
Dispositivo con autoposicionamiento a los rayos solares en un vehiculo

Raúl Ñeco Caberta, Carlos Ponce Corral, Carlos Felipe Ramírez Espinoza, Cesar Leonardo González Pinzón, Rene Alberto Valenzuela Nájera, Jesús Rodarte Dávila, David Atayde Campos, Jaime Romero Gonzalez, Luis Gonzalo Guillen Anaya

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda un tema muy actual: el problema energético que se sufre en todo el mundo. Una contribución a solucionar la necesidad de energía renovable y de generación limpia se presenta en este trabajo, desarrollando el diseño de un seguidor solar de auto-posicionamiento mostrando el diseño en dos fases de manera detallada: el sistema electrónico y el sistema mecánico. En el diseño del sistema electrónico se utilizó el software *LIVEWIRE* versión 1.11, que permite hacer simulaciones virtuales teniendo la oportunidad de visualizar que ocurre con el desempeño del circuito cuando se realiza alguna modificación, también se muestra la selección de sensores el diseño del circuito electrónico que servirá como control y su simulación en el software *LIVEWIRE*. Dentro de esta misma fase se lleva a cabo la selección de los actuadores del sistema de seguidor. El diseño del sistema mecánico así como el diseño de toda la estructura, se llevó a cabo utilizando el software de *CAD SOLIDWORKS 2012* a partir de un bosquejo que surgió de una lluvia de ideas y un análisis de factibilidad basado en las características de requerimientos, posteriormente se desarrolla una integración de los modelos realizados en el software y se procede a efectuar la simulación del sistema mecánico, por último se realiza el ensamble de las estructuras del seguidor solar tomando en cuenta los resultados obtenidos en pruebas y el estudio de movimiento del seguidor solar que genero la simulación.

Palabras clave: Seguidor Solar, Auto-posicionamiento, Vehiculo.

INTRODUCCIÓN

El mayor problema que se está presentando a nivel mundial, es la gran contaminación que se ha ido incrementado década con década, pero no solamente el nivel de contaminación fue incrementando, otro punto que se ha agravado fue la temperatura de la tierra que está subiendo, esto provocando que los polos se estén derritiendo y provoca que sucedan fenómenos naturales como: tsunamis de grandes magnitudes, grandes tormentas de lluvia e intensas nevadas. Estas causas abren una necesidad que lleva investigar sobre posibles fuentes de energía renovables como

la energía eólica, hidroeléctrica, energía solar o los biocombustibles.

La rama de las energías renovables que están teniendo más auge, es la energía solar, la cual ya se está implementando en viviendas sobre todo en áreas rurales, en donde lo están aprovechando al máximo teniendo grandes cantidades de paneles solares para alimentar de energía lo hogar y tener de reserva para la noche. Esto se realiza por medio de baterías donde esta energía se almacena, y al momento de usar algún electrodoméstico, la energía que sale de las baterías es convertido de corriente directa a corriente alterna (CD – CA), para

el uso adecuado de los artículos en el hogar, así como los focos, que a su vez, la tecnología también ha evolucionado haciendo que los focos sean de LED (Diodos Emisores de Luz, por sus siglas en inglés), con consumos de hasta una quinta parte de los focos ahorradores lo que requiere un bajo consumo de la energía almacenada en las baterías.

Pero no simplemente es de instalarse el panel solar, el seguidor solar es un sistema tecnológico, cuya función es posicionar el panel solar en posición perpendicular al rayo del sol, para que el panel solar tenga la mejor producción de energía aprovechando el sol, desde que sale hasta que se oculta. Esta tecnología se observó, en un sistema natural ya existente y que todos lo hemos observado, la idea del seguidor solar proviene de la planta *helianthus annuus*, comúnmente llamado Girasol, esta planta, gira sus hojas y su centro hacia la posición del sol, y conforme van pasando las horas donde el sol ya tiene diferente posición, esta planta lo va

siguiendo para aprovechar al máximo toda su fotosíntesis. La posición óptima para las celdas fotovoltaicas es que tienen que estar perpendicular al sol, para que los fotones provenientes del sol golpeen con gran fuerza a los electrones y estos sean separados de los átomos.

Para entender un poco como operan los diferentes tipos de seguidores solares, tenemos que entender como es el movimiento del sol con forme a nuestro planeta (Fig. 1). La Tierra realiza dos movimientos que inciden en la posición relativa de un punto en su superficie con respecto al Sol, el movimiento que más afecta esta posición es el de rotación, movimiento que realiza la Tierra sobre su propio eje con una duración de 24 horas 0 minutos y 57.33 segundos, que se ha sintetizado a 24 horas, con la compensación del año bisiesto. Así se da lugar al día y la noche ya que durante el giro la mitad de la Tierra está iluminada y la otra mitad en penumbra.

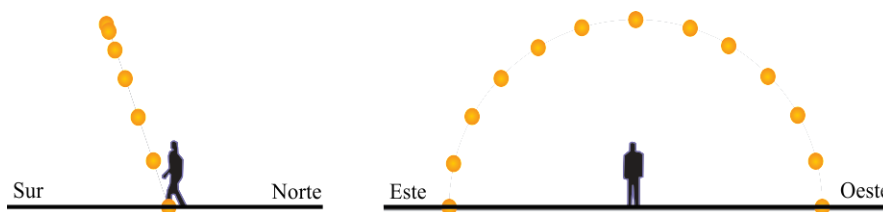


Fig. 1. Trayectoria del Sol

El intervalo de tiempo del día y la noche depende de la ubicación geográfica del punto considerado, solo en la línea del Ecuador los días y las noches duran 12 horas durante todo el año. El movimiento de rotación, genera que el Sol dibuje una

trayectoria circular en el espacio en el periodo que dura el día. El segundo movimiento que realiza la Tierra es el de traslación que se refiere al movimiento que realiza la Tierra alrededor del Sol. El movimiento de traslación tarda en realizarse

365.2422 días, que para efectos prácticos se toma de 365 y cada cuatro años (año bisiesto) se toma de 366 días. Durante el recorrido la Tierra presenta una trayectoria

elíptica alrededor del Sol. La trayectoria elíptica de la Tierra alrededor del Sol tiene un ángulo con respecto a la horizontal del Ecuador solar de 23.45° (Fig. 2).

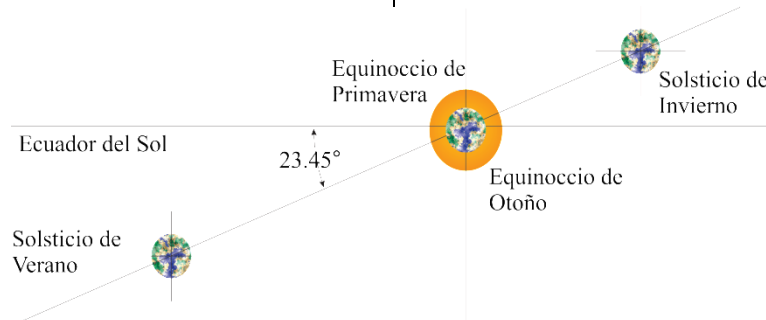


Fig. 2. Movimiento de Traslación de la Tierra.

El movimiento de traslación de la Tierra genera que la trayectoria aparente del Sol, ocasionada por el movimiento de rotación, presente una variación a lo largo del año, la trayectoria aparente del Sol a lo largo del día varía entonces en su

declinación con respecto al observador, esta variación en la declinación incide en la duración del día y la noche (Fig. 3). El Sol en su trayectoria pasa siempre por un punto central orientado hacia el sur a las 12 horas del día Solar.

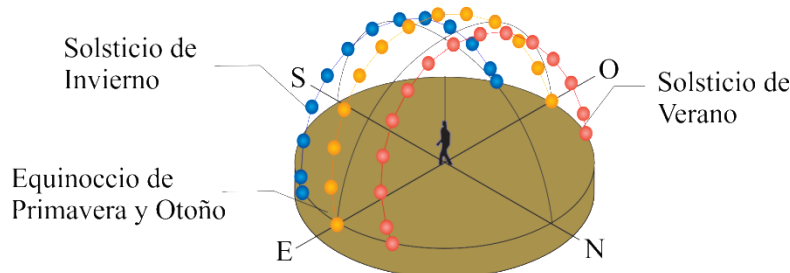


Fig. 3. Variación de Inclinación por la Traslación.

En los sistemas solares para la captación de la energía utilizan celdas fotovoltaicas en las cuales para tener una óptima eficiencia depende de los factores del ángulo, ya que las celdas fotovoltaicas tienen que estar siempre en perpendicular al rayo del sol. La Tierra va cambiando su ángulo de rotación durante los cambios de estación durante todo el año por lo tanto no siempre los rayos solares caen con el mismo ángulo y por supuesto no se tiene pensado

que el vehículo siempre va a ir en la misma dirección que el traslado del sol. Para ello se tiene que diseñar un soporte que tenga la capacidad de auto-posicionarse al Sol independientemente de la orientación del vehículo durante su trayecto. Surgiendo la problemática a resolver ¿cómo proponer un dispositivo de control con auto posicionamiento de un panel solar a los rayos solares con aplicación en los vehículos?

SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema electrónico se encargara de enviar las señales correctas para que los actuadores realicen su función de mover el panel solar a la posición deseada.

Se analizaron alternativas para decidir el medio de obtener la intensidad de los rayos del sol que inciden en la superficie de la celda solar, durante la investigación se observó que gran parte de los seguidores solares utiliza sensores de luz, que son los que detectan diferencias de intensidades de luz provenientes de cualquier fuente.

Elección del Sensor

Los sensores fotoeléctricos (también llamados ópticos) son dispositivos electrónicos que responden al cambio de la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Están diseñados especialmente para la detección, ausencia, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie incluso bajo condiciones ambientales extremas. Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR (Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz) (Fig. 4). Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la

luz. También se le llama fotorresistencia. Cuando hay luz incidiendosobre el, su resistencia es tan baja como de 50Ω y muy alto cuando está a oscuras con un alcance de hasta varios Mega ohms.

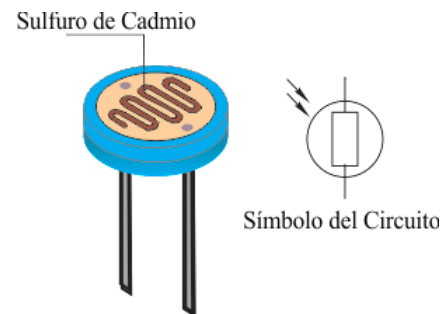


Fig. 4. Sensor LDR

Desde el punto de vista constructivo, las LDR están fabricadas con materiales de estructura cristalina, siendo los más utilizados el sulfuro de cadmio y el seleniuro de cadmio, aprovechando sus propiedades fotoconductoras. Una cuestión a tener en cuenta cuando diseñamos circuitos que usan LDR (Fig. 5) es que su valor (en Ohmios) no variara de forma instantánea cuando se pase de estar expuesta a la luz a oscuridad, o viceversa, y el tiempo que se dura este proceso no siempre es igual si se pasa de oscuro a iluminado o si se pasa de iluminado a oscuro. Igualmente, estos tiempos son cortos, generalmente del orden de una décima de segundo.

Esto hace que el LDR no se pueda utilizar en algunas aplicaciones, concretamente en aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo. Pero hay muchas aplicaciones en las que una fotorresistencia es muy útil.



Fig. 5. Muestra real de los fotoresistores.

Los fototransistores (Fig. 6) son los componentes más ampliamente usados como receptores de luz, debido que ofrecen la mejor relación entre la sensibilidad a la luz y la velocidad de respuesta, además responden bien ante luz visible e infrarroja.



Fig. 6. Fototransistor.

Los fototransistores están constituidos de manera muy análoga a los BJT convencionales, si bien no suelen tener conexión exterior a la base. Su funcionamiento se basa en el fotodiodo que existe en la unión colector-base. La configuración más común del fototransistor es la de silicio NPN.

La configuración electrónica es que usualmente el fototransistor se construye mediante el proceso de difusión, con una ventana transparente o una lente en la cubierta. La luz que incide sobre la unión colector-base crea portadores de carga adicionales. El fototransistor se hace funcionar con el emisor tipo n negativo respecto al colector tipo p. Con ello, la unión base-emisor (Fig. 7) queda polarizada

directamente, mientras que la unión colector-base lo está en sentido inverso. Si incide luz sobre la unión colector-base y los fotones tienen energía suficiente para crear portadores de carga libres adicionales, la polarización inversa en la unión hace que los electrones pasen a la zona de colector. De esta forma, dependiendo de dónde llegue el rayo de luz, este es cómo opera, haciendo compuertas dentro de el para dejar pasar la corriente.



Fig. 7. Símbolo eléctrico de un fototransistor

Algunos sensores fotoeléctricos de pulso modulado responden únicamente a la luz emitida por su propia fuente de luz (Fig. 8). Modular la luz de un LED simplemente significa encenderlo y apagar en alta frecuencia lo que hace no factible utilizar este tipo de sensores, ya que son para uso en cortas distancias.

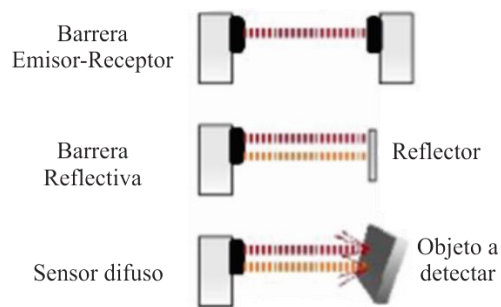


Fig. 8. Función de un Sensor Fotoeléctrico

La mejor selección que podemos realizar es de escoger el fotoresistor, ya que tiene gran amplitud de capacidad de resistencia, cuenta con una sola entrada y salida de energía, a comparación de los fototransistores, ya que ellos dependen de en punto cae el rayo para decidir en qué sentido distribuye la energía.

Como se describe en las características del fotoresistor, una de las desventajas es que no tiene un accionamiento rápido, pero es cuestión de décimas de segundo, pero en nuestro sistema no es tan necesario este tiempo de respuesta, ya que el vehículo cuenta con un almacenamiento para poder soportar un pequeño tiempo en lo que el seguidor solar posiciona el panel en la mejor opción.

Sistema de Control

Teniendo seleccionado el elemento que detectara el rayo solar, proseguimos a diseñar el circuito electrónico quien será el responsable de mantener en control la posición del panel solar. Realizamos un bosquejo (Fig. 9) a mano sobre el circuito electrónico haciendo primero la idea de cómo sería el sistema electrónico y que componentes podrían utilizarse, para hacerlo lo más fácil en la construcción.

Se describe la forma en que se llevó a cabo la conexión de cada elemento así como su función dentro del sistema electrónico. El sensor se compone de dos LDR (Fig. 10) separadas por un tabique para que cuando reciban la luz del sol, lateralmente haga sombra a una de las LDR y su resistencia, al recibir menos intensidad de luz, se haga mayor que la otra, y pueda activar el movimiento hacía un lado del seguidor solar. Cada LDR está asociada en

serie con una resistencia de 10k, formando un divisor de tensión, de modo que si las dos reciben la misma intensidad de luz los dos puntos medios, tienen la misma tensión. Cuando el LDR de la derecha recibe menos luz, su valor de resistencia aumenta, por tanto la tensión en el punto 2 se hace más grande que la tensión en el punto 1. Cuando las tensiones en 1 y 2 están igualadas (porque ambas LDR reciben la misma luz) la salida de los operacionales es 0v, ya que un operacional en modo comparador amplifica la diferencia de tensiones entre sus dos puertas (+ y -).

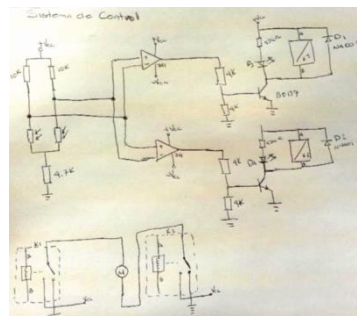


Fig. 9. Diagrama del control electrónico de nuestro seguidor solar

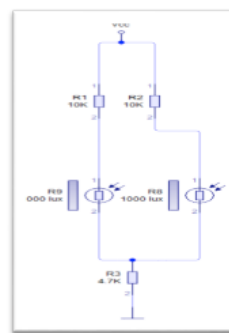


Fig. 10. Conexión entre LDR y Divisor de tensión

Cuando la tensión sea mayor en el punto 2 que el punto 1, el operacional de arriba tiene mayor tensión en la puerta no

inversora (+) que en la puerta inversora (-) y por tanto su salida va a ser $+V_{cc}$, y continuara fluyendo la corriente hacia enfrente. El operacional de abajo está conectado al revés, por tanto tendrá más tensión en la puerta no inversora que en la puerta inversora y su salida será $-V_{cc}$. Cuando la tensión en A sea mayor que la tensión en B ocurrirá al contrario.

Si se da el caso de que la tensión en el punto 2 sea mayor que la tensión que en el punto 1 (la salida del operacional de arriba será el $+V_{cc}$ y la del de abajo $-V_{cc}$), el transistor de arriba está en saturación y el de abajo en corte, el transistor dejara pasar la corriente hacia el relevador 1 (k1) por tanto este se activara moviendo el motor hacia un sentido. Se contempló introducir unos diodo led (no importa el tipo de color) en cada circuito del relevador, solamente para identificar cual es el que estará activo.

Cuando las tensiones en los puntos 1 y 2 están igualadas, la salida de los operacionales será de cero volts, los transistores están en Corte, o sea, la unión Colector- Emisor no conduce, por lo tanto no abra corriente hacia enfrente.

En caso de que la tensión en el punto 2 sea menor que la tensión en el punto 1, ocurrirá lo contrario, pero el mismo efecto, el transistor de arriba en corte, lo cual no permite el paso de corriente y el de abajo en saturación, por tanto se activará el relevador 2 (k2), haciendo que el motor gire en otro sentido.

La configuración de los estados de los relevadores que son los que activaran al motor en diferentes sentidos será de la siguiente forma. Consiste en un inversor de giro realizado con dos relés de conmutación

simple. Cuando se activa uno de ellos el motor gira en un sentido; cuando se activa el otro, el motor cambia de sentido. Cuando no hay ninguno activo o se activan los dos el motor no se mueve. El sistema de relevadores esta aparte del circuito ya que es eléctricamente independiente al circuito de control, pero físicamente el relevador es un bloque con cinco terminales, dos para la bobina (que está en el circuito de control k1 y k2) y tres para los contactos que están conectados al motor eléctrico que lo hará girar en diferentes sentidos, dependiendo de cómo lo solicite el sistema de control.

Simulación del circuito de control

Después de haber diseñado en bosquejo el sistema de control que será responsable de poner en movimiento el seguidor solar, proseguimos con la simulación de nuestro circuito eléctrico con la ayuda del programa "LiveWire".

Introduciendo nuestros elementos que tenemos diseñado en el bosquejo, quedaría de la siguiente forma (Fig. 11).

Con la ayuda del programa, se realizara la simulación del movimiento giratorio del motor, así como también los diferentes puntos de teoría que se describieron anteriormente, con la ayuda de simuladores de equipo de medición, que mostraron los resultados de cuando voltaje está pasando y que corriente genera el circuito de control. También teniendo la posibilidad de detectar ciertas fallas o cortos circuitos que tuviera el sistema electrónico.

Como se explicó anteriormente, lo primero que se realizo es tomar los componentes en el programa y colocarlo en el cuadro de interface. Se selecciona los

LDR y las resistencias para hacer el divisor de tensión entre ellos.

El siguiente paso, es realizar la conexión del LDR, junto con las resistencias que harán el divisor de tensión, el valor en las dos resistencias del divisor de corriente

deberá ser del mismo valor para que emitan el mismo voltaje cuando se encuentre una diferencia, en este caso se seleccionaron dos resistores de 10 k Ω ; se realiza también la conexión de la fuente de energía externa y conexión a tierra (Fig. 12). Quedando de la siguiente forma.

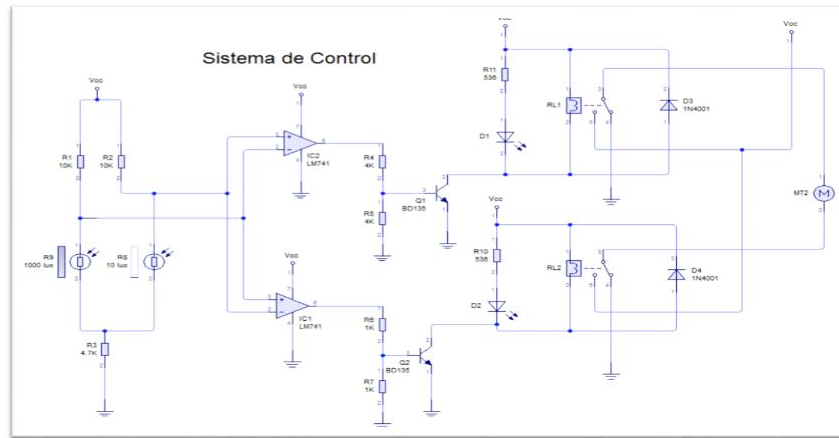


Fig. 11. Circuito Eléctrico en LiveWire.

Teniendo enlazados los LDR con los divisores, se seleccionó de la galería de elementos lo que sería los operadores de amplificación, que son los que van a recibir las diferentes tensiones que darán los LDR. El modelo que se manejó será el LM741 (Fig. 13), el cual lo fue seleccionado del sub-menú que tiene cada componente.

Se realiza la conexión según lo diseñado en el bosquejo, formando los puntos 1 y 2, diferenciando las tensiones entre cada LDR (Fig. 14).

Teniendo listo el amplificador conectado, según el diseño se procede a conectar el transistor que será quien deje pasar la corriente al relevador que se tendrá que activar (Fig. 15). Haciéndolo de la siguiente forma.

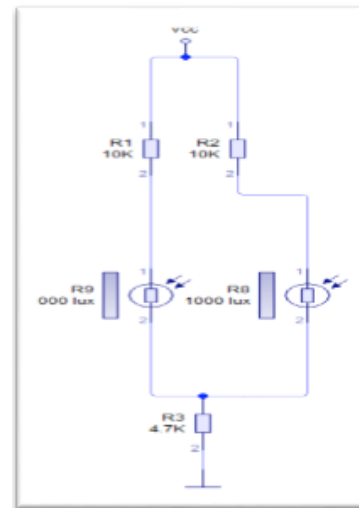


Fig. 12. Conexión entre LDR y Divisor de tensión

Los tipos de transistores que se están utilizando son NPN de modelo BD135, ya que este tipo de transistores es de estado sólido y consiste en dos uniones PN muy cercanas entre sí, que permite controlar el paso de la corriente a través de sus terminales.

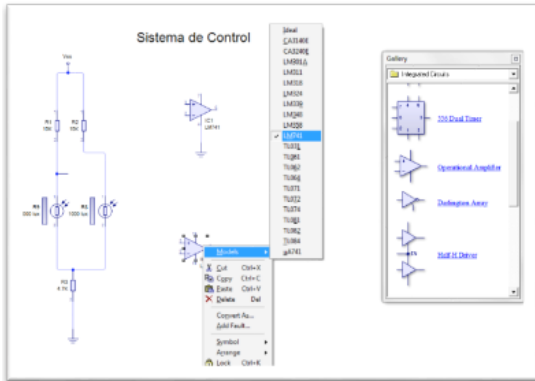


Fig. 13. Operador Amplificador con su submenú.

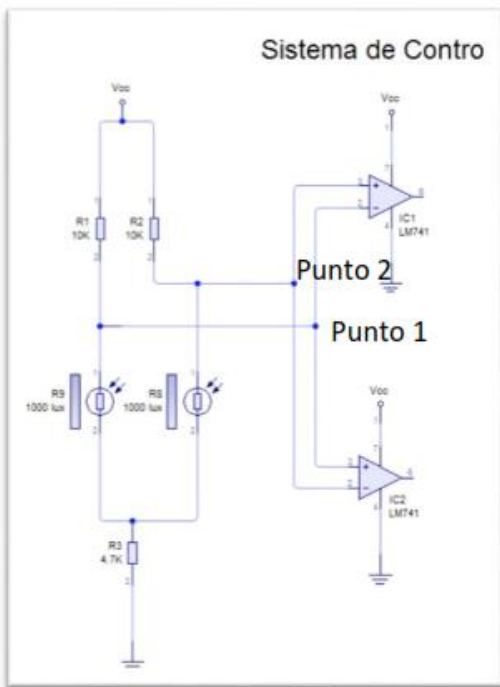


Fig. 14. Divisor de tension.

Se conecta una resistencia antes del transistor para controlar la señal enviada por el operador y se instala una tierra, para que la corriente se desviara hacia la tierra cuando el transistor no esté operando. Los dos transistores se conectan de la misma forma ya que realizaran el mismo trabajo en los relevadores.

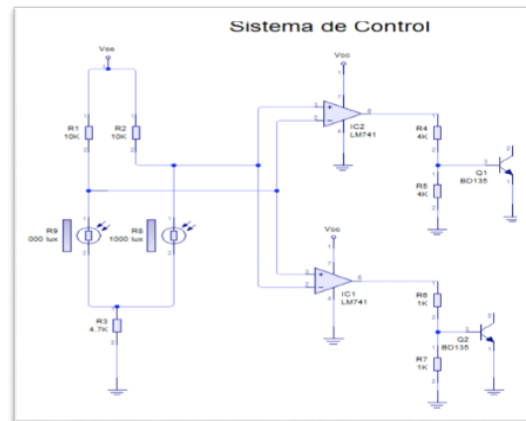


Fig. 15. Conexión de transistores en nuestro sistema de control

En la siguiente etapa se conecta el sistema de control que tendrá los relevadores activándolos o no, utilizando un diodo led sin importar el tipo de color; se utilizara solamente para identificar de forma visual cual es el relevador que va a estar activado y estará haciendo su función (figura 16.); al final del circuito se conecta un diodo ya que es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad.

Instalando este diodo de modelo 1N4001, se proporciona seguridad al relevador para que no vaya a recibir una

polaridad incorrecta o se active por una desviación de corriente

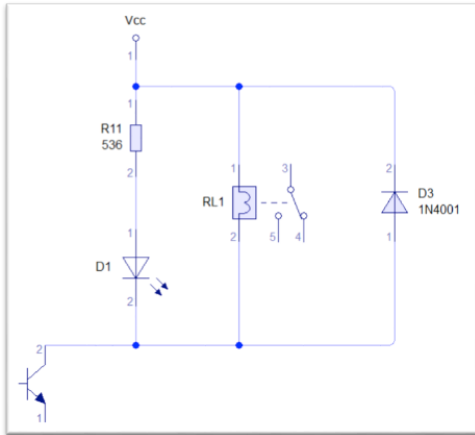


Fig. 16. Configuración de control de relevadores

El tipo de relevador que se utiliza es un relevador con bobina de corriente directa e interruptores de corriente directa de 12V. Se requiere que sea de esta forma ya que la bobina se excitara con corriente proveniente de las baterías y estas almacenan energía de corriente directa, y el interruptor tiene que ser también de corriente directa ya que el motor que se encargara de mover el seguidor solar será de corriente directa. Se selecciona de esta forma para evitarnos problemas de instalar un motor de corriente alterna y tener que realizar otro circuito para convertir la corriente de directa a alterna.

Se le instalo una fuente externa, que será la misma que energice todo el sistema de control (Fig. 17.), para que la bobina tome la energía directa de ese punto, haciendo un nodo junto con el LED, para indicar cuál es el que esta encendido.

Se instala una resistencia para no dañar el LED, ya que estos trabajan con cierta cantidad de corriente (Fig. 18.), si este

excede el led se daña dándonos cuenta cuando ya no encienda su luz que emite.

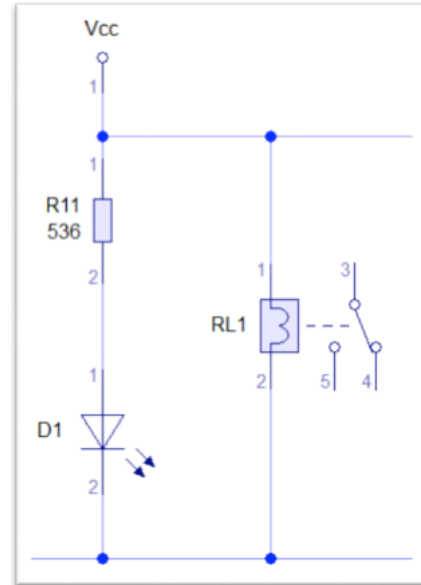


Fig. 17. Punto de conexión de energía del relevador.

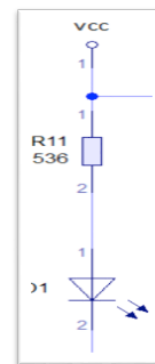


Fig. 18 Configuración de la resistencia con el LED.

De esta forma se quedaría el sistema de control que estará operando el seguidor solar (Fig. 19), recordemos que el sistema de relevadores con el motor que se encargara de posicionar el seguidor solar es otro circuitos

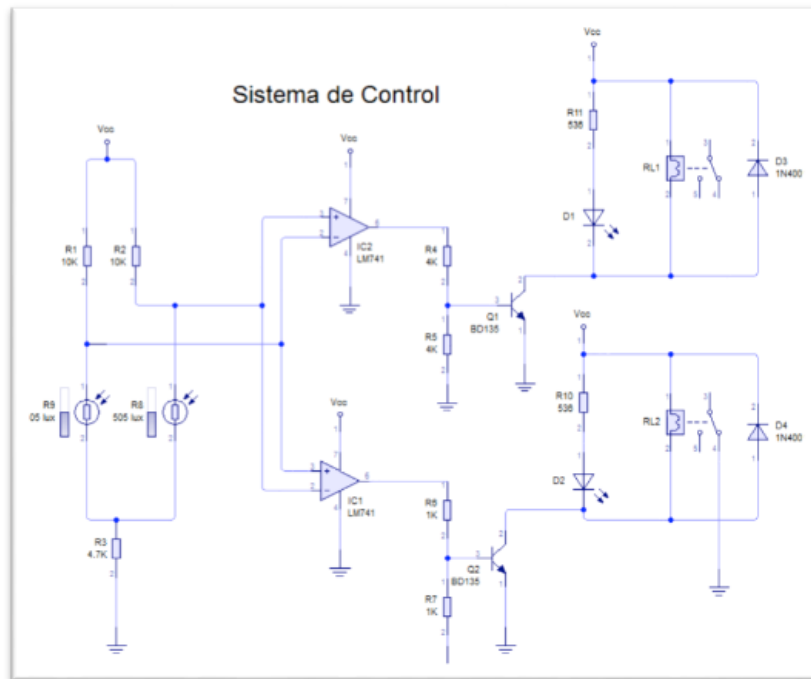


Fig. 19. Sistema de control terminado.

Configuración de relevadores con el motor eléctrico

Como ya se había explicado anteriormente, la configuración de conexión entre el sistema de control con el motor eléctrico que moverá el seguidor solar es independiente. Es muy sencilla su configuración, pero se decidió hacerlo en otra sección para no generar confusiones entre los lectores. Con las ilustraciones pasadas vimos cómo se conectara el sistema con las bobinas de los relevadores, en esta sección se explicara cómo se conectarán los interruptores con el motor que se encargara de girar hacia un lado u otro para posicionar el seguidor solar. La Fig. 20 muestra el circuito implementado.

Como se sabe el relevador cuenta con cinco terminales. Las terminales 1 y 2 son de la bobina, que esos están conectados

con el sistema de control como se ha ido viendo anteriormente, quedando libres 3 terminales.

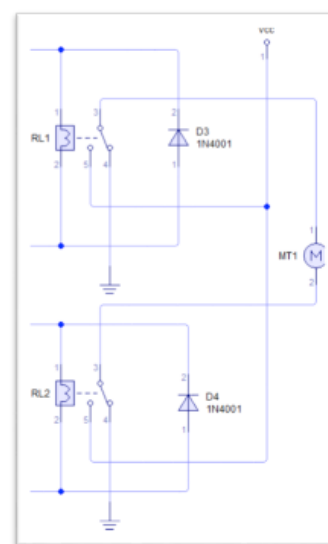


Fig. 20. Configuración de simulación de relevadores con el motor.

La terminal 3 es el punto común entre la terminal 4 y 5, por lo tanto en esa terminal se conecta un extremo del motor y en el otro relevador igual de la misma forma se toma la terminal 3 y se conecta en el otro extremo del motor (Fig. 21).

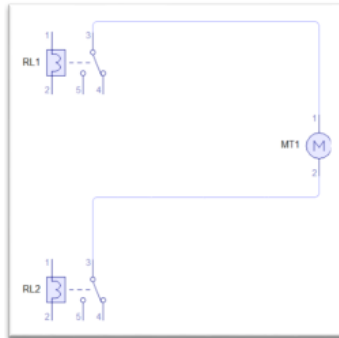


Fig. 21. Conexión de terminal 3 con el motor.

Más adelante cuando se tenga que conectar las demás terminales se describirá porque lo se conectó de esa manera. A continuación usaremos la terminal 4, en ella se instalará una tierra. En cada uno de los relevadores, como se sabe la tierra es común para todos, solamente para hacerlo más estético en la simulación se instalará un punto de tierra en cada relevador, como se demuestra en la Fig. 22.

Lo que se está realizando en la conexión, es de que el punto 3 y 4 siempre están normalmente cerrados, que significa esto, que su estado original, estas terminales siempre están conectadas, siempre y cuando la bobina no se encuentre excitada. Haciendo que no circule ninguna corriente hacia el motor, manteniéndolo apagado

A continuación en la terminal 5, la última que queda, se conecta la fuente de voltaje que energizara el motor, esta energía es directamente de la fuente de poder o de

almacenamiento, en este caso son las baterías, la energía no proviene del sistema de control, es por eso que son independientes los circuitos (Fig. 23)

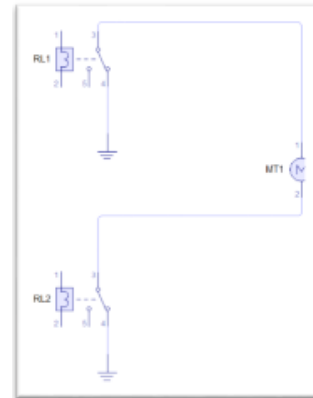


Fig. 22. Configuración de la tierra con los relevadores

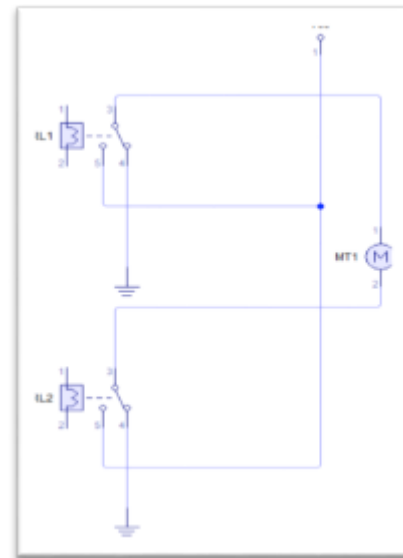


Fig. 23. Configuración final de relevadores con el motor.

La explicación de este circuito es, cuando los fotoresistores estén con la misma intensidad de luz o las resistencias sean iguales, el divisor de tensor estará igual por lo tanto no abra paso de corriente hacia una

de las bobinas, la corriente se desviara a algún punto de tierra más cercano. Cuando unos de los fotoresistores cambie, en donde su luz sea menor que la otra, este activara el relevador haciendo que mueva su contacto hacia la terminal 5, permitiendo que fluya la corriente en sentido favor al motor, activando a este; por lo tanto el otro relevador estará apagado y la corriente saldrá por su tierra ubicada en la terminal 4, haciendo que el motor tenga un solo sentido. Lo mismo sucederá cuando el otro fotoresistor cambie su luz, activando el otro relevador permitiendo que el motor gire en sentido contrario cambiando su polaridad, estando el otro relevador apagado.

De esta forma, uniendo el sistema de control con el sistema de activación de motor, el circuito eléctrico simulado queda como se demuestra en la Fig. 24.

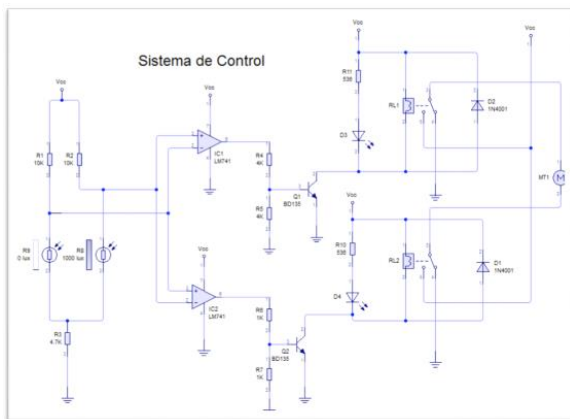


Fig. 24. Sistema de control final.

SISTEMA MECÁNICO

Como se explicó al inicio de este capítulo, el programa que utilizado para la simulación es el software “SolidWorks versión 2012”. Se utiliza por su gran capacidad para simular y detectar problemas, así como la ayuda para aplicar

movimiento y verificar que él seguidor solar tenga la capacidad para realizar ese trabajo. Esta parte se presenta de igual manera como se realizó en el sistema de control, presentado paso a paso el desarrollo desde cómo se llevó a cabo el bosquejo hasta la simulación del sistema integrado.

Diseño del sistema mecánico

Todo diseño empieza con una idea, y esta idea se plasma en una hoja de papel junto con un lápiz, viene de una idea vaga que se tiene en la mente, a esto se le llama bosquejo.

Teniendo en mente que el panel tiene que girar horizontalmente o verticalmente, se tiene la idea de diseñar una estructura capaz de girar 360° libres de forma horizontal, esto para que el panel tenga la capacidad de captar rápidamente la posición del sol, por si los LDR quedan en una posición más lejos, y tomen un camino más corto que antes de recorrer toda la trayectoria que habían realizado anteriormente. Otro de los puntos de movimientos es el vertical, pero a este solo se le aplica un cierto ángulo de posición ya que la idea vaga que se tiene de la estructura, este podría chocar con la torre que sostiene a todo el panel solar.

Primero se desarrolla la idea de la estructura que sostendrá el panel solar, para iniciar de ahí el diseño de todo el seguidor solar, por lo tanto se realiza un rectángulo de 56”x35”x2” con 2” menos de diferencia que el panel solar, esto para tener en equilibrio la mayor parte del panel solar, junto con el diseño de una plataforma en “X” para distribuir el esfuerzo hacia el punto central de la estructura y con una anchura de la

estructura de 2" para hacerlo más resistentes.

A la estructura, le ideó un corte de forma horizontal y en circunferencia formando un arco con un diámetro de 4", para poder instalar un tubular de forma horizontal que será en cargado de sostener la estructura junto con el panel solar dándole más soporte al punto "X" de la estructura.

Al momento de diseñar este tubular se tomó la decisión de que él se encargara de mover en forma vertical la estructura para formar los ángulos haciéndolo posible con un juego de engranaje entre el tubular y el primer motor que se encargara de mover el tubular. El engrane podría ser de 45° sin ninguna especificación de paso diametral ya que solo se usara para transmitir el movimiento del motor hacia el mecanismo, esto dando también parte de seguridad de que este no llegue a pasarse y pueda colapsar con el seguidor solar.

Para poder hacer que el tubular horizontal tenga movimiento, se le diseñó un corte al tubular vertical formando un arco de 4" de diámetro formando así una especie de "cuna", esto para que se sostenga el tubular horizontal, incluyendo un sistema de balero recto para facilitar el movimiento y una sujeción de arco para enganchar el tubular y tenga seguridad, una especie de chumacera. Al mismo tiempo este tubular tendrá la capacidad de girar en sentido horizontal para poder hacer que el panel gire en otro plano en el tubular será acoplado un engrane que será el que reciba la transferencia de movimiento del motor.

Para reducir el esfuerzo entre el peso y el movimiento, se optó por instalar un juego de baleros de rodamiento rígidos,

donde cuenta con una pared que es el que gira y otra pared se mantiene estático. Para poder realizar esto, se creó una base cilíndrica, con un diámetro de 6.5" x 1.5" de altura, esto para ir formando la pista donde correrán los baleros. A esta base cilíndrica se le realiza un corte hacia su interior con un diámetro de 4.4" x 1" esto para realizar un acabado interno y formar la pista de los baleros.

Al haber diseñado la base donde descansara la torre que gira, se inicia el diseño de lo que será la base principal de toda la estructura del seguidor solar. Con esta estructura lo que se quiere lograr es distribuir el peso proveniente de toda la carga entre el panel solar y el movimiento, poderlo distribuirlo hacia el punto de fijación, que podría ser parte del chasis, donde este se fije. Para esto se diseñó una primera base que se encuentra por debajo de la base creada para los baleros, formando un cuadro con medidas de 10"x10"x1" esto para distribuir las fuerzas hacia los costados y en esta base podemos fijar el motor que realiza el movimiento horizontal.

Al tener la primera base, se crea otro tubular, que esta se encargara de sostener todo el peso del seguidor solar, pero entre la primera base y esta torre con un diámetro de 5"x18" de altura y se le realizó un corte interno con un diámetro de 4.5", junto con él se ideó hacer una especie de chaflán esto para distribuir uniformemente hacia la parte inferior hacia la torre.

Teniendo esta idea casi finalizada, se realiza una última base, que será donde se fije la torre de soporte, y será el que se fije en algún punto del vehículo. En el descansara todo el seguidor solar, como se puede observar a continuación en la Fig. 26.

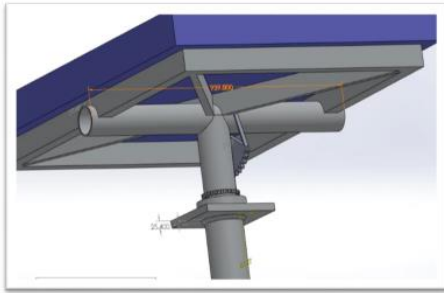


Fig. 26. Ensamblaje en la sección inferior del panel.

Pruebas y resultados del sistema mecánico

En esta sección, se presentan las pruebas y validaciones del seguidor solar para verificar si cumple con su propósito de movimiento y seguridad hacia el panel solar, dando movimiento horizontal y vertical a la estructura del seguidor solar y aplicar sobrecargas en la estructura para verificar si cumple o no con la resistencia de cargas y movimiento al mismo tiempo.

Al existir algún problema de diseño se podrán corregir en el documento original

y este se actualizara en el área de ensamblaje volviendo a probar, sin necesidad de borrarlo y ensamblarlo nuevamente.

Teniendo listo el ensamble final, se procede a realizar la simulación. Aplicando fuerzas externas hacia la estructura, y gracias a esta sección del software, verificar con los resultados posibles fracturas, si alguna parte de la estructura llega a colapsar o tener algunos dobles (Fig. 27).

Lo primero que se realizó en esta parte es seleccionar el tipo de material de lo que va a estar hecho la estructura, lo cual se desarrollara con aluminio 1060, ya que es el más común en el mercado y cuenta con la propiedad de que es muy ligero, haciendo más liviana la estructura.

De esta forma se establece en el software que tipo de material será utilizado para construir el seguidor solar, y este dirá si podría existir alguna falla real, ya que aplica las propiedades reales de ese material.

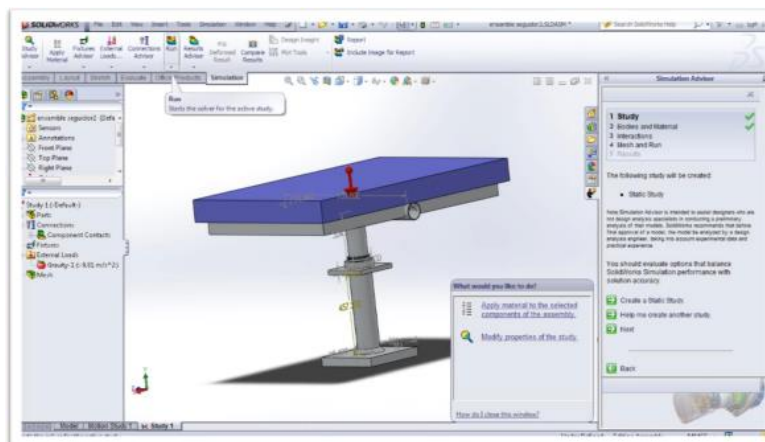


Fig. 27. Ventana de simulación del seguidor solar.

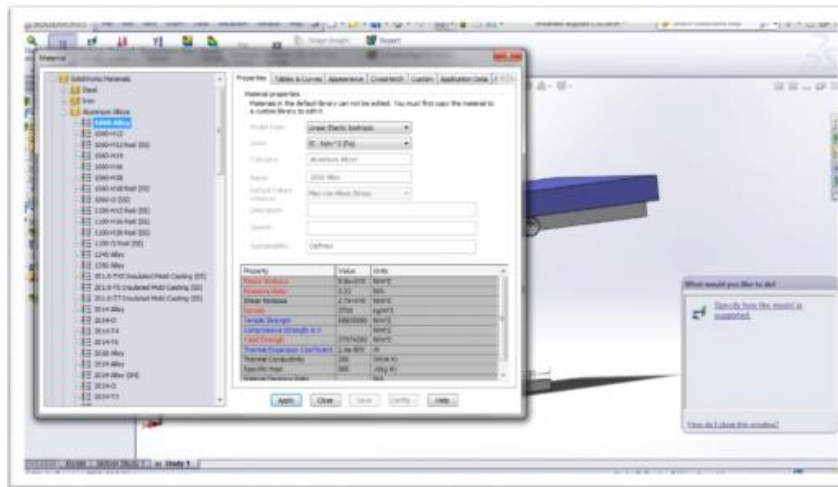


Fig. 28. Aplicación de material a la estructura.

Teniendo listo el material seleccionado (Fig. 28), se procede a elegir cada estructura realizada e iniciar la aplicación de fuerzas externas. Se inicia con la estructura de panel solar, donde se aplicó una fuerza de 150N a la base que sostiene al panel solar, esto simulando la fuerza que se ejerce sobre la estructura, ya que en la estructura su única fuerza que tiene en contra es el peso del panel solar.

Seleccionando la parte donde se ubica el panel solar, se le aplican la fuerza hacia la parte interior del panel ya que en ese sentido es donde ejerce el peso del panel, también seleccionando las partes o secciones en las que se requiere realizar el estudio, en este caso es toda la parte de la base de la estructura, quedando de la siguiente forma (Fig. 29).

Al tener listo las fuerzas y puntos de estudio, se procede a dar inicio a la prueba de simulación, que en esta sección, el software entregara resultados de posibles fallas o dobles que existan en la estructura.

El primer estudio que se obtiene es la medición de estrés sobre el material donde está cayendo la fuerza en contra, como se puede apreciar, en la regla de medición la sección de color azul es donde el estrés es nulo y conforme van cambiando el color hasta la sección roja el estrés es mucho mayor (figura 30).

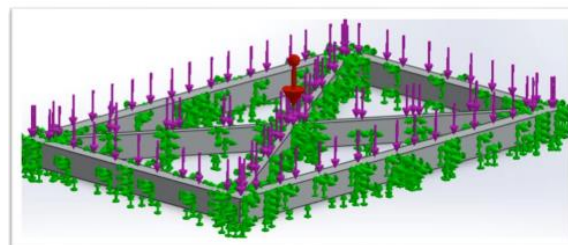


Fig. 29. Aplicación de fuerza y selección de estudio.

El resultado que está mostrando de la estructura, es que no sufre demasiado estrés, el punto que lo sufre más es en la sección de cruz y la parte donde está ubicado el corte donde ensambla el tubular horizontal de la estructura de movimiento por lo tanto se

puede decir que la estructura de la base de panel solar se encuentra en equilibrio en cuanto al estrés.

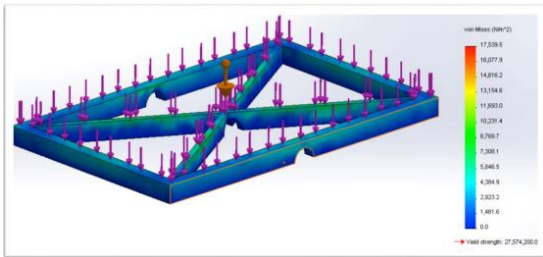


Fig. 30. Estudio de estrés en la base del panel solar.

La siguiente prueba que muestra es el desplazamiento de la estructura, esto significa que si existiera algún movimiento en la estructura, si existiera algún dobles en algún punto, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

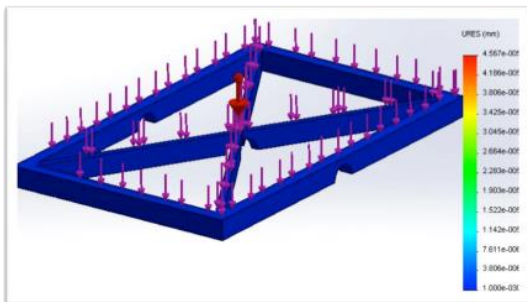


Fig. 31. Estudio de desplazamiento en la base del panel solar.

Nuevamente se muestra una regla de medición donde la parte azul muestra un movimiento demasiado pequeño, y conforme va cambiando de color aumenta el desplazamiento. Como se puede observar la estructura se encuentra solamente con un pequeño desplazamiento de $2.9278 \times 10^{-10} m$, sin ningún movimiento ni dobles que nos preocupe, esto gracias a la distribución que

ejerce la parte de “X” en medio de la estructura. (Fig. 32).

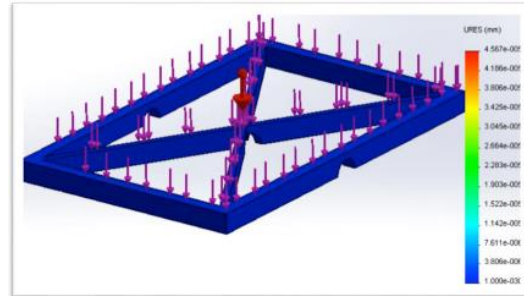


Fig. 32. Estudio de desplazamiento en la base del panel solar.

Como resultado se define que la estructura que sostiene al panel solar se encuentra estable y soportara el peso que se ejerce sobre él.

La siguiente estructura a validar será la torre giratoria, para ver si es capaz de soportar el peso ahora de la estructura y del panel. La teoría de esta estructura es de que el tubular horizontal distribuya el peso hacia el centro y este caiga sobre el tubular que girara, ya que este se encargara de distribuir el peso hacia la otra sección de estructura que es la base principal.

En esta prueba se aplica una fuerza de 300N, sobre el tubular horizontal ya que este es el que sostiene el peso del panel solar junto con su base y sufre más esfuerzo. Los puntos a realizar el estudio son sobre el tubular horizontal y la torre giratoria que son los que sufren la carga. En el engrane no se realiza estudio ya que el único trabajo de él es recibir el movimiento proveniente del motor (Fig. 33). Quedando de la siguiente manera.

Se procede a iniciar la prueba sobre esta estructura de la misma forma en que se

puso a prueba la estructura del panel solar, recibiendo los mismos estudios de estrés y deformación.

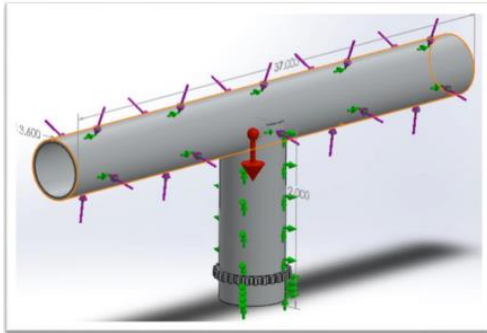


Fig. 33. Estudio de fuerzas sobre la estructura giratoria.

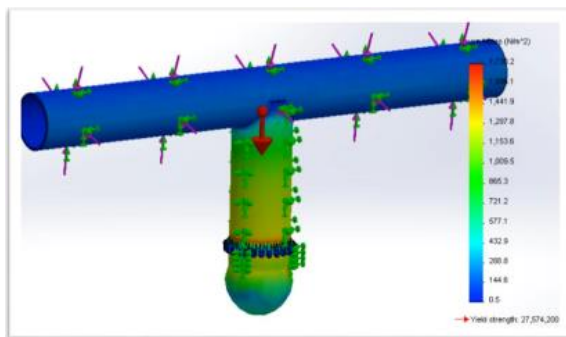


Fig. 34. Estudio de estrés.

Como se puede observar en la Fig. 34, la medición de estrés es la misma cuando se realizó en la prueba de base del panel solar, en este caso, el mayor estrés se los lleva la torre giratoria porque todo el peso se distribuye en él y el tubular horizontal cumple con la teoría de distribuir las fuerzas hacia el centro donde se encuentra situado la torre giratoria.

El siguiente estudio es el de desplazamiento en esta estructura. Quedando de la siguiente manera.

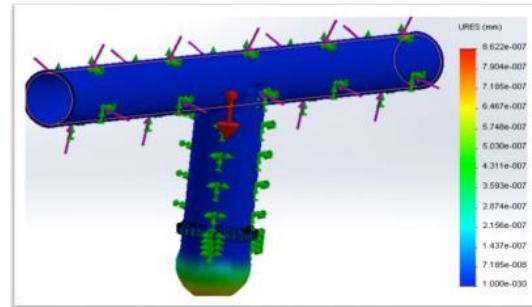


Fig. 35. Estudio de desplazamiento.

La regla indica la cantidad de desplazamiento que podría existir en esta estructura; el software de manera “exagerada” indica que la parte inferior de la torre existiría una gran deformación de $1.18949 \times 10^{12} m$ (Fig. 35), pero recordemos que esa energía se distribuirá sobre la estructura de la base del seguidor. Es por eso que a iniciamos las pruebas de la parte superior de todo el seguidor para ir analizando que sucede o que fallas nos íbamos a ir encontrando durante todo el recorrido. Por lo tanto podemos decir que nuestra teoría sigue en pie distribuyendo adecuadamente la fuerza hacia la parte inferior donde se encuentra la base de todo el seguidor.

A continuación las siguiente pruebas se realizaran en la estructura de la base del seguidor solar ya que es la última sección que nos falta por poner en prueba, aquí la fuerza se situara en una sola sección que es donde se ensambla la torre giratoria. Aplicando una fuerza hacia la parte interior de 500 N (Fig. 36) y realizando un estudio a toda la estructura de base teniendo en mente que gracias al chaflán esta energía se distribuirá en forma uniforme hacia el siguiente punto.

Quedando de la siguiente forma el inicio del estudio.

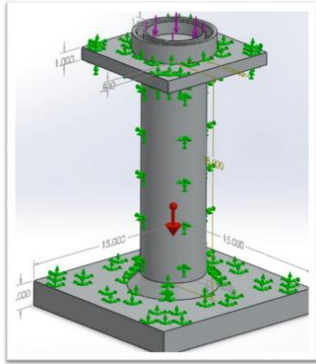


Fig. 36. Aplicación de fuerzas y estudio de deformaciones.

Teniendo listo las fuerzas aplicadas centradas y seleccionando los elementos a estudiar, damos inicio a las pruebas de estudio dándonos como resultado lo siguiente.

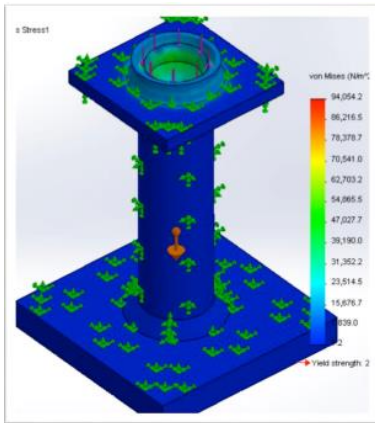


Fig. 37. Estudio de estrés central.

Tenemos que la mayor cantidad de estrés se presenta en el centro ya que toda la fuerza está cayendo en ese punto (Fig. 37), pero con la ayuda del chaflán este estrés se distribuye hacia la parte inferior de toda la base. Como lo podemos demostrar en la Fig. 38.

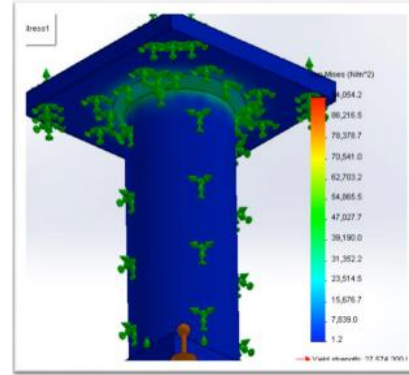


Fig. 38. Medición de estrés en chaflán superior.

El siguiente resultado que tenemos es el desplazamiento en nuestra estructura que es de $1.11573 \times 10^7 m$ como lo podemos apreciar en la Fig. 39. El desplazamiento se encuentra en el centro donde se ensambla la torre central, ya que es la que recibe toda esa fuerza proveniente del panel con sus estructuras el centro.

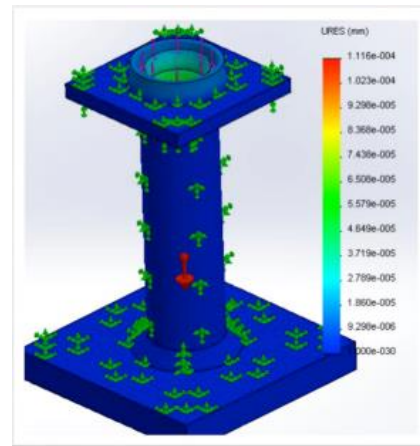


Fig. 39. Estudio de desplazamiento.

Por lo tanto tenemos como resultado final que todo nuestro peso del panel solar con las estructuras, satisfactoriamente baja hacia la base principal que es la que podría ensamblarse con el vehículo.

CONCLUSIONES

La propuesta de este diseño se logró con tal comprensión sobre la fabricación y comportamiento de diferentes seguidores solares, así como los requerimientos del panel solar y la trayectoria del sol durante su recorrido sobre el planeta Tierra. Después de tener estudiado los diferentes seguidores solares, se realizó la propuesta del sistema con auto- posicionamiento al sol, y con la ayuda de los programas simuladores de “LiveWire” y “SolidWorks 2012”, se pudo lograr la realización de las pruebas del sistema de control y el sistema mecánico que comprendiera el seguidor solar. La obtención de conocimiento de programas de simulación para los posibles análisis fue completamente satisfactoria durante la validación de todo el dispositivo.

Se obtuvieron los resultados deseados donde el seguidor detectara por sí solo el rayo solar y el sistema de control accionara los motores eléctricos para que estos transfieran el movimiento al sistema de engrane de la estructura del seguidor solar, así como la seguridad de que este se detendrá al momento de tener la máxima captación de luz o simplemente exista obscuridad. Por lo tanto la propuesta es válida para el uso de un seguidor solar con auto-posicionamiento, en donde se brindó seguridad tanto en el sistema de control como en sistema mecánico, dando la posibilidad de que el conductor se despreocupe por estar en la mejor posición deseada para que el rayo solar este perpendicular al panel solar.

Con esta propuesta realizada, también se obtuvo la enseñanza de que este dispositivo podría aplicarse en cualquier equipo que requiera energía solar con el

simple hecho de realizar ajustes en la estructura mecánica para ejercer el mismo trabajo.

REFERENCIAS

- Arizti, M. (2009). *Dispositivo para seguimiento solar*. Barcelona, España. 310 pp.
- Beltrán, J. (2007). *Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos*. Morelos, México. 105 pp.
- Bakos, G.C. (2006). *Design and Construction of a Two-Axis Sun Tracking System for Parabolic Trough Collector (PTC) Efficiency Improvement*. *Renewable Energy* 31(15): 2411-2421.
- Coca, P. (2004). *Manual del Aluminio*, Madrid España. 1168 pp.
- Castells, X.E. (2011). *Energía, agua, medio ambiente territorialidad y sostenibilidad*. Madrid, España, 105 pp.
- Duarte, F. Dinis-Gaspary, P. Carrilho-Gonçalves, L. (2010). *Two Axis Solar Tracker Based on Solar Maps, Controlled by a Low-Power Microcontroller*. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*, Granada, España, Octubre. 15 pp.
- Esthela, N. (2007). *Física Moderna*. México 234 pp.
- Félix, E. (2012). *Controladores Logicos Programables*. Instituto Tecnológico de Matamoros. Tamaulipas, Mex. 20 pp.
- Fernández, J. (2003). *Electrónica fundamental; dispositivos, circuitos y sistemas*. Universidad Politécnica de Barcelona, España. 620 pp.
- Haberlin, H. *Photovoltaics System Design and Practice*, New Jersey, USA. 744 pp.
- Kurowski, P.M. (2012). *Engineering Analysis with SolidWorks Simulation*. Mission, KS, USA. 178 pp.
- Lacasa, E. *Diseño y Fabricación de un Seguidor Solar de un Eje*. Universidad de Zaragoza, España, 220 pp.
- Larode, E. (1997). *Automóviles Eléctricos*. Zaragoza, España, 475 pp.

Magaña, H. (2010). *Diseño de un seguidor solar para eficiente la captación de la energía solar*. Instituto Tecnológico Superior de Arandas. 414 pp.

Rabl, A. (2006). *Active Solar Collectors and Their Applications*. Oxford Univ. USA, 517 pp.

Rubio, J.A. (2003). *Diseño de circuitos y Sistemas integrados*. Univ. Politécnica de Catalunya. 446 pp.

Ramos, P. (2007). *Uso Eficiente y sostenible de los recursos naturales*. Universidad Salamanca. 448 pp.

Rashid, M.H. (2004). *Electronica de potencia; Circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación, México. 878 pp.

Sapiña, F. (2006). *El reto energético; Gestionando el legado de Prometeo*. Universidad de Valencia. 140 pp.

Senner, A. (1994). *Principios de electrotecnia*. Barcelona España. 448 pp.

Shosteck, R. (1974). *Flowers and Plants. An International Lexicon with Biographical Notes*. Quadrangle/ the New York Times Book Co. 329 pp.

Suomi, V.E. et al. (1979). *Carbon Dioxide and Climate*. National Academy of Science. Washington, D.C. 22 pp.

Swanson, R.M. (2009). *Photovoltaics Power Up*. Science. Mayo 892 pp.

<http://www.actiweb.es/energiasolar/pagina3.html>

<http://www.ecured.cu/index.php/Livewire>

<http://www.neoteo.com/ldr-fotorresistencias>

http://www.solidworks.es/sw/products/10164_esn_HTML.htm

<http://www.worldsolarchallenge.org/>