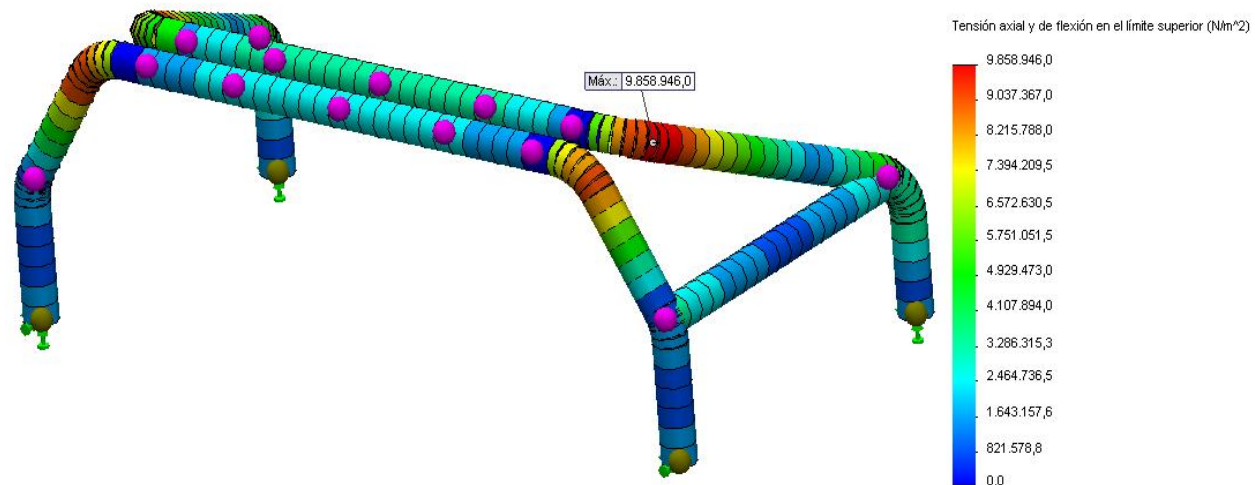
$$T = (170.31 \text{ N})(0.760 \text{ m}) = 129.435 \text{ Nm}$$



Para la simulación se ubicaron las fijaciones en cuatro puntos específicos del Roll Bar representadas por flechas de color verde así mismo la carga por el peso del rotor de 89.09 N representadas de color azul se ubicó, para este caso en 4 nodos que están de color morado ubicadas en la parte superior del Roll Bar. También se ubicó un torque de 129.435 Nm en los dos nodos centrales del Roll Bar con estos datos se realizó el análisis de esfuerzos en el Roll Bar.



ANÁLISIS DEL ESFUERZOS DE VON MISES

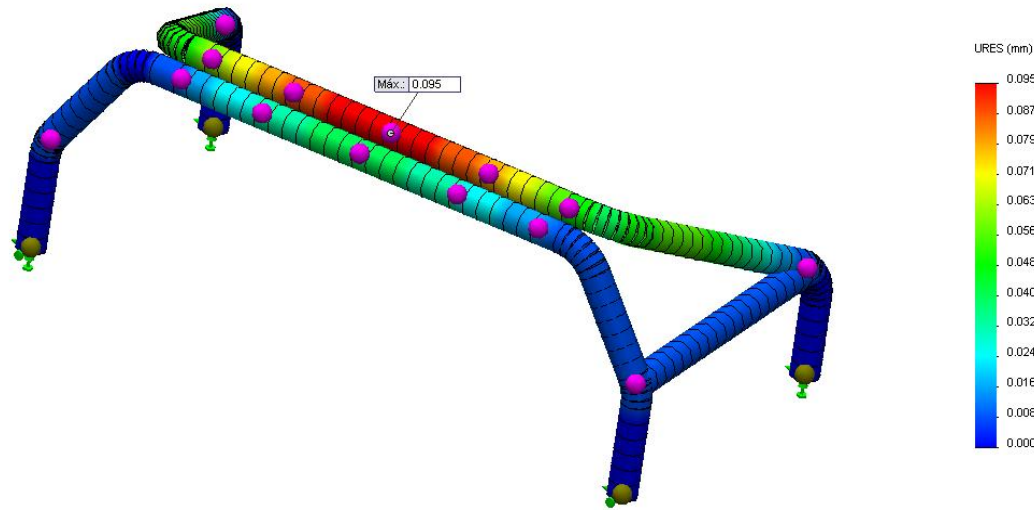


El máximo esfuerzo analizado es de 9.85 MPa representado por el color rojo.

El roll bar soportaría tranquilamente las cargas calculadas anteriormente ya que el coeficiente de elasticidad para el acero ASTM A36 es de 250.00 MPa.



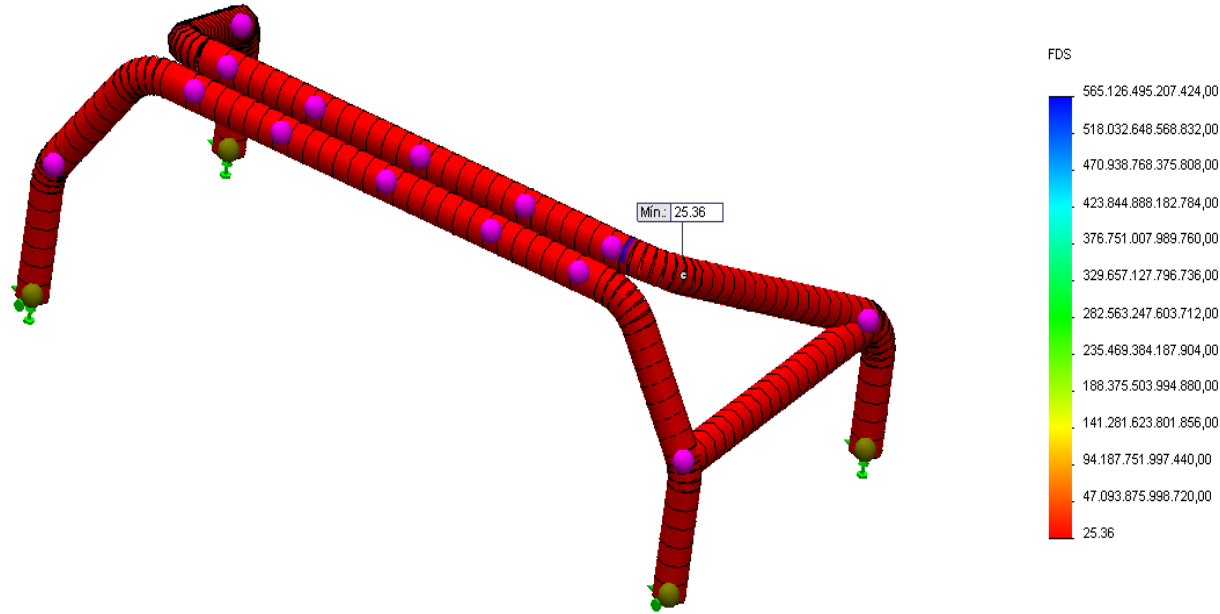
ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO



Se observa que el máximo desplazamiento se ubica en la parte central del roll bar en el tubo posterior representada por el color rojo su valor es de 0.095 mm lo que es insignificante.



COEFICIENTE DE SEGURIDAD



El factor de seguridad es de 25.96 nos indica que el factor de seguridad es alto ya que los roll bar están diseñados para soportar deformaciones altas en la carrocería en caso de un accidente y volcamiento.



SELECCIÓN

- **GENERADOR EÓLICO ELÉCTRICO**
- **BATERÍA EÓLICO**
- **SISTEMA DE TRANSMISIÓN**



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GENERADOR EÓLICO ELÉCTRICO



- Tiene una potencia de 1500W a 550 RPM
- Trabaja a bajas revoluciones
- Tiene la capacidad de resistir la corrosión, la oxidación, en entornos difíciles y extremos.
- Posee una eficacia alta y baja pérdida de energía mecánica resistencia.
- Excelente disipación de calor debido al marco exterior de aleación de aluminio y la estructura interna especial.
- Tiene una eficiencia eléctrica del 95%



BATERÍA EÓLICO



- No necesitan ningún mantenimiento
- La recarga es más rápida y eficiente.
- Retienen la carga durante más tiempo, incluso a temperatura ambiente (90% de carga residual después de 2 años).
- Pueden descargarse completamente sin sufrir daños. Incluso pueden permanecer así durante 30 días, y al volverse al cargar siguen ofreciendo el 100% del rendimiento inicial.
- La vida es más larga: soportan más del doble de ciclos carga-descarga que las baterías convencional
- No hay posibilidad de salida del electrolito ni de desprendimiento de gas durante la carga.
- Pueden ser colocadas en cualquier posición.
- Trabajan en un rango de temperaturas mucho más amplio: desde -40°C hasta 72°C.



SISTEMA DE TRANSMISIÓN



Mediante este sistema se consiguen transmitir potencias relativamente altas entre dos ejes distantes entre sí, sin que exista apenas resbalamiento o desprendimiento entre las dos ruedas de piñones y la cadena, que es el elemento de enlace que une ambas ruedas.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS DEL ROTOR SAVONIUS EN CARRETERA





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RPM

MEDICIÓN DE LAS RPM





VOLTAJES DEL GENERADOR EÓLICO

MEDICIÓN DE LOS VOLTAJES



Velocidad del vehículo (Km/h)	Voltaje AC (V)
60	4 a 9
70	15 a 25
80	26 a 30
90	31 a 35
100	36 a 40
110	41 a 45



REDUCCIÓN DE RPM

Con el viento en calma

Velocidad del viento en el vehículo		Número de revoluciones	Reducción de revoluciones
(Km/h)	(m/s)	(RPM)	(RPM)
60	16,6	584,01	243,33
70	19,44	683,93	284,97
80	22,22	781,77	325,73
90	25	879,54	376,47
100	27,77	976,99	407,07

Con el viento en contra

Velocidad del viento en el vehículo		Velocidad promedio del viento	Velocidad total	Número de revoluciones	Reducción de revoluciones
(Km/h)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(RPM)	(RPM)
60	16,6	7	23,6	830,28	345,95
70	19,44	7	26,44	930,20	387,58
80	22,22	7	29,22	1028,00	428,33
90	25	7	32	1125,81	469,08
100	27,77	7	34,77	1223,26	509,69



A favor del viento

Velocidad del viento en el vehículo		Velocidad promedio del viento	Velocidad total	Número de revoluciones	Reducción de revoluciones
(Km/h)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(RPM)	(RPM)
60	16,6	7	9,6	337,74	140,72
70	19,44	7	12,44	437,65	182,35
80	22,22	7	15,22	535,46	223,10
90	25	7	18	633,29	263,87
100	27,77	7	20,77	730,72	304,46



CÁLCULO DE LA POTENCIA CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL AUTOMÓVIL

La siguiente formula incluye las perdidas mecánicas, eléctricas y el coeficiente de potencia (Cp)

Datos:

$$h = 0,61\text{m}$$

$$D = 0,38\text{m}$$

$$v = 34,77\text{m/s}$$

$$P = 0,12hDv^3$$

$$P = 0,18(0,61)(0,38)(34,77)^3$$

$$P = 1169,23 \text{ W}$$



TABLA DE POTENCIAS CON VARIACIÓN DEL VIENTO

Con el viento en calma

Velocidad del viento en el vehículo		Potencia
(Km/h)	(m/s)	(W)
60	16,6	127,23
70	19,44	204,35
80	22,22	305,15
90	25	434,62
100	27,77	595,69

Con el viento en contra

Velocidad del viento en el vehículo		Velocidad promedio del viento	Velocidad total	Potencia
(Km/h)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(W)
60	16,6	7	23,6	365,62
70	19,44	7	26,44	514,13
80	22,22	7	29,22	693,96
90	25	7	32	999,62
100	27,77	7	34,77	1169,23



A favor del viento

Velocidad del viento en el vehículo		Velocidad promedio del viento	Velocidad total	Potencia
(Km/h)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(W)
60	16,6	7	9,6	24,60
70	19,44	7	12,44	53,54
80	22,22	7	15,22	98,07
90	25	7	18	162,22
100	27,77	7	20,77	358,08



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CIRCUITOS ELECTRÓNICAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

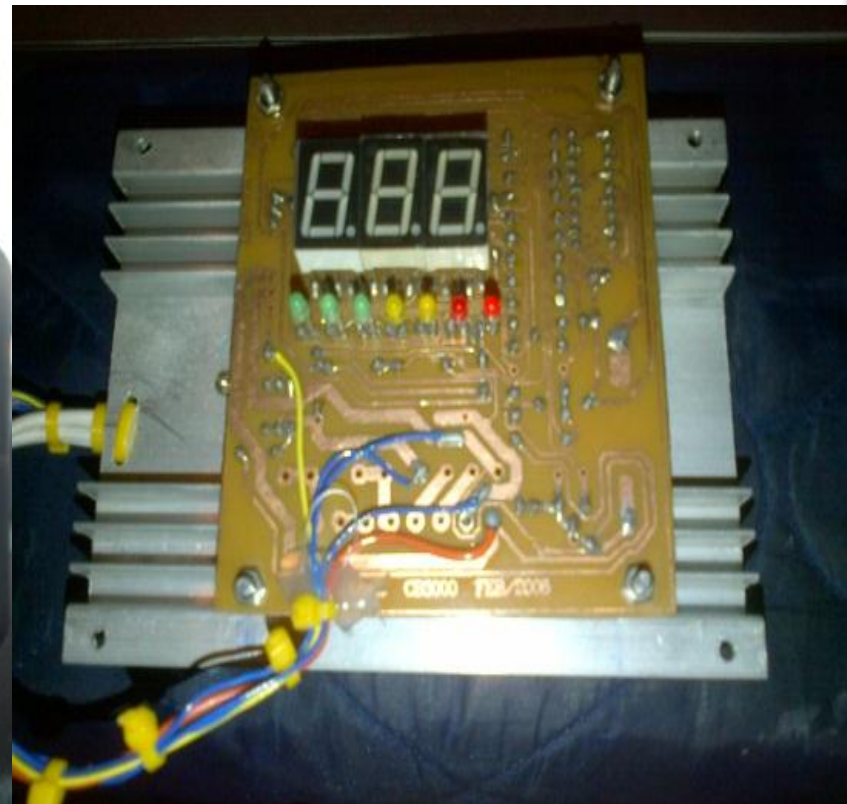
TRANSFORMADOR





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

REGULADOR DE CARGA EÓLICA





REGULADOR DE CARGA EÓLICA



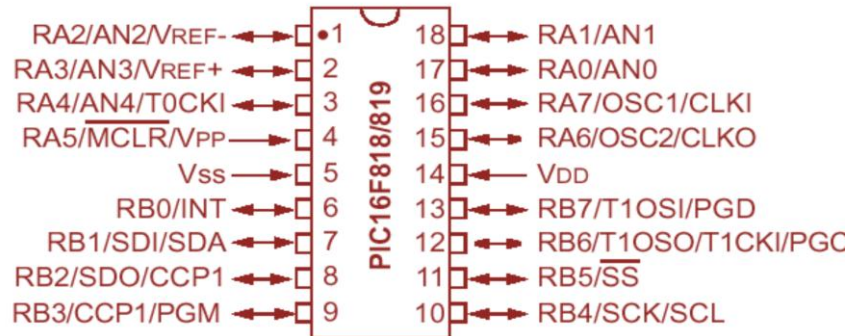
Este circuito será el encargado de convertir y regular el voltaje entregado por el generador eléctrico eólico ya que para cargar las baterías se necesita de voltaje directo y permanente a 14.5 V.



FUNCIÓN DEL PIC16F819 EN EL REGULADOR DE CARGA EÓLICA



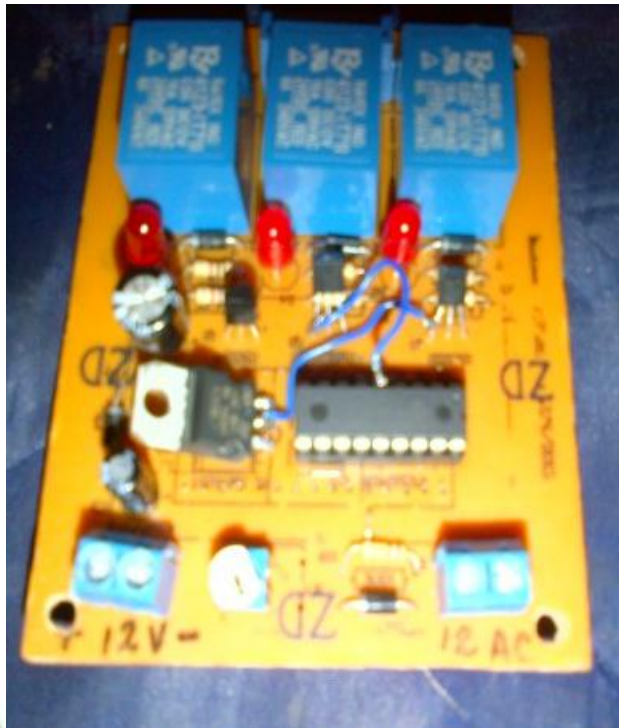
La función del **PIC16F819** es medir el voltaje regulado, para mostrar el voltaje a la que se esta cargando la batería en el display, también tiene la función de cortar la carga de batería cuando la batería este cargada para que no se sobrecargue.





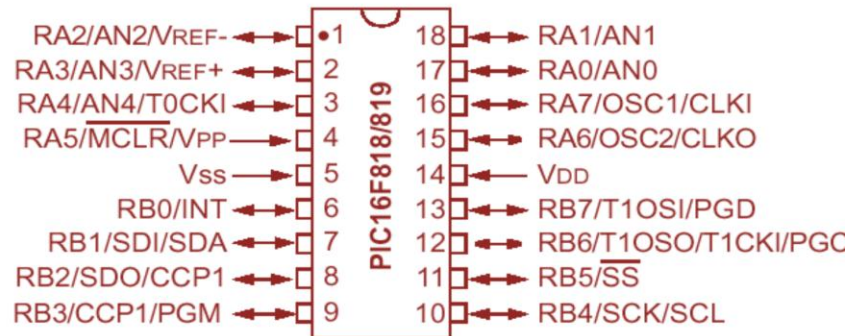
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTROL DE VOLTAJE AC





FUNCIÓN DEL PIC16F819 EN EL CONTROL DE VOLTAJE AC



El **PIC16F819** tiene la función de medir el voltaje del generador eléctrico eólico para mostrarla en el display y también controla los tres relés:

- 1er relé se activa cuando el generador entrega 20 a 50 voltios este esta conectado en el tab de 30 V del transformador.
- 2do relé se activa cuando el generador entrega de 20 a 50 voltios este esta conectado en el tab de 28 V del transformador.
- 3er relé se activa cuando el generador entrega de 60 voltios en adelante esta conectado en el tab de 26 V del transformador.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MÓDULO DE CONTROL DE POTENCIA





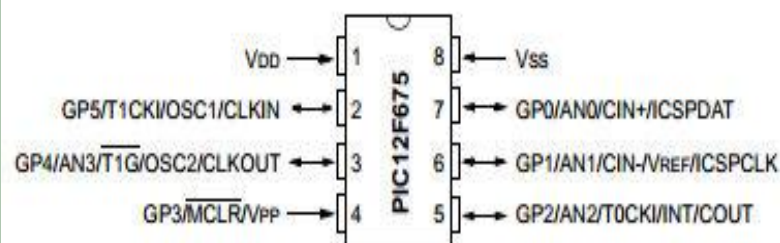
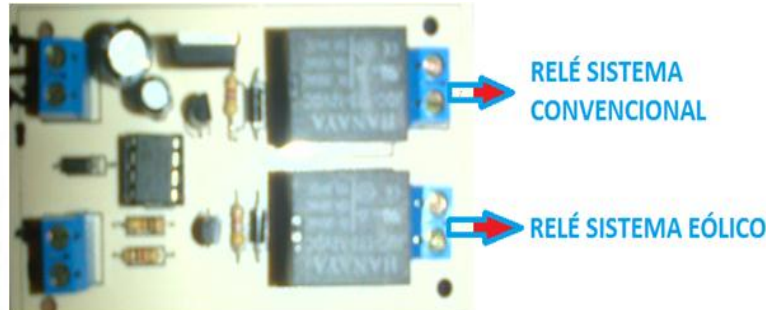
MÓDULO DE CONTROL DE POTENCIA



Para la activación y desactivación de los sistemas, convencional de carga y eólico fue necesario realizar un módulo que control de potencia para que cuando empiece a funcionar el sistema eólico, automáticamente se desactive el sistema convencional de carga esto se observa mediante dos leds ubicados en el regulador de carga eólico.



FUNCIÓN DEL PIC12F675 MÓDULO DE CONTROL DE POTENCIA

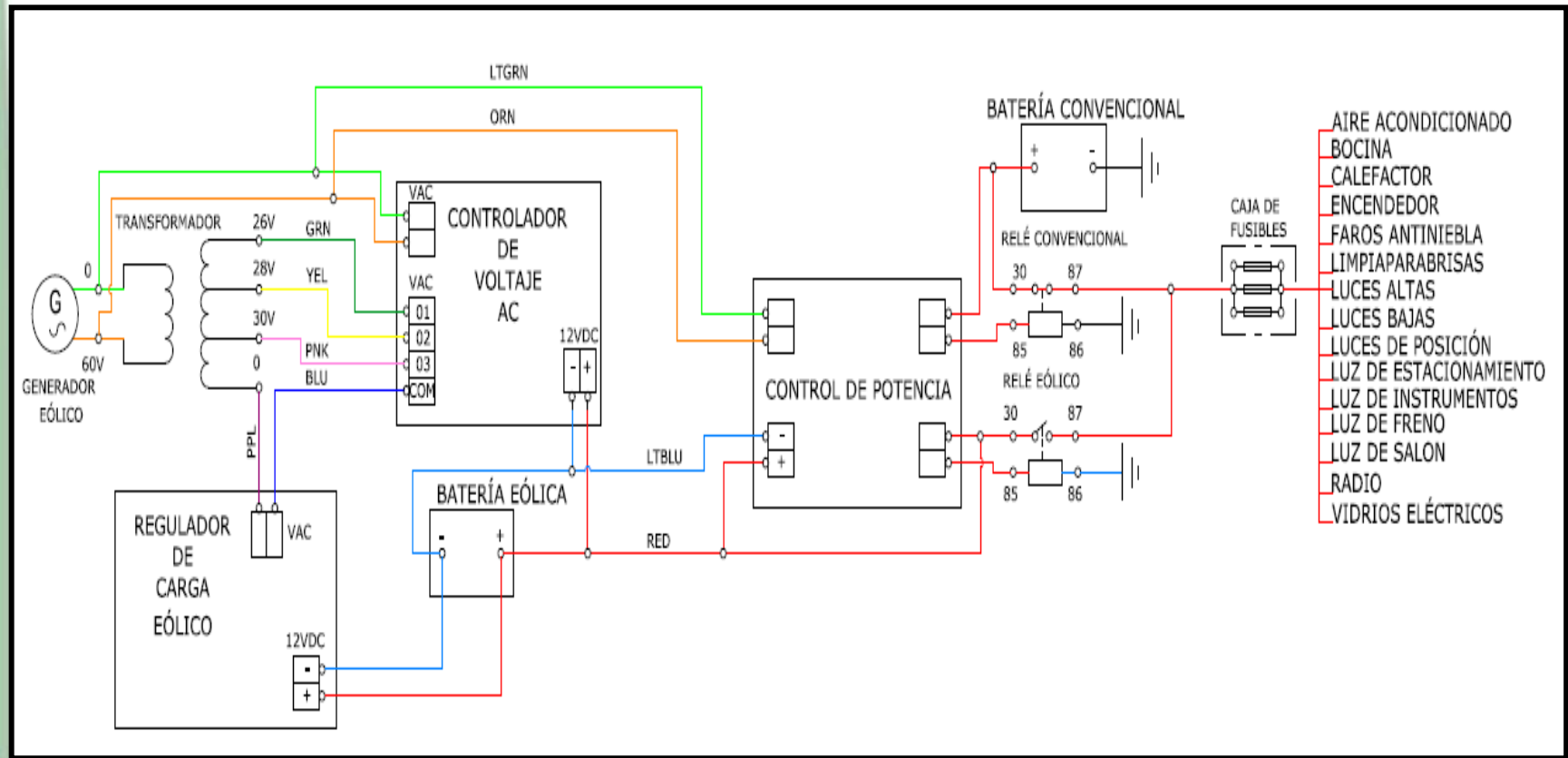


La función de **PIC12F675** es controlar el cambio de los 2 relés de la placa:

- 1er relé esta conectado alimentando a los accesorios con la batería convencional.
- 2do relé cuando el generador eléctrico eólico entrega voltaje el PIC ordena el cambio al sistema eólico para alimentar los accesorios con la batería eólica.



DIAGRAMA DE CONEXIÓN





DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS ACCESORIOS

Una vez obtenida y almacenada la energía eléctrica aprovechada por la energía eólica se procede a distribuir la energía eléctrica hacia los accesorios tales como son:

- Luces de posición
- Radio
- Vidrios eléctricos
- Luz de salón
- Luz de freno
- Encendedor
- Luz de instrumentos
- Luz de estacionamiento
- Luces bajas
- Luces altas
- Calefactor
- Aire acondicionado
- Faros antiniebla
- Limpiaparabrisas
- Bocina



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UBICACIÓN DE ROTOR SAVONIUS Y EL GENERADOR EÓLICO





UBICACIÓN DE LA BATERÍA



La batería se encuentra ubicada en la parte posterior de los asientos de pasajeros.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UBICACIÓN DE LA PLACA REGULADORA Y TRANSFORMADOR





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UBICACIÓN DE LOS VISUALIZADORES PARA EL CONDUCTOR





CONCLUSIONES:

- ✓ Realizado el estudio de los tipos de aerogenerador se eligió el rotor Savonius por su:
 - Fácil construcción
 - No necesitan orientarse en la dirección del viento.
 - Por tener mayor torque.
- ✓ El material utilizado para la construcción del rotor Savonius fue el aluminio 1060 por su peso ligero, por las propiedades mecánicas que posee:
 - Resistencia a la tensión (S_u) de 69MPa
 - Resistencia a la cedencia (S_y) de 28MPa



CONCLUSIONES:

- ✓ De acuerdo con las simulaciones en el software Solid Work los factores de seguridad indican que los materiales seleccionados y los diseños son los correctos:
 - Factor de seguridad rotor (Fs) de 4.5
 - Factor de seguridad estructura de sujeción (Fs) de 2.42
 - Factor de seguridad Roll Bar (Fs) de 25.96
- ✓ La carga de la batería varía en función de la velocidad con la que se mueve el vehículo a mayor velocidad carga rápida, a menor velocidad carga normal.



CONCLUSIONES:

- ✓ El generador eléctrico eólico fue escogido por tener, alta potencia 1500W a 550RPM tiene la capacidad de resistir la corrosión, la oxidación, en entornos difíciles y extremos.
- ✓ Para el almacenamiento de la energía eléctrica se adquirió una batería AGM por no necesitar ningún mantenimiento, por retener la carga durante más tiempo, puede descargarse completamente sin sufrir daños, puede ser colocada en cualquier posición.
- ✓ La velocidad del viento varía si se viaja con el vehículo en contra o a favor del viento, por ende la velocidad del viento para el sistema eólico no es la misma.



RECOMENDACIONES:

- Tomar en cuenta el tipo de aerogenerador apropiado para el vehículo, tomando en cuenta la ubicación y el espacio que posee el vehículo.
- Diseñar un sistema eólico que sea de fácil montaje y desmontaje, para facilitar su manejo.
- Tomar en cuenta las características técnicas y específicas al momento de realizar la adquisición del generador eléctrico eólico y la batería.
- Tomar en cuenta la mejor ubicación de cada uno de los visualizadores para que el conductor pueda mirarlos sin tener que interrumpir el manejo del vehículo.



RECOMENDACIONES:

- Se recomienda seguir los manuales de instalación del sistema eólico así como el de conexiones eléctricas para evitar fallos en alguno de estos.
- Se recomienda continuar con el estudio de este proyecto ya que la energía eólica puede ser aprovechada para almacenar la energía eléctrica en baterías de los vehículos híbridos.
- Se recomienda utilizar baterías eólicas ya que están diseñados para el almacenamiento de energía eléctrica eólica.
- Se recomienda utilizar este sistema eólico para alimenta de manera independiente a una potencia de audio tuning.