



DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA

ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL

Camilo Andrés Hernández Clavijo

11131525927

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022



DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA

ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL

Camilo Andrés Hernández Clavijo

11131525927

PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA  
ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL

Camilo Andrés Hernández Clavijo

11131525927

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Ingeniero Electromecánico

Director (a):  
Ing. John Fredy Ríos Rojas

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022



**NOTA DE ACEPTACIÓN**

El trabajo de grado titulado:  
*Diseño, implementación y puesta en marcha de un sistema  
electroneumatico de seguimiento solar biaxial*

Cumple con los requisitos para optar  
Al título de Ingeniero Electromecánico

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado  
**NOTA DE ACEPTACIÓN**

Bogotá, 2022

*Dedicado principalmente a Dios y a mis padres,  
gracias a la experiencia adquirida durante mi vida  
laboral. Además, a todas aquellas personas que me  
levantaban el ánimo para salir adelante y no  
dejarme derrumbar por los obstáculos que nos  
genera la vida. Quiero agradecer también al  
ingeniero Jhon Fredy Ríos quien ha sido un apoyo  
fundamental para acabar y dar el toque final a mi  
proyecto de grado.*

*A todos ellos los agradecimientos sinceros del  
autor.*

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

Resumen .....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	14
1. OBJETIVOS .....	17
1.1 Objetivo General .....	17
1.2. Objetivos Específicos.....	17
2. MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR EN COLOMBIA.....	19
2.2. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO.....	20
2.2.1 Un generador fotovoltaico .....	20
2.2.2 Un generador auxiliar:.....	20
2.2.3 Un transformador dual.....	20
2.2.4 Los diversos componentes del sistema neumático .....	20
2.2.5 EL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB).....	21
2.2.6 . ACUMULADOR DE ENERGÍA .....	21
2.2.7 . UNA CARGA .....	21
2.3.0 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	22
2.3.1 SEGUIMIENTO SOLAR EN DOS EJES O BIAxIAL .....	22
2.3.2 VARIABLES DEL PROCESO.....	23
2.3.3 PARÁMETROS DE RESTRICCIÓN .....	23
2.3.4 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD.....	25
2.3.4 TAMAÑO GLOBAL.....	25
3 METODOLOGÍA .....	34
3.1 Características principales del SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB). .....	34
3.1.2.3 NORMA 2050.....	36
4 DISEÑO CONCEPTUAL .....	36
4.1 DISEÑO MECÁNICO DEL MONTAJE (SOFT INVENTOR 2020) .....	37

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO SOLAR.....	39
4.1.3 SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO IMPLEMENTADO MEDIANTE EL PROGRAMA SIMULADOR FLUID SIM .....	44
4.1.4 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO POR MEDIO DEL PROGRAMA FLUID SIM.....	45
4.1.5. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL .....	46
4.1.6. SISTEMA MECÁNICO .....	47
4.1.7. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE MOMENTO FLECTOR Y CORTANTE DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL EJE .....	48
5.8. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR .....	54
5. PROCESO DE DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB).....	59
5.1. DEBILIDADES DEL SESSB:.....	59
5.1.2 FORTALEZAS DEL SESSB: .....	60
5.1.3 OPORTUNIDADES DEL SESSB: .....	60
5.1.4 AMENAZAS DEL SESSB:.....	61
6. MATERIALES DEL SESSB METODOLOGÍA DE ENSAMBLAJE .....	61
6.1 METODOLOGÍA DE CREACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL SESSB .....	65
7. PROCESO DE MONTAJE Y ENSAMBLAJE DEL SESSB.....	67
7.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SESSB .....	68
8. CONCLUSIONES GENERALES .....	69
9. RESULTADOS OBTENIDOS DEL SESSB.....	70
10. RECOMENDACIONES .....	71
Bibliografía.....	73
GLOSARIO .....	79
ANEXOS .....	80
1. PLANOS DE LOS COMPONENTES DEL SESSB .....	80
2. REPORTE DE ANÁLISIS NÚMEROS 1 Y 2 EN EL EJE PRINCIPAL DEL SESSB, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN SOFT INVENTOR 2020 .....	107
3. REPORTE DE ANÁLISIS DE FUERZAS NÚMERO 2 .....	122
4. RESULTADOS DE REACCIÓN DE LA FUERZA Y MOMENTO CON RESTRICCIONES.....	126
5. MANUAL DE INSTALACIÓN Y MONTAJE .....	137

6. MANUAL DE OPERACIONES .....	144
7. MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	145
8. MANUAL DE IMPACTO AMBIENTAL .....	152
9. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SESSB .....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las horas de sol pico [HSP (HORA SOLAR PICO)] .....	24
Figura 2. Índices de refracción.....	26
Figura 3. Ecuación de semiconductores ECUACION SEMICONDUCTORES .....	29
Figura 4. Ecuaciones de densidad del hueco del electrón y su corriente .....	30
Figura 5. Ecuaciones de movilidad de portadores (ecuación de Einstein).... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 6. Plano general del SESSB.....	38
Figura 7. Gráfica de seguimiento solar de los 90° matutinos .....	40
Figura 8. Plano diseño neumático .....	44
Figura 9. Plano diseño eléctrico y de control .....	46
Figura 10. Diagrama de cuerpo libre.....	50

Figura 11. Diagrama horizontal .....	55
Figura 12. Diagrama vertical.....	57
Figura 13. Rotulación marco bancada.....	81
Figura 14. Lámina base. ....	82
Figura 15. Paralela Giro del Eje.....	84
Figura 16. Flanche paralela.....	85
Figura 17. Soporte chumacera.....	86
Figura 18. Plano soporte de apoyo.....	88
Figura 19. Flanche soporte de apoyo 1 .....	89
Figura 20. Flanche soporte de apoyo 2 .....	90
Figura 21. Flanche de apoyo o cuna tipo canaleta 1 .....	91
Figura 22. Flanche de apoyo o cuna tipo canaleta 2 .....	92
Figura 23. Piñon .....	93
Figura 24. Soporte cilindro o soporte del pistón.....	94
Figura 25. Anclaje cilindro .....	95
Figura 26. Anclaje cilindro trasero.....	96
Figura 27. Flanche soporte neumático .....	97
Figura 28. Soporte caja .....	98
Figura 29. Base panel.....	100
Figura 30. Plano diseño cremallera. (Autodesk inventor).....	101
Figura 31. Plano diseño sistema estructura rotación panel. (Autodesk inventor).....	103
Figura 32. Plano diseño soporte y rodamiento del eje. (Autodesk inventor).....	104
Figura 33. Plano diseño eje de giro rotacional. (Autodesk inventor).....	106

## Resumen

En el presente proyecto de grado se realiza el diseño, la implementación y la puesta en marcha de un sistema electroneumático de seguimiento solar para ser empleado en la obtención de energía eléctrica a partir de una fuente renovable como es la energía fotovoltaica, la cual es obtenida al convertir la luz solar en fluido eléctrico empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico para ser aprovechada posteriormente en diversos campos. La integración de esta información permite desarrollar un sistema electroneumático de seguimiento vertical capaz de orientar los paneles fotovoltaicos de tal manera que puedan captar la mayor cantidad de radiación solar, este panel puede girar de forma perpendicular con un ángulo de 180 grados cada 12 horas y a su vez captar la radiación solar que incide con ángulos menores a 90 grados con respecto al vástago del cilindro neumático. Mediante pruebas y registros de variables tales como la presión en el sistema neumático, la temperatura en el panel solar y la energía generada por los paneles se ofrece una solución a una problemática económica y social desde el análisis de la ingeniería para así aprovechar la energía solar como fuente renovable y abastecer de energía eléctrica sectores carentes de fuentes eléctricas tradicionales.

**Palabras clave:** células fotovoltaicas, energía solar, sistema de seguimiento solar, radiación solar, aprovechamiento energético.

**Abreviaturas:**

CFV= Celdas (o células) fotovoltaicas

Ibid., ibidem= Tomado del mismo lugar.

SESSB= Sistema electroneumático de seguimiento solar biaxial

SIC= Del latín sic, *así*. Se emplea para denotar que lo citado es fiel copia.

UE= Unión Europea

## **Abstract**

In this degree project, the design, implementation and start-up of an electro-pneumatic solar tracking system is carried out to be used in obtaining electrical energy from a renewable source such as photovoltaic energy, which is obtained by converting sunlight into electricity using a technology based on the photoelectric effect, to be used in various fields. The integration of this information allows the development of an electro-pneumatic vertical tracking system capable of orienting the photovoltaic panels in such a way that they can capture the greatest amount of solar radiation, this panel can rotate perpendicularly with an angle of 180 degrees every 12 hours and at its At the same time, capture the solar radiation that falls at angles less than 90 degrees with respect to the pneumatic cylinder rod. Through tests and records of variables such as the pressure in the pneumatic system, the temperature in the solar panel and the energy generated by the panels, a solution is offered to an economic and social problem from the analysis of engineering in order to take advantage of energy solar as a renewable source and to supply electricity to sectors lacking traditional electricity sources.

Keywords: photovoltaic cells, solar energy, solar tracking system, solar radiation, energy use.

Abbreviations:

CFV= Photovoltaic cells

EU= European Union

Ibid., ibidem= Taken from the same place.

SESSB= Electro-pneumatic biaxial solar tracking system

SIC= From Latin *sic*, like this. It is used to denote that what is quoted is a true copy.



## Introducción

El presente proyecto de grado se direcciona hacia la obtención de fluido eléctrico a partir del aprovechamiento de energía lumínica solar con celdas fotovoltaicas, como una forma de aportar en el futuro a la implementación en Colombia de energías limpias renovables como una alternativa tanto a la energía hidroeléctrica como a la energía termoeléctrica obtenida a base o bien de carbón o bien de petróleo; en tanto forma de obtención energética más amigable con el medio ambiente.

El país viene reconociendo en la energía de origen solar una fuente aprovechable, limpia y ecológica de obtención del fluido eléctrico. Quizás lo que ha retardado un poco su uso y generalización entre la población ha sido por una parte el desconocimiento, por otra parte, los altos costos de instalación de los equipos e insumos.

La celda o célula fotovoltaica es un dispositivo elaborado con la finalidad de captar la radiación lumínica solar mediante unas rejillas metálicas hechas básicamente de silicio monocristalino, las cuales se exponen directamente a la luz solar y al ser irradiadas las rejillas de silicio, el flujo de electrones tanto de carga positiva en un extremo de la rejilla como de carga negativa, fluye y es conducible mediante cables eléctricos hacia un dispositivo de depósito (una batería).

Las células solares o celdas fotovoltaicas tienen un funcionamiento bastante sencillo que nos disponemos a describir a continuación: Se trata de una base generalmente circular o cuadrangular, sobre la cual se dispone la rejilla o retícula hecha a base de silicio u otro metal

fotosensible de manera fija y estable; de tal manera que sea fácil, no solo sostener el dispositivo sino también exponerlo sin mayor interferencia a la exposición lumínico-solar. Una vez dispuesto lo anterior se conectan las terminales de la retícula a los respectivos cátodos tanto positivo como negativo cuyos cables habrán de conducir el flujo de electrones obtenido a partir de la exposición solar sobre el silicio. (shop, 2019)

La característica fundamental del efecto fotoeléctrico está enfocada en la energía almacenada por celdas solares, los cuales son aquellos dispositivos optoelectrónicos que se utilizan por medio de los fotones para poder convertir directamente la energía de la luz del sol en corriente eléctrica.

El funcionamiento como tal de una celda solar está formada por una unión p-n que puede ser desarrollada por medio de un crecimiento epitaxial o por difusión; este dispositivo puede ser presentado por medio de un simple circuito eléctrico que consta de una corriente fotónica dada por la fuente lumínica.

Un panel solar o panel fotovoltaico está conformado por una red de células solares las cuales se conectan como un circuito en serie para así aumentar la tensión de salida de la corriente a el valor que se desea según los requerimientos de la actividad dependiente de energía eléctrica, estos valores usualmente van entre los 12 Vac y los 24 Vac y para aumentar la corriente eléctrica algunas células se conectan en paralelo.

La energía solar de origen fotovoltaico es un flujo eléctrico el cual se produce a partir de la transmutación de la exposición lumínico-solar directa por parte de una rejilla hecha básicamente de silicio monocristalino, el cual se recalienta ante la excitación y produce flujo eléctrico que se direcciona respectivamente hacia el ánodo y el cátodo en cada uno de sus extremos. Es preciso anotar que el amperaje de energía eléctrica es relativamente bajo, en principio, aunque esto último

es directamente proporcional a la cantidad de celdas fotovoltaicas en exposición y a la intensidad de la radiación solar. Estos fotodiodos conectados en serie pueden producir energía fotovoltaica suficiente para poner en funcionamiento algunos electrodomésticos de bajo o mediano amperaje, tales como un computador portátil, una tablet, un ventilador de mesa, un TV pequeño o un radio. Aunque no de manera simultánea.

(Universidad de Murcia (España), 2022)

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo General

Diseñar, implementar y poner en marcha un sistema electroneumático biaxial de seguimiento solar para paneles fotovoltaicos en sentido vertical que cubra la necesidad de almacenar energía renovable para ser aprovechada en los sectores doméstico, eventualmente aplicable y extensible a los sectores industrial y comercial.

### 1.2. Objetivos Específicos

1.2.1. Diseñar planos del panel solar especificando características principales como es el almacenamiento de energía eléctrica; dicha capacidad de energía eléctrica por minuto sería de  $43,2 \times 10^3$  Joules\*minuto tomando como referencia que un panel fotovoltaico almacena 27 Watts hora /día por celda.

1.2.2. Diseñar planos de estructura con el respectivo soporte que sirve de base física al cilindro neumático de doble efecto, para lo cual se parte de los saberes previos de carga, fuerza y torsión.

1.2.3. Diseñar el circuito electroneumático mediante el programa operativo neumático (software) *fluid sim* y evidenciar los resultados de dicha experiencia simulada.

1.2.4. Simular el sistema electroneumático con diagramas de fuerzas mediante el programa operativo *Inventor* el cual permite simular diagramas de fuerzas y momentos de torsión con referencia al panel fotovoltaico que se implemente. Y evidenciar los resultados de dicha experiencia simulada.

1.2.5. Crear el *Manual de Seguridad y Mantenimiento del Sistema*.

## **2. MARCO TEÓRICO**

La energía solar fotovoltaica transforma la radiación solar en electricidad, a veces se le denomina energía fotovoltaica o también energía fotoeléctrica. Genéricamente se la denomina energía fotovoltaica o fotoeléctrica. Las ventajas de la energía solar fotovoltaica se encuentran en un tipo de energía inagotable y no contaminante, por lo tanto, ecoamigable, que contribuye al desarrollo sostenible de cualquier suministro eléctrico con un mínimo impacto negativo en el medio ambiente. Los seguimientos solares son elementos utilizados en una instalación fotovoltaica para aumentar el rendimiento de la producción eléctrica, mientras que en una instalación fija mantiene la posición de los paneles solares durante todo el día, por lo cual se utilizará un seguidor con módulos que se moverán acorde con el lugar estacional del sol en cada momento. (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2022)

Una de las desventajas más comunes de la energía fotovoltaica es que no se puede producir durante la noche, la energía y radiación producida varía a lo largo de las estaciones y la energía solar depende de la temperatura. Como característica primordial de un seguidor de dos ejes (biaxial) está enfocada en la superficie, por cuanto la captación de energía permanece siempre perpendicular con respecto al sol. (Aqua Fundación, 2022)

### **2.1. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR EN COLOMBIA**

El estudio de los sistemas biaxiales de seguimiento solar en Colombia posee un recorrido significativo, aunque ciertamente modesto en comparación con otros países del mundo. En la

ciudad de Santiago de Cali universidades como la Universidad del Valle y la Universidad Santiago de Cali han venido trabajando en dicho sentido. Univalle ha venido desarrollando e implementando tecnologías de seguidores solares con procesos de pilotaje en dicha sección del país, prototipos estos que, incluso se han exportado a otros países de sus América. Ello ha posicionado a Colombia de manera significativa al menos frente a otras naciones de la región.

(HG ingeniería, 2018)

## **2.2. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO**

Dentro de un SISTEMA FOTOVOLTAICO BÁSICO se puede incluir los siguientes elementos:

**2.2.1 Un generador fotovoltaico:** constituido por paneles solares que producen tensión continua y corriente constante. A mayor cantidad de paneles solares, mayor cantidad de flujo fotovoltaico obtenido.

**2.2.2 Un generador auxiliar:** que complementa al anterior en los momentos de insuficiente radiación solar. Con mucha frecuencia está constituido por un grupo termoeléctrico alimentado por diésel o gasolina.

**2.2.3 Un transformador dual** de 24 Vac 0 24 Vac. Para poder abrir un contacto abierto y uno cerrado que permita programar el reloj temporizador semanal para llevar a cabo la exposición solar de las celdas fotovoltaicas, siguiendo el arco solar diurno.

**2.2.4 Los diversos componentes del sistema neumático,** los cuales son: el pistón de doble efecto, una electroválvula 5/2 biestable, con bobinas de accionamiento de 24 Vac. El compresor LT (de

tanque liviano). Más adelante se explicarán en detalle estos componentes, aquí solamente se enuncian algunos de ellos.

### **2.2.5 EL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB)**

Descripción detallada de cada uno de los elementos del SESSB

### **2.2.6 . ACUMULADOR DE ENERGÍA**

Dispositivo que adapta los diferentes ritmos de producción y demanda, almacenando energía en los momentos en que la producción es superior a la demanda, y entregándola en caso contrario. En la mayoría de los sistemas está constituido por un acumulador electroquímico o batería de plomo de ácido; generando menor frecuencia en las baterías de níquel y cadmio. Algunas veces en lugar de almacenar energía se recurre almacenar directamente el producto final del sistema como puede ser el agua en el sistema de bombeo.

### **2.2.7 . UNA CARGA**

La cual utiliza la energía eléctrica generada por los generadores y que puede adoptar muchas formas: equipos CD (iluminación, televisión, enlaces de telecomunicación etc.) equipos CA (motores eléctricos iluminación etc.) e incluso la propia red de suministro y distribución de electricidad convencional en alterna.

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar se clasifican en dos tipos:

**2.2.8.** Sistemas solares térmicos, los cuales se definen como aquellos que colectan flujo eléctrico fotovoltaico destinado a la producción de calor doméstico, tales como calentamiento de agua (duchas, usos de cocina, etc.). O bien, de la producción de calor para usos industriales (autoclaves).

**2.2.9** Sistemas solares fotovoltaicos, que se emplean para la obtención de energía eléctrica directamente.

La obtención del fluido eléctrico a partir de celdas fotovoltaicas se maximiza cuando la carga colectada se somete a procesos de transformación digital. De esta forma se incrementan los niveles de eficiencia de los dispositivos de paneles solares y se hacen más competitivos frente a los tradicionales dispositivos energéticos que funcionan a partir combustibles fósiles. A la vieja Europa le sería de gran utilidad reemplazar el elevado consumo de gas ruso (que ha hecho que los países de centro y norte de Europa) sean altamente dependientes del Kremlin, lo cual, por estos días se ha evidenciado ser altamente inconveniente.

(Future Energy, 2022)

### **2.3.0 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Existen tres tipos de paneles solares: fotovoltaicos, generadores de energía para las necesidades de nuestros hogares; térmicos, que se instalan en casas con recepción directa de sol; y termodinámicos que funcionan a pesar de la variación meteorológica, es decir, aunque sea de noche, llueva o este nublado.

#### **2.3.1 SEGUIMIENTO SOLAR EN DOS EJES O BIAxIAL**

Estos dispositivos permiten o facilitan con mayor libertad, estabilidad y firmeza, el seguimiento del arco solar, aunque apoyados con una fuente de movilidad que facilite el seguimiento de la ruta solar.

### 2.3.2 VARIABLES DEL PROCESO

El SESSB se elaboró con base en un diseño biaxial, esto es, de dos ejes, por las siguientes razones: La biaxialidad facilita el seguimiento del arco solar desde su nacimiento en el oriente hasta su ocaso por el occidente. Un sistema Mono axial (de un único eje) haría que el dispositivo fuera más rígido e imposibilitaría el seguimiento del arco solar al menos en 90 grados, como está planteado en principio en el SESSB. La biaxialidad garantiza la estabilidad de la bandeja porta paneles. Por cuanto los dos ejes se constituyen en puntos de apoyo que facilitan el seguimiento seguro de la ruta solar.

### 2.3.3 PARÁMETROS DE RESTRICCIÓN

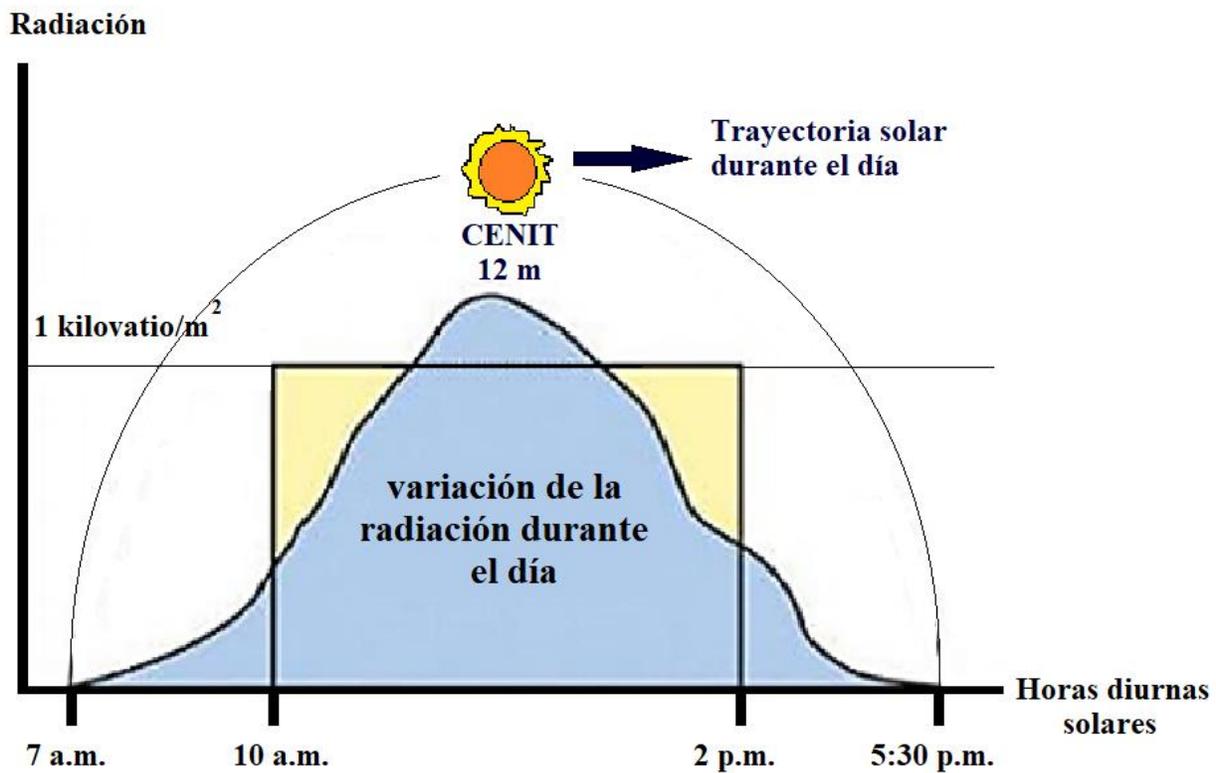
Los parámetros de restricción se relacionan con las limitaciones que determinan el diseño del aparato o artilugio a construir, a partir del objeto del mismo y su naturaleza. Ello traza en consecuencia las especificaciones técnicas del dispositivo. Para el caso del presente proyecto, se trata del SESSB y su comportamiento esperado frente a la trayectoria solar.

**Un panel solar fotovoltaico de referencia sun power spr x22 – 370 cuya eficiencia minima es de 22.7% y potencia unitaria es de 30 Watts durante 6 horas, es decir 180 W. hora el dispositivo cumple con la doble función de obtener energia fotovoltaica, almacenarla y darle salida para su uso posterior. Sus dimensiones son de 50 cm de largo por 30 cm de ancho, 5 cm de espesor y su peso de 2Kg y con módulos policristalinos.**

La producción solar a partir de la enana blanca a la que hemos dado en denominar sol, varía según el ángulo de rotación de la tierra lo mismo que del grado de inclinación del planeta azul respecto del sol. El ángulo de inclinación hace que los rayos solares varíen su direccionalidad

respecto de la superficie terrestre. Es así como en las zonas ecuatoriales el sol llega más vertical, mientras que en las zonas en donde hay 4 estaciones diferenciadas (sean australes o septentrionales), el ángulo de exposición solar alcanza a ser oblicuo. Y se hace tanto más oblicuo cuanto más se acerca a los polos norte o sur, respectivamente. Veamos a continuación el gráfico que nos aportan sobre el particular Yuri López Castrillón y Faruk Fonthal Rico:

Figura 1. Representación de las horas de sol pico [HSP (HORA SOLAR PICO)]



**Fuente:** reelaboración propia adaptada al presente proyecto. Con base en la elaboración previa de Stapleton and Neill 2012.

En la figura 3 podemos observar en la semicircunferencia la representación de la variación de la radiación solar en el transcurso del día, esto nos muestra cómo aumenta y alcanza su pico al medio día (12 meridiano) para volver a descender. Teniendo en cuenta esto podemos aproximar

esta curva a un área cuadrada conformada por la sumatoria del área bajo la curva sobre la unidad de los 1000 Watts / m<sup>2</sup>, a esto se le identifica como HSP (horas de sol pico). Mediante las HSP es posible aproximar la energía generada por un arreglo FV (Factor de voltaje), si multiplicamos la potencia instalada por las HSP. (Jesse Mauricio Beltrán Soto (2017) *Metodología de diseño para instalaciones solares residenciales en la ciudad de Medellín*).

(Beltran Soto, 2017)

### **2.3.4 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONALIDAD**

2.3.4.1. Perpendicularidad entre el panel y el sol.

2.3.4.2. Permitir que el panel solar se encuentre lo más perpendicular entre sí para aumentar la cantidad de energía captada por las celdas.

Sistema de giro automático.

2.3.4.3. Permitir mediante un sistema mecánico mover la superficie de la estructura para garantizar que el sistema esté siempre perpendicular.

Facilidad de mantenimiento.

Diseño de componentes de fácil ensamble, generando tiempos cortos de mantenimiento preventivo y correctivo al ser cambiados sin afectar de una manera traumática el sistema.

### **2.3.4 TAMAÑO GLOBAL**

El volumen esperado que llegará a ocupar el sistema en las instalaciones corresponderá a las mínimas dimensiones de diseño para soportar y manipular el panel solar.

2.3.4.1. Materiales de las celdas solares

Para lograr que el panel solar sea lo más eficiente posible es importante tener en cuenta dentro de su diseño el modelado de las celdas solares, esto quiere decir que se debe realizar un estudio minucioso de los materiales y sus propiedades con el fin de obtener los parámetros más eficientes para su funcionamiento. Algunos de estos parámetros a tener en cuenta son, por ejemplo: propiedades de los semiconductores, los procesos de recombinación, la movilidad de los portadores y las propiedades ópticas. En las siguientes tablas se encuentran enunciadas algunas de las propiedades más importantes de los semiconductores.

Índices de refracción (n) a 590 nm (2,1 eV) de los materiales más comunes que se utilizan para la capa antirreflectiva en las celdas solares.

Figura 2. Índices de refracción

Material	n
SiO <sub>2</sub>	1,46
Si	1,12

1.46, esto indica que los rayos de luz en el silicio aun viajan a una velocidad cercana a la de la luz en el vacío lo cual es ideal para un panel eficiente.

Energía de la banda prohibida (E<sub>g</sub>), índice de refracción (n) y afinidad electrónica (x) del semiconductor utilizado como capa transparente en las celdas solares de película delgada. Observamos las propiedades del silicio que nos permite identificarlo como un material apto para ser usado en el diseño de paneles solares.

En cuanto hace referencia a la captación y concentración de energía solar intrínseca que asciende a 300 ° K . Igualmente, el flujo de la movilidad de los electrones, el nivel de difusividad de cada celda fotovoltaica lo que permitiría la producción y conducción eléctrica.

En la tabla precitada se hacen evidentes los espacios conocidos como bandas prohibidas o áreas no productoras de flujo eléctrico fotovoltaico, a partir de un amplio espectro de materiales semiconductores, cuyo valor nos muestra o evidencia el monto diferencial entre la denominada banda de valencia y en la zona baja la banda conductora. A partir de la banda prohibida es posible determinar, por consiguiente, la conductividad eléctrica de un determinado semiconductor puro o intrínseco. Para el caso del cual nos venimos ocupando no es otro que el silicio.

Para poder hallar la densidad de corriente de electrón ( $J_n$ ) y del hueco donde ( $J_p$ ) son gobernadas por la siguiente ecuación:

$$J_n = (q) \cdot (\mu_n) \cdot (n) \cdot (E) + (q) \cdot (D_n) \quad \text{ECUACION DENSIDAD CORRIENTE DE ELECTRON}$$

$$J_p = (q) \cdot (\mu_p) \cdot (p) \cdot (E) + (q) \cdot (D_p) \quad \text{ECUACION DENSIDAD CORRIENTE DEL HUECO DEL ELECTRON}$$

(López Castrillón, 2019)

Donde:

$J_n$ : Es el cociente de corriente eléctrica que es atravesado en un área determinada. En este caso está identificado por la cantidad de flujo de electrones en un rango determinado de acuerdo al panel solar fotovoltaico.

$q$ : Es la carga de electrones generados en un campo electromagnético; cuando se acelera un electrón se determina que el electrón puede absorber o irradiar energía en forma de fotones.

$u$ : Movilidad de un portador electrónico cuya magnitud física es relacionada en el recorrido o desplazamiento y el tiempo que tarda en realizar este cambio de posición por una masa determinada en un electrón generado dentro de un campo magnético.

$m$ : Es la cantidad de partículas subatómicas representada en una carga negativa y activamente en el núcleo atómico, sobre una fibra de conducción en número de agujeros en un nivel de valencia.

$p$ : Es la concentración de huecos es la inexistencia de electrones sobre una banda; los electrones son responsables de producir y conducir energía eléctrica.

$E$ : permitividad eléctrica es el cambio de velocidad o dirección del movimiento físico, explícitamente en un campo eléctrico.

$k_B$ : Constante de Boltzman. Es la magnitud física de energía interna de un cuerpo generado en un medio ambiente cuya temperatura absoluta es el valor de la temperatura media tomada dentro del valor cero absolutos en una escala termoeléctrica.

$T$ : Se define como la cantidad de calor medida en Joules.  $T$  es una variable.

$q$ : Equivale a la carga del electrón, de tal manera que la fuerza que actúa sobre el electrón tiende a acercar un electrón con otro en un campo magnético.

De tal manera que:

$\mu$  = variable equivalente a  $u$ .

$n$  = Cantidad de partículas subatómicas en una carga negativa.

$p$  = Inexistencia de electrones sobre una banda.

E = Cambio de velocidad explícitamente en un campo eléctrico.

$K_b$  = Magnitud física dentro de una temperatura absoluta y un valor cero absoluto en una escala termoeléctrica.

T = Sinónimo de temperatura variable.

Los semiconductores que no generan energía plantean la siguiente situación frente a las constantes de difusión: se relacionan con  $\mu$  en proporción directa a la formulación de Einstein.

Figura 3. Ecuación de semiconductores ECUACION SEMICONDUCTORES

$$D_n = \frac{K_b T}{q} \mu_n$$
$$D_p = \frac{K_b T}{q} \mu_p$$

(López Castrillón, 2019)

En las anteriores ecuaciones se puede evidenciar que  $D_n$  es una constante la cual nos permite generar el transporte de materia en electrones a partir de orificios por medio de semiconductores tales como el silicio o bien el germanio.

Haciendo el reemplazo de las variables arriba citadas, sin olvidar que un electronvoltio

(q) equivale a  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ Joules}$ , se tiene entonces lo siguiente:

$$J_n = (q) \cdot (\mu_n) \cdot (n) \cdot (E) + (q) \cdot (D_n)$$
$$J_n = [(1,602 \times 10^{-19} \text{ Joules}) \cdot (0,135 \text{ m}^2 / \text{V} \cdot \text{s}) \cdot (1,5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}) \cdot (12)] + [(1,602 \times 10^{-19} \text{ Joules}) \cdot (4,209 \times 10^{17} \text{ V} \cdot \text{s} / \text{K})]$$

$$J_n = 0,0713 \text{ Joules m}^{-1} / \text{K}$$

(López Castrillón, 2019)

El concepto de densidad de corriente se lo define a la manera de una cierta cantidad o magnitud en términos de vector la cual se valora en expresiones de corriente eléctrica por unidades cuadradas medibles en una determinada superficie. De ahí que, si tenemos 0,0713 Joules de energía, la cantidad numérica de ondas que se produciría se expresaría mediante un valor numérico, obtenido a partir de las ondas que poseerían una radiación de un único color en el espectro lumínico con una longitud equivalente a 100cm, con una temperatura aproximada de 300°K.

*Figura 4. Ecuaciones de densidad del hueco del electrón y su corriente*

(López Castrillón, 2019)

$$J_p = (q) \cdot (\mu_n) \cdot (n) \cdot (\epsilon) + (q) \cdot (D_n)$$

$$J_p = (1,12 \cdot 10^{-19} \text{ Joules}) \cdot (0,135 \text{ m}^2 / \text{V.s}) \cdot (1,3 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}) \cdot (12) + (1,12 \cdot 10^{-19} \text{ Joules}) \cdot (3,6480 \cdot 10^{-12} \text{ V.s} / \text{°K})$$

$$J_p = 4,321 \cdot 10^{-31} \text{ Joules m}^4 / \text{s} / \text{°K}$$

Lo anterior implica entonces lo siguiente: Se tendrían  $4,321 \cdot 10^{-31}$  Joules .m<sup>4</sup>/s por grado kelvin, que sería posible obtener a partir de un cierto número de ondas fruto de la radiación solar directa, la cual se podría medir en una escala amplia. Con una longitud equivalente al cuádruplo de un metro sobre segundo, a partir de una temperatura de 300 ° K. Lo anterior determinable a partir de la unidad de almacenamiento de la energía obtenida.

$$D_n = [(K_b).(T)] / (q).(\mu_n)$$

**ECUACION CONSTANTE DE DENSIDAD DIFUSION ELECTRONES (MTO DE PARTICULAS EN LA CELDA)**

$$D_n = [(1,11 \times 10^{-19} \text{ Joules}). (300^\circ\text{K})] / (1,602.10^{-19} \text{ Joules}). (0,135 \text{ m}^2/\text{V.s}).$$

$$(1,5.10^{16} \text{ m}^{-3})$$

$$D_n = 4,209.10^{17} \text{ V.s} / ^\circ\text{K}$$

$$D_p = [(K_b).(T)] / (q) . (\mu_p)$$

**ECUACION CONSTANTE DE DIFUSION DE ELECTRONES (MTO DE PARTICULAS EN LA CELDA)**

$$D_p = [(1,11.10^{-19} \text{ Joules}). (300^\circ\text{K})] / (1,602.10^{-19} \text{ Joules}). (0,135\text{m}^2 / \text{V.s}). (1,3.10^{-13}\text{m}^2/\text{s})$$

$$D_p = 3,6480.10^{-12} \text{ V.s} / ^\circ\text{K}$$

La red de conceptos básicos entrelazados en torno al electronvoltio es la siguiente:

Índice de refracción electrónica (n)

Este concepto se lo define como un término de medida o parámetro inherente para cada elemento empleado, a partir del cual es posible determinar la capacidad de un elemento determinado para

ser permeado por el haz de fotones de luz y cómo se comporta ante dicho estímulo. Es así, entonces, que el índice de refracción  $n$  se conceptualiza o define como el producto de desplazamiento del haz de fotones en el vacío  $c$ , a partir de una velocidad relativa en un medio  $v$ , con una relación constante.

La fórmula que expresa el índice de refracción electrónica  $n$ , es:

$$(n) = c/v$$

De tal manera que:

$c$ = Es la distancia dada en metros sobre segundo de un rayo de luz en el vacío.

$v$ = Es la velocidad de propagación en el medio. Para hallar el valor de  $v$  se hace el reemplazo correspondiente de las variables por las constantes.

$$v = c/n$$

$$v = (300000 \text{ Km/s}) / (4,01) \text{ (tomado de la tabla propiedades del silicio)}$$

$$v = 1203000 \text{ Km/s}$$

Ahora bien, hallamos el índice de refracción para el electronvoltio conformado de silicio, así:

$$(n) = c/v$$

$$(n) = (300000 \text{ Km/s}) / (1203000 \text{ Km/s})$$

$(n) = 0,24$  sería el índice de refracción como constante para el electronvoltio conformado de silicio para la capa antirrefleitora en las celdas solares.

#### 5.10 Afinidad electrónica ( $e$ )

(López Castrillón, 2019)

Este concepto se lo define como la cantidad de energía liberada en el momento en que un átomo de un gas determinado, al hallarse en su estado puro o fundamental, aprovecha un electrón y pasa a conformar un ion de un único valor negativo (mono negativo).

De tal manera que:

$E(g) = 1,12$  (ev) de la tabla con respecto al silicio

$v$  = velocidad hallada anteriormente

$X = 4,05$  (tomado de la tabla 4.3 propiedades del silicio)

La fórmula sería la siguiente:

$X(g) + (e^{-v}) = (X^{-(g)}) + E(e)$  Despejando

$E(e)$  se obtiene lo siguiente:

$$E(e) = X(g) + (e^{-v}) - (X^{-(g)})$$

$$E(e) = (4,05) \cdot (1,12 \text{ ev}) + ((1,12^{(-1203000 \text{ Km/s}))}) - (4,05^{(1,12 \text{ ev}))})$$

$$E(e) = -0,2541 \text{ permitividad eléctrica}$$

(López Castrillón, 2019)

Esto significa que con los datos anteriormente suministrados se forma un ion negativo con relación al silicio como constante de afinidad electrónica para el electronvoltio conformado de silicio para la capa antirrefleitora en las celdas solares.

(Rodríguez Mucia, 2008)

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Características principales del SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB).

El panel solar se constituye a partir de características principales como lo es la transformación de energía eléctrica, dicha capacidad de energía es de 43,2 Joules por minuto, teniendo como referencia que un panel fotovoltaico transforma energía a 27 Kw. hora por celda.

#### *DATOS DEL PANEL FOTOVOLTAICO*

$$\text{POTENCIA} = 30 \text{ W}$$

$$\text{VOLTAJE} = 6 \text{ V}$$

$$P = (I^2) \cdot (R)$$

$$30 \text{ W} = (I^2) \cdot (R) \text{ (1 ECUACIÓN)}$$

La ley de ohm nos dice:

$$I = (V_a - V_b) / R$$

$$R = (V_a - V_b) / I$$

Y esta expresión de R se lleva a la (1 ECUACIÓN). Entonces se dice lo siguiente:

$$30 \text{ W} = (I^2) \cdot (V_a - V_b) / I$$

$$30 \text{ W} = (I) \cdot 6 \text{ V}$$

$$I = 30 \text{ W} / 6 \text{ v} = 5 \text{ A}$$

La energía de corriente eléctrica viene dada por la ecuación:

$$W = (I^2) \cdot R \cdot t \text{ (2 ECUACIÓN)}$$

Donde se toma como referencia 6 horas

Recordemos

$$R = (V_a - V_b) / I$$

$$R = 6 \text{ v} / 5 \text{ A}$$

$$R = 1.2 \Omega$$

Ahora vamos a la ecuación 2

$$W = (5)^2 \cdot (1.2 \Omega) \cdot 6 \text{ h}$$

$$W = 180 \text{ W.h}$$

$$\text{ENERGÍA PANEL} = I_{\text{panel}} \cdot V_{\text{panel}} \cdot 0.9 \text{ (HSP)}$$

$$\text{ENERGÍA PANEL} = (5 \text{ A}) \cdot (6 \text{ V}) \cdot 0.9$$

$$\text{ENERGÍA PÁNEL} = 27 \text{ Kw}$$

### **3.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PANEL**

3.1.2.1 Panel solar fotovoltaico de referencia sun power spr x 22- 370 con una eficiencia mínima de 22,7 % con una potencia unitaria de 30 W y un voltaje de 6 v generando en 6 horas 180 W.h (para este proyecto se utilizó módulos policristalinos).

**3.1.2.2** Giro del sol por año: El sol en el año tiene un giro aproximadamente de 46,9° sobre su propio eje, el cual se evidencia en la tierra desde el solsticio de verano hasta el solsticio de invierno.

### **3.1.2.3 NORMA 2050**

Para implementar el cofre eléctrico del SESSB, el cual tiene 29 centímetros de alto por 20 centímetros de ancho. Y una profundidad de 10 centímetros. Cuya referencia es: KDG-3215. Se tuvo en cuenta la norma técnica 2050 para tableros eléctricos, la cual nos dice en la sección 690 que es aplicable para sistemas solares fotovoltaicos. En cuanto a instalación puntualiza la manera como se deben realizar los montajes (cableado, disposición, organización, impermeabilización, instalación, etc.).

Literal b. Conductores de distintos sistemas. Los circuitos de las fuentes fotovoltaicas y los circuitos de salidas fotovoltaicas no deben instalarse en las mismas canalizaciones, bandejas portacables, cables, cajas de salida o de unión de accesorios similares, como alimentadores o circuitos ramales de otros sistemas. **Excepción:** cuando los conductores de los distintos sistemas estén conectados entre sí o separados por una barrera.

Literal C: conexiones de los módulos. Las conexiones a un módulo o panel deben estar hechas de modo que si se quita un módulo o celda del panel del circuito de la fuente fotovoltaica no se interrumpa la continuidad de ningún conductor puesto a tierra de cualquier otro circuito de fuente fotovoltaica.

Literal D: Los inversores o grupos electrógenos que se vayan a utilizar en un sistema fotovoltaico deben estar identificados para ello.

(CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2008)

## **4 DISEÑO CONCEPTUAL**

En el presente apartado se dará solución al problema previamente identificado de la obtención de energías renovables a partir del sol como fuente calórica natural, partiendo para ello de un prototipo. Para lo cual se describirá paso a paso el proceso de implementación del SESSB, según las especificaciones de su diseño.

#### **4.1 DISEÑO MECÁNICO DEL MONTAJE (SOFT INVENTOR 2020)**

Fuente: Construcción propia

Este plano general evidencia el SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAXIAL, el cual se describe así:

Mesa cuadrada hecha de lámina y ángulo de acero de un metro por un metro cuadrado. Con una base cuadrangular de lámina elevada desde el suelo 60 centímetros, la cual sostiene los siguientes dispositivos:



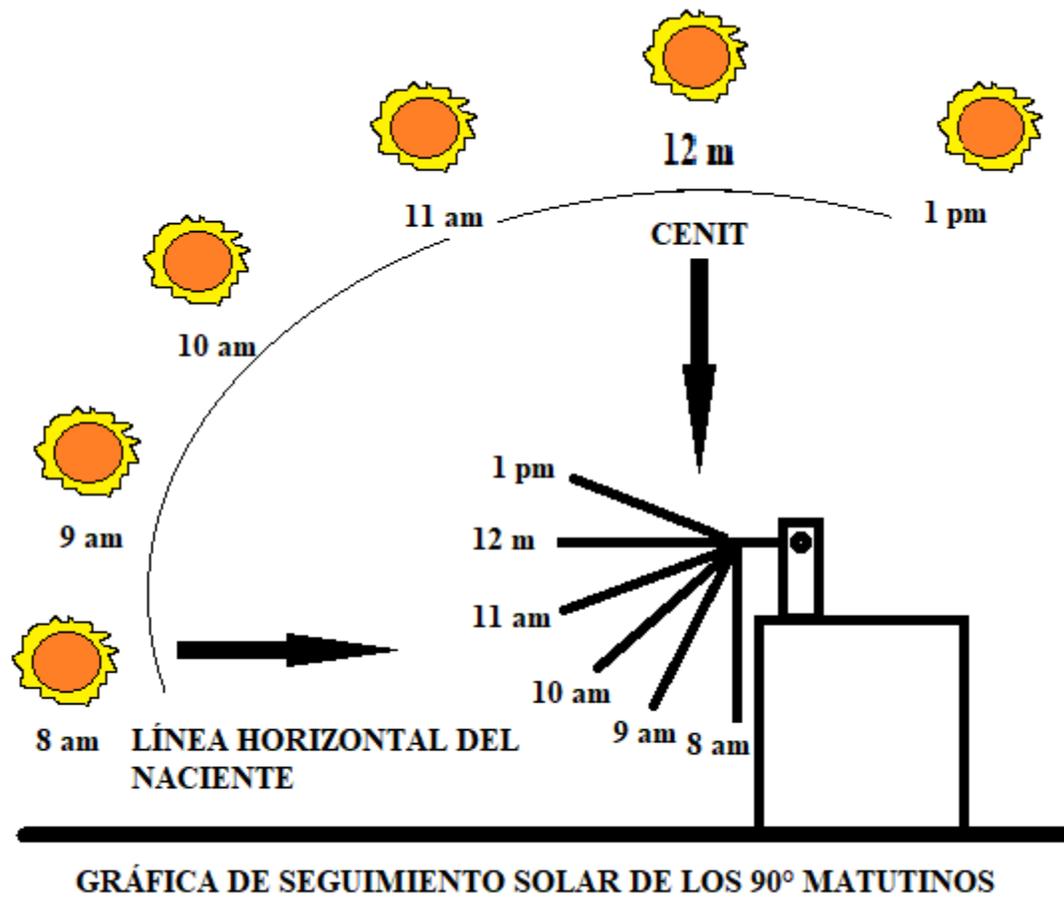
-2. Un pistón neumático de doble efecto con un vástago roscado con cremallera. El segmento cremallero tiene una longitud de 50 cm de longitud. Dicho segmento encaja en el piñón central del eje horizontal, para hacerlo girar y lograr que la bandeja portapanel se levante gradualmente y describa un cuarto de circunferencia, en el efecto de seguir el arco de exposición solar desde las 8 am hasta la 1 pm. La bandeja portapanel tiene 70 cm de largo por 36 de ancho. Dicha bandeja rotará en dirección al sol desde las 8 am hasta las 1 pm, aprox.

-3. Un filtro regulador lubricador y una válvula biestable que conforman un sistema alimentador con aire comprimido del pistón, para asegurar su funcionamiento.

#### **4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO SOLAR**

(Ver la gráfica que a continuación se inserta)

Figura 6. Gráfica de seguimiento solar de los 90° matutinos



Fuente: elaboración propia

El dispositivo SESSB orienta la bandeja portapaneles en dirección al sol, de la siguiente manera:

8 15 El ángulo de inclinación solar es horizontal y la bandeja portapaneles se ubica en  
am grado posición perpendicular respecto del sol. El ángulo de incidencia de la luz solar  
s respecto de las celdas fotovoltaicas es de un 15 %.

9 30 El ángulo de inclinación solar es parcialmente oblicuo respecto de la bandeja  
am grado portapaneles, la cual se ubica en posición parcialmente perpendicular respecto del  
s sol. El ángulo de incidencia de la luz solar respecto de las celdas fotovoltaicas es  
de un 30 %.

10 45 El ángulo de inclinación solar es medianamente oblicuo respecto de la bandeja  
am grado portapaneles, la cual se ubica en posición gradualmente más perpendicular  
s respecto del sol. El ángulo de incidencia de la luz solar respecto de las celdas  
fotovoltaicas es de un 45 %.

11 60 El ángulo de inclinación solar es avanzadamente oblicuo respecto de la bandeja  
am grado portapaneles, la cual se ubica en posición gradualmente más perpendicular  
s respecto del sol. El ángulo de incidencia de la luz solar respecto de las celdas  
fotovoltaicas es de un 60 %.

12 75 El ángulo de inclinación solar es vertical respecto de la bandeja portapaneles, la  
 m grado cual se ubica en posición igualmente perpendicular respecto del sol. El ángulo de  
 s incidencia de la luz solar respecto de las celdas fotovoltaicas es de un 75 %.

1 90 El ángulo de inclinación solar es oblicuo inverso respecto de la bandeja  
 p grado portapaneles, la cual se ubica en posición perpendicular inversa respecto del sol.  
 m s El ángulo de incidencia de la luz solar respecto de las celdas fotovoltaicas es de  
 un 90 %.

TABLA DEL SISTEMA DEL SEGUIMIENTO SOLAR BIAIXIAL SOLAR RESPECTO AL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO							
DIA	MES	AÑO	HORA (AM)	ORIENTACION SOLAR	PRESION TARADA EN (PSI)	ANGULO DE INCLINACION	CONSUMO EN mV PANEL
UN DIA SOLEADO	NOVIEMBRE	2022	DURANTE EL TRANSCURSO DE 7: 00AM A 10 : 31 AM	ESTE	6,6 psi	15°	28 mV
	NOVIEMBRE	2022		ESTE	13,2 psi	30°	40 mV
	NOVIEMBRE	2022		ESTE	19,8 psi	45°	63 mV
	NOVIEMBRE	2022		ESTE	26,4 psi	60°	78 mV
	NOVIEMBRE	2022		ESTE	33 psi	75°	90 mV
	NOVIEMBRE	2022		ESTE	40 psi	90°	118 mV
RELOJ PROGRAMADOR							
CANAL 1				CANAL 2			
MEMORIA	ENCENDIDO	MEMORIA	ENCENDIDO				
1	ON 7:31AM	1	ON 7:00AM				
1	OFF 8:00AM	1	OFF 7:30AM				
2	ON 8:32AM	2	ON 8:01AM				
2	OFF 9:01AM	2	OFF 8:31AM				
3	ON 10:01AM	3	ON 9:31AM				
3	OFF 10:31AM	3	OFF 10:00AM				

A la 1 pm (13 horas pos meridiano), en un día soleado normal termina el proceso de seguimiento de una cuarta parte del arco de la ruta solar por parte del SESSB. Se espera que la cantidad de energia eléctrica de origen fotovoltaico recolectada en el espacio de 6 horas en el sistema recolector de las celdas fotovoltaicas sea de 180 W.h; Lo suficiente como para hacer funcionar cada uno de los siguientes electrodomésticos:

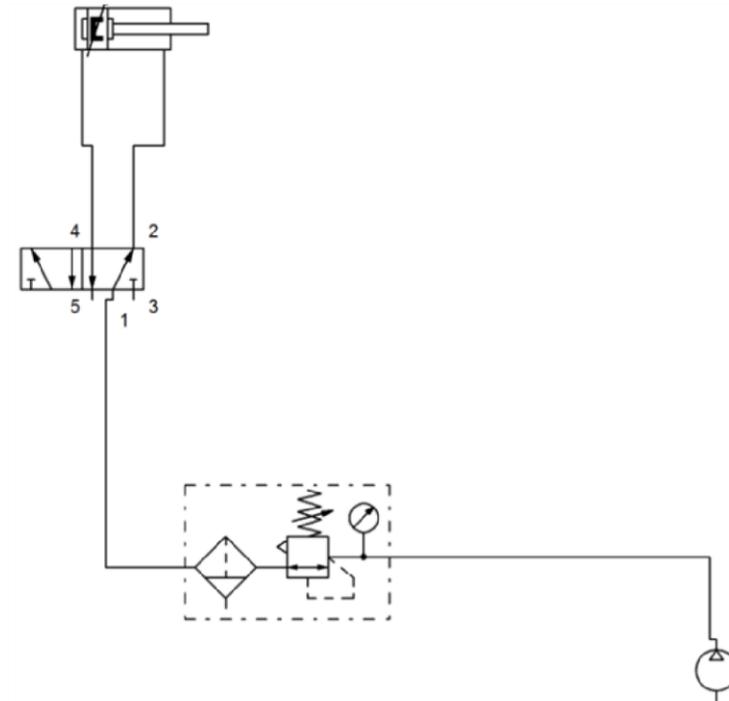
Un computador portátil de mesa	De 110 V, con una autonomía de funcionamiento de 6 h.
Una tablet	De 110 V, con una autonomía de funcionamiento de 8 h.
Un televisor entre 32 a 60 pulgadas.	De 110 V, con una autonomía de funcionamiento de 2 horas.
Una nevera de 4 pies.	De 110V, con una autonomía de funcionamiento de 2 horas.

El SESSB cuenta con tres sistemas en su funcionamiento, así:

- 1. Sistema electroneumatico.
- 2. Sistema eléctrico y control.
- 3. Sistema mecánico.

### 4.1.3 SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO IMPLEMENTADO MEDIANTE EL PROGRAMA SIMULADOR FLUID SIM

Figura 7. Plano diseño neumático



Fuente: Construcción propia

#### Componentes:

- Cilindro de doble efecto referencia 87120
- Camisa de longitud de 24,5 cm ancho de 6 cm de ancho
- Longitud máxima de 15 cm salida del pistón

- Rosca del vástago m16x1,5 (mm)\*(paso)
- Fuerza teórica máxima de 170 kg de empuje
- Válvula 5/2 monoestable con conexión ¼ npt referencia mvsc-220-4e2-npt 667578  
con 2 silenciadores regulables de 1/4 npt
- 5 acople rápido neumático a 90 grados conexión ¼ npt x 10 mm
- 1 acople rápido neumático a 90 grados conexión de 1/2npt x10 mm
- 1.50 m tubo flexible neumático 10 mm
- 1 filtro regulador lubricador (FRL) conexión de ½ npt con manómetro  
conexión trasera de 1/8 npt, reducción hembra macho de 1/8 npt a ¼ para  
conexión del manómetro, caratula del manómetro de 2 pulg rango de 0 a 10  
psi tarado a 40 psi.
- Compresor LT conexión eléctrica a 110 Vac con salida a 90 psi

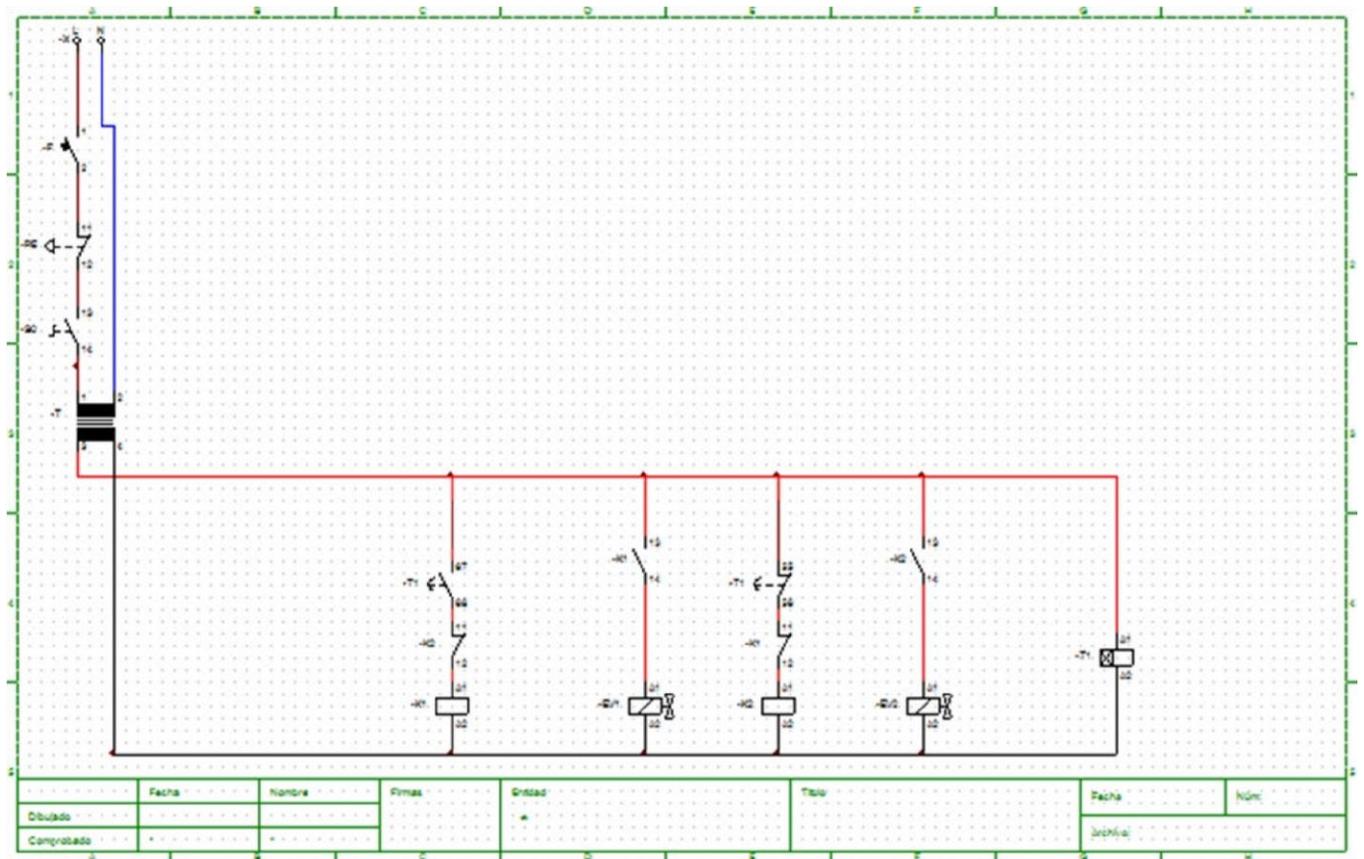
#### **4.1.4 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO POR MEDIO DEL PROGRAMA FLUID SIM**

A través de la alimentación generada por medio de un compresor LT ( tanque liviano ) que genera 90 psi (presión por libra por pulgada cuadrada) y con una alimentación de voltaje a 110 Vac, el cual alimenta una unidad de mantenimiento (FRL) con entrada y salida de rosca npt de ½ pulg y con una señalización por medio de un manómetro conexión trasera de 1/8 npt y a su vez alimenta una válvula 5/2 biestable la cual puede ser accionada mecánicamente y eléctricamente mediante un circuito eléctrico; es de tal forma que alimenta el cilindro neumático de doble efecto referencia 87120 el cual soporta una fuerza teórica 170 kg fuerza, y a su vez me acciona el desplazamiento

de la cremallera de paso 60 para realizar el recorrido mediante el piñón central de referencia 60B18 que hace girar el panel solar dependiendo de los grados que el usuario desea programar.

#### 4.1.5. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Figura 8. Plano diseño eléctrico y de control



Fuente: Construcción propia

#### Componentes:

- Bornera porta fusible con fusible en vidrio de 250 Vac y de 25 A.
- 1 paro de emergencia con contacto normalmente cerrado a 24 Vac

- Selector o interruptor de 2 posiciones con contacto normalmente abierto a 24 Vac
- 1 transformador dual de 24 0 24 Vac.
- 2 relevos con su respectiva base a 24 Vac con 2 contactos cerrados y 2 contactos abiertos.
- 1 temporizador on delay (a la conexión) con sus respectivos contactos, 1 abierto y 1 cerrado    2 bobinas a 24 Vac

Sistema conformado por:

- 2 soporte para rodamiento SY con rodamiento cónico referencia uc 205 mm marca Fag
- 2 parales para soportar el panel solar fotovoltaico
- 1 piñón sencillo referencia 60B18 (donde 60 significa el paso B con bufin con prisioneros y 18 número de dientes).

#### **4.1.6. SISTEMA MECÁNICO**

La transmisión del movimiento físico en el SESSB funciona así:

1. El aire comprimido que entra al pistón de doble efecto, empuja el vástago roscado que a su vez empata con la cremallera rectangular la cual tiene 24 dientes metálicos de paso 60. Dicha cremallera rectangular es sostenida por un soporte con tensor graduable y con un rodillo, que permite guiar la cremallera de tal manera que esta se mantenga firme y no se desalinee.

2. La cremallera viene empujada entonces por el movimiento del pistón de doble efecto, los dientes de la misma encajan con el piñón (referencia 60B18) y lo hace girar gradualmente con dos prisioneros que aseguran el eje. Conjuntamente con el piñón gira el eje metálico de 70 cm de longitud. Dicho eje viene encajado dentro de una chumacera SY, con rodamiento UC205 cónico.
3. En un tercer momento, el movimiento transmitido del vástago al piñón y de este al eje metálico cilíndrico, se transmite también a dos paralelos metálicos paralelos que se hayan unidos a dos bujes acerados los cuales encajan cilíndricamente en el eje por medio de dos prisioneros asegurados.
4. Todo lo anterior redundará en el movimiento final y gradual de la bandeja portapaneles, la cual parte de una posición inicial vertical de 90 grados y lenta y gradualmente, empieza a subir hasta la posición horizontal, acorde con el temporizador del sistema eléctrico y la programación con que se haya alimentado del mismo

#### **4.1.7. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE MOMENTO FLECTOR Y CORTANTE DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL EJE**

El siguiente diagrama ilustra todas las fuerzas generadas que actúan sobre el eje, las cuales son:

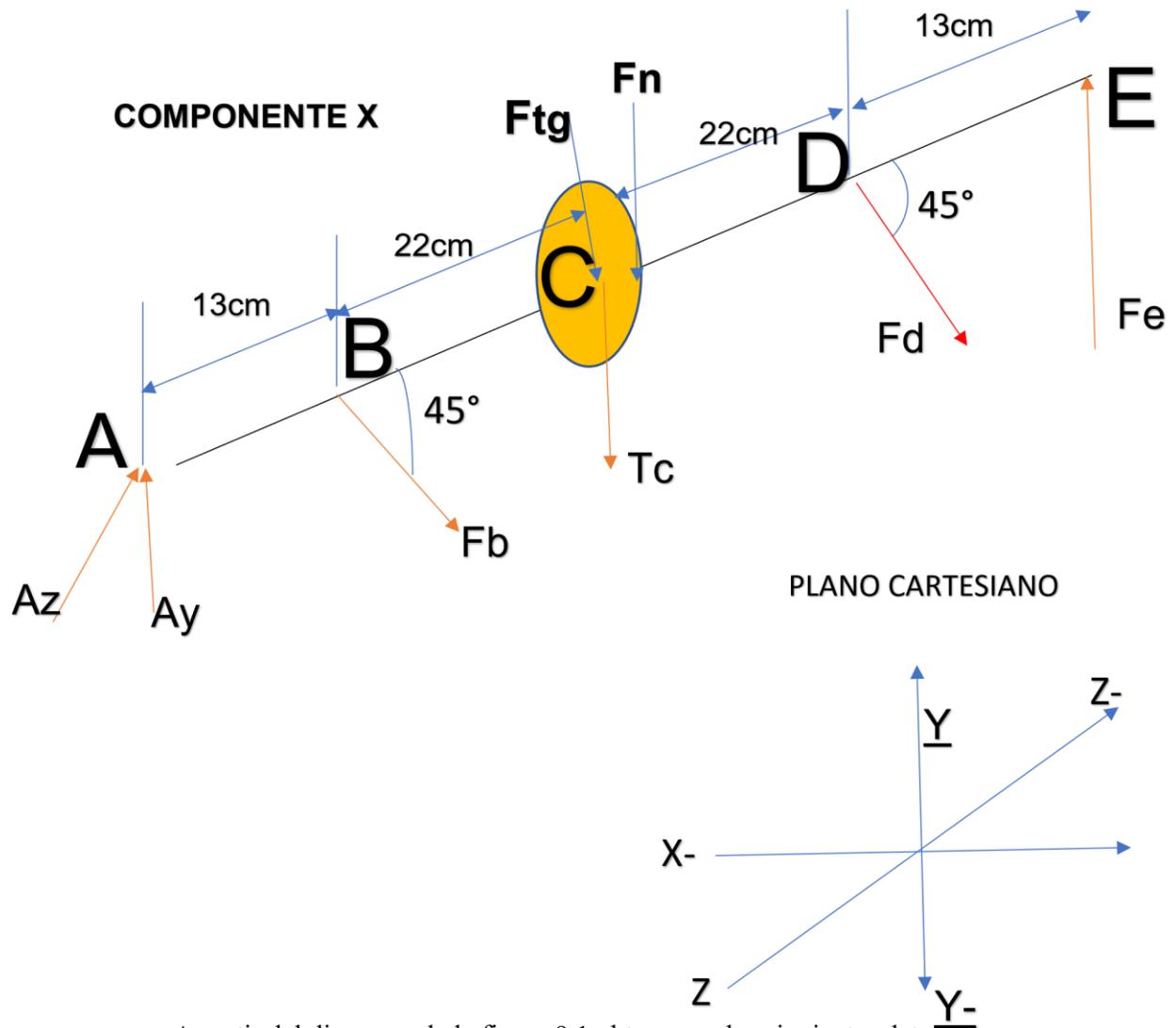
- 1. Fuerza tangencial ( $F_{tg}$ ): Es la fuerza que se ejerce sobre el eje y que lo hace girar por medio de un grado determinado de giro.
- 2. Fuerza normal ( $F_n$ ): Es la fuerza perpendicular que actúa desde el piñón sobre el eje.
- 3. Fuerzas d y b: actúan en puntos colaterales del eje en cuestión. Su punto físico son los bujes de acero.

-4. Fuerzas  $A_z$  y  $A_y$ : Son empujes que se ejercen sobre la chumacera A (o soporte giratorio A).

-5. Fuerza  $F_e$ : Es la fuerza que actúa sobre la chumacera D.

La acción armónica de dichas fuerzas es la siguiente:

Figura 9. Diagrama de cuerpo libre



A partir del diagrama de la figura 9.1 obtenemos los siguientes datos:

$$W \text{ (peso) soporte + panel + 2 buje} = 9 \text{ Kg} / 2 = 4,5 \text{ Kg}$$

## **PUNTO B**

$$\varnothing b = 1 \text{ pulg}$$

$$W_b = 4,5 \text{ Kg}$$

$$F_b = (4,5 \text{ Kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_b = 44.145 \text{ N}$$

## **PUNTO C**

$$\varnothing c \text{ piñón} = 1 \text{ pulg}$$

$$W \text{ (peso piñón) } c = 1625 \text{ g. (1 g / 1000 Kg)}$$

$$W_c = 1.625 \text{ Kg}$$

$$F_c = (1.625 \text{ Kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_c = 15.94125 \text{ N}$$

$$T_c = [63000 + 170 \text{ Kg.f} + 5 \text{ Kg.f}]$$

En donde los 63000 hace referencia a la Constante de un piñón en el diseño del eje, tomada del libro Deutchman.

(Deutschmann, Michels, & Wilson, 1975)

170 Kg.f hace referencia a la Presión vástago en salida por la cremallera

5 Kg. f Peso cremallera ejercida en el piñón

(Tc) = Tensión en c  
Tc = 63175 Kg

$$Tc = (63175 \text{ Kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$\mathbf{Tc = 619,746.10^3 \text{ N}}$$

$$Ftg = Tc / \text{Øc piñón} / 2$$

$$\text{Radio} = \text{Øc piñón} / 2$$

$$\text{Radio} = 1 \text{ in} / 2 = 12,7 \text{ cm}$$

$$Ftg = Tc / 12,7 \text{ cm}$$

$$Ftg = (619,746.10^3 \text{ N}) / 12,7 \text{ cm}$$

$$\mathbf{Ftg=4,97.10^3 \text{ N/cm}}$$

NOTA:  $\phi$  presión

para engranajes ( $\alpha$ )

$$\text{Alpha} = 14^\circ, 20^\circ, 25^\circ$$

Se toma como referencia el de  $20^\circ$  ya que es el más factible

(Mott, 2006)

$$Fn = (4.97 \times 10^3 \text{ N/cm}) \cdot (\text{tang} 20^\circ)$$

$$F_n \text{ o } F_{\text{radial}} = 1.80 \times 10^3 \text{ N/cm}$$

### **PUNTO D**

$$\varnothing d = 1 \text{ pulg}$$

$$W_d = 4,5 \text{ Kg}$$

$$F_d = (4,55 \text{ Kg}) * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_d = 44.145 \text{ N}$$

### **PUNTO E**

Soporte con rodamiento cónico uc205

$$W \text{ (peso) soporte con rodamiento} = (801 \text{ g}). (1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g})$$

$$W \text{ soporte con rodamiento} = 0.801 \text{ Kg}$$

$$F_E = (0.801 \text{ Kg}).(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_E = 7.857 \text{ N}$$

Sumatoria de momentos:

$$\Sigma M_A = (F_b \cdot \text{SEN}45^\circ) \cdot (13 \text{ cm}) + (F_{tg} + F_n) \cdot (35 \text{ cm}) + (F_d \cdot \text{SEN}45^\circ) \cdot (57 \text{ cm}) + (F_E) \cdot (70 \text{ cm}) = 0$$

$$[(44,145 \text{ N}) \cdot (0,70) \cdot (13 \text{ cm})] + [(4,97 \cdot 10^3 \text{ N/cm} + 1,80 \cdot 10^3 \text{ N/cm})] * (35 \text{ cm}) + (44,145 \text{ N}) \cdot (57 \text{ cm}) + (7,857 \text{ N}) \cdot (70 \text{ cm}) = 0$$

$$\Sigma M_A = 240,41 \cdot 10^3 \text{ N/cm} \text{ (sumatoria de momentos en A en sentido horario)}$$

$$\Sigma F_y = A_y - F_b \cdot \text{SEN}45^\circ - T_c - F_d \cdot \text{COS}45^\circ + F_e$$

$$\Sigma F_y = (A_y) - (30,90 \text{ N}) * \text{SEN}45^\circ - (619,746 \cdot 10^3 \text{ N}) - (44,145 \text{ N}) \cdot \text{COS}45^\circ + 7,857 \text{ N}$$

$$A_y = 21,84 \text{ N} + 619,746 \cdot 10^3 \text{ N} + 31,21 \text{ N} + 7,857 \text{ N}$$

$$A_y = 619.806 \cdot 10^3 \text{ N (componente } A_y)$$

$$\Sigma F_z = A_z + F_b \cdot \text{SEN}45^\circ + F_d \cdot \text{COS}45^\circ$$

$$\Sigma F_z = A_z + (30,90 \text{ N}) * \text{SEN}45^\circ + (44,145 \text{ N}) * \text{COS}45^\circ \text{ Realizando su respectivo despeje}$$

$$\mathbf{AZ = 53,064 \text{ N}}$$

## **5.8. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR**

Datos necesarios para realizar diagramas:

$$\Sigma M_A + = 240,41 \cdot 10^3 \text{ N/cm (sumatoria de momentos en A sentido horario)}$$

$$A_y = 619,806 \cdot 10^3 \text{ N (componente } A_y)$$

$$A_z = 53,064 \text{ N (componente } A_z)$$

$$F_b \cos 45^\circ = 31,21 \text{ N}$$

$$F_b \text{ sen } 45^\circ = 31,21 \text{ N}$$

$$F_d \cos 45^\circ = 31,21 \text{ N}$$

$$F_d \text{ sen } 45^\circ = 31,21 \text{ N}$$

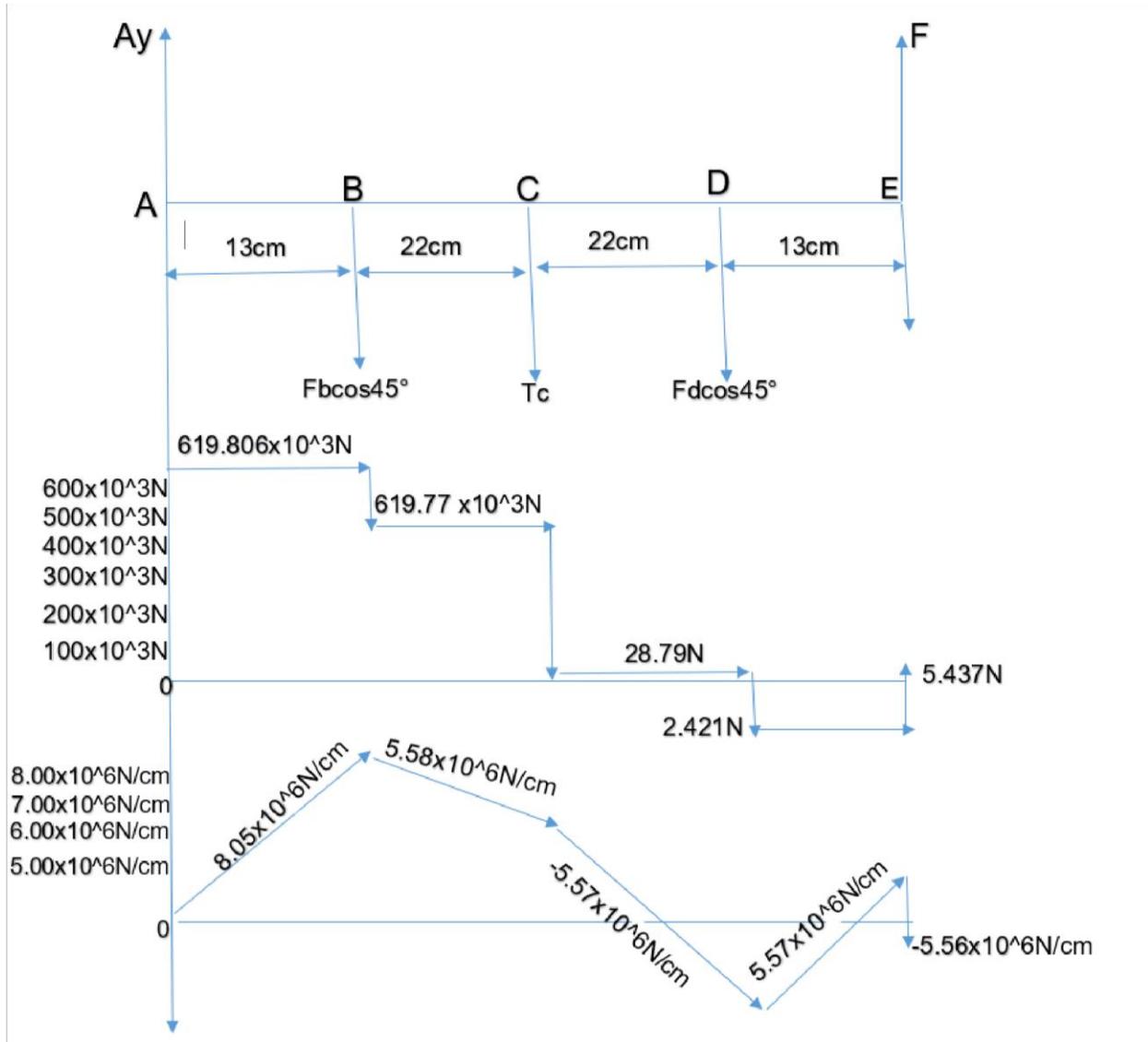
$$T_c = 619,746 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{tg} = 4,97 \cdot 10^3 \text{ N/cm}$$

$$F_n = 1,80 \cdot 10^3 \text{ N/cm O Fradial}$$

$$F_e = 7,857 \text{ N}$$

Figura 10. Diagrama horizontal



Fuente: elaboración propia

A partir de la figura 9.2 obtenemos los siguientes cálculos

### Parte A

$$(619,806 \cdot 10^3 \text{ N}) - (31,21 \text{ N}) = 619,77 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$(619,77.10^3 \text{ N}) - (619,746.10^3 \text{ N}) = 28,79 \text{ N}$$
$$(28,79 \text{ N}) - (31,21 \text{ N}) = -2,42 \text{ N}$$

$$(-2,42 \text{ N}) + (7,857 \text{ N}) = 5,433 \text{ N}$$

### **Parte B**

$$(619,806.10^3 \text{ N}) \cdot (13 \text{ cm}) = 8,05.10^6 \text{ N/cm}$$

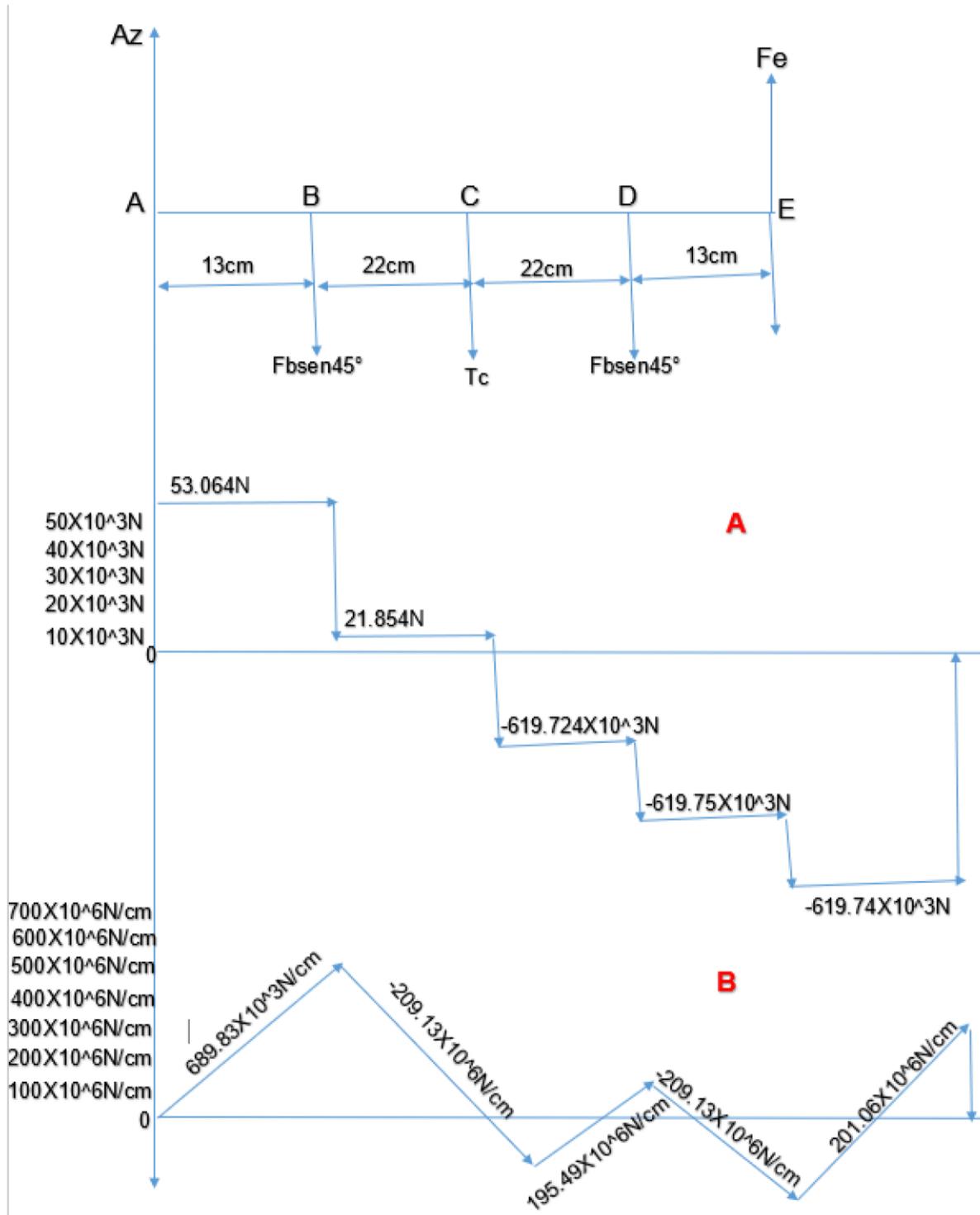
$$(619,77.10^3 \text{ N}) \cdot (22 \text{ cm}) = 13,63.10^6 \text{ N/cm} - 8,05.10^6 \text{ N/cm} = 5,5849.10^6 \text{ N/cm}$$

$$(28,79 \text{ N}) \cdot (22 \text{ cm}) = 633,38 \text{ N/cm} - 5,5849.10^6 \text{ N/cm} = -5,57.10^6 \text{ N/cm}$$

$$(2,42 \text{ N}) \cdot (28 \text{ cm}) = 67,76 \text{ N/cm} - (-5,57.10^6 \text{ N/cm}) = 5,57.10^6 \text{ N/cm}$$

$$(5,433 \text{ N}) \cdot (13 \text{ cm}) = 70,629 \text{ N/cm} - (5,57.10^6 \text{ N/cm}) = -5,5610^6 \text{ N/cm}$$

Figura 11. Diagrama vertical



Fuente: Construcción propia

A partir de la figura 9.3 podemos obtener los siguientes cálculos.

**Parte A**

$$(53,064 \text{ N}) - (31,21 \text{ N}) = 21,85 \text{ N}$$

$$(21,85 \text{ N}) - (619,746 \cdot 10^3 \text{ N}) = -619,724 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$(-619,746 \cdot 10^3 \text{ N}) - (31,21 \text{ N}) = -619,75 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$(-619,75 \cdot 10^3 \text{ N}) + (7,857 \text{ N}) = -619,74 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Parte B**

$$(53,064 \text{ N}) \cdot (13 \text{ cm}) = 689,83 \cdot 10^6 \text{ N/cm}$$

$$(21,85 \text{ N}) \cdot (22 \text{ cm}) = 480,7 \cdot 10^6 \text{ N/cm} - 689,83 \cdot 10^6 \text{ N/cm} = -209,13 \cdot 10^6 \text{ N/cm}$$

$$(-619,72 \cdot 10^3 \text{ N}) \cdot (22 \text{ cm}) = -13,63 \cdot 10^6 \text{ N/cm} - (-209,13 \cdot 10^6 \text{ N/cm}) = 195,49 \cdot 10^6 \text{ N/cm}$$

$$(-619,75 \cdot 10^3 \text{ N}) \cdot (22 \text{ cm}) = (-13,634 \cdot 10^6 \text{ N/cm}) - (-195,49 \cdot 10^6 \text{ N/cm}) =$$

$$-209,12 \cdot 10^6 \text{ N/cm}$$

$$(-619,74 \cdot 10^3 \text{ N}) \cdot (13 \text{ cm}) = (-8,05 \cdot 10^6 \text{ N/cm}) - (-209,12 \cdot 10^6 \text{ N/cm}) =$$

$$201,06 \cdot 10^6 \text{ N/cm}$$

## 5. PROCESO DE DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR BIAxIAL (SESSB)

Para elaborar el diagnóstico del SESSB se implementó una matriz DOFA, FODA o DAFO, la cual permite determinar la situación real del artefacto en los actuales momentos.

(wiki, 2021)

DEBILIDADES (D)	Internas
FORTALEZAS (F)	Internas
OPORTUNIDADES (O)	Externas
AMENAZAS (A)	Externas

### 5.1. DEBILIDADES DEL SESSB:

-1. El sistema neumático se alimenta con aire en el cual eventualmente se puede filtrar agua, lo cual podría mermar la eficiencia del sistema en general. También podría acarrear daños mecánicos.

-2. Al tratarse de un prototipo novedoso el SESSB debe someterse a pruebas de eficiencia y calidad, procesos estos en los cuales necesariamente se le harán ajustes y arreglos ulteriores, con miras a un óptimo desempeño del mismo.

-3. Al tratarse de un artefacto relativamente innovador en el medio colombiano, podría en principio no ser rentable por la natural resistencia que le puedan oponer los proveedores locales de energía eléctrica.

#### **5.1.2 FORTALEZAS DEL SESSB:**

-1. Sus materiales son de alto impacto y resistencia, lo que lo hace altamente durable.

-2. Es relativamente fácil de transportar, instalar e implementar. Lo que lo convierte en una herramienta útil para el campo y lugares alejados de los centros urbanos (áreas rurales).

#### **5.1.3 OPORTUNIDADES DEL SESSB:**

-1. El SESSB puede ser expuesto y/o exhibido en vitrinas vendedoras en el marco de eventos feriales tecnológicos o empresariales, a los cuales asistan inversores y clientes potenciales de Colombia y el mundo. Esto le daría la oportunidad de ser adquirido por eventuales compradores.

-2. Al ser un artefacto novedoso en el mercado colombiano, puede ser de interés y atractivo para empresas y/o industrias que le apuesten a las energías renovables.

#### **5.1.4 AMENAZAS DEL SESSB:**

-1. Los grandes proveedores del sistema eléctrico colombiano, entre entidades oficiales y privadas, podrían desestimular en el mercado eléctrico colombiano, los procesos de compra del SESSB, por cuanto este le haría contrapeso a sus internes.

-2. El SESSB depende de proveedores externos para la adquisición de algunos de sus componentes, como es el caso de los paneles fotovoltaicos.

### **6. MATERIALES DEL SESSB METODOLOGÍA DE ENSAMBLAJE**

Los elementos materiales que se emplearon en la elaboración del sistema fueron los siguientes:

Cant.	Descripción del elemento empleado
1mt x 1mt	Lámina de acero 4140, con espesor de ¼.
2 metros,	40 Tubo cuadrado de acero 4140 de ¼, con espesor de ½ pulgada por
centímetros.	½ pulgada. Segmentado en 4 extremidades para sostén de la mesa, cada una con una longitud de 60 centímetros.

3 metros, 60 Tubo cuadrado de acero 4140, con espesor de  $\frac{1}{4}$  por 1,5 pulgadas.  
centímetros. Para función de travesaño entre las patas o sostenes de la mesa, con una longitud de 90 centímetros.

80 centímetros.

2 rodamientos Tubo rectangular de acero 4140, con espesor de 10 cm por 5 cm.  
2 chumaceras. Con función de paral vertical que sostiene un soporte giratorio de referencia SY, con rodamiento UC205 cónico. Cada paral con una altura de 40 cm. Cada paral vertical va anclado a la mesa de soporte mediante hueco pasante de  $\frac{3}{8}$  de pulgada y tornillo con rosca de acero de  $\frac{3}{8}$  de pulgada, grado 8.

36 centímetros Tubo rectangular de acero 4140, con espesor de 4 centímetros por 4 centímetros. Con función soporte tensor a manera de guía para mantener en su sitio la cremallera y evitar que se descarrile. Con una altura de 36 centímetros.

El soporte tensor va anclado a la mesa, justo debajo del piñón, mediante hueco pasante de 3/8 de pulgada y tornillo con rosca de acero de 3/8 de pulgada, grado 8.

70 centímetros

Eje cilíndrico de acero 1045, con diámetro de una pulgada por setenta centímetros de longitud. Mecanizado en los dos puntos de unión acordes con el diámetro del rodamiento.

1

En el punto intermedio del eje, se ubica un piñón de referencia 60B18 de 18 dientes de paso 60. A manera de punto de unión para transmisión del movimiento que viene de la cremallera.

1

Lámina de acero 4140, con espesor de 1/8 de pulgada. De 70 centímetros de longitud por 36 centímetros de ancho. Con función de bandeja portapaneles.

2

Dicha bandeja se halla unida mediante puntos de soldadura a la mesa por dos soportes hechos de lámina de acero 1045, con espesor de 1/8 de pulgada. Con altura de 30 centímetros y base de 36 centímetros. De forma trapezoidal.

2 bujes, acero Los dos soportes precitados van unidos mediante puntos de soldadura a dos bujes hechos en acero 4140. Dichos bujes se hallan encajados de manera sólida en el eje precitado.

2 tubos Tubo rectangular de acero referencia 4140, de 2 centímetros de ancho por 5 centímetros de largo. Y 30 centímetros de altura. Cada uno va anclado a la mesa de soporte mediante hueco pasante de 3/8 de pulgada y tornillo con rosca de acero de 3/8 de pulgada, grado 8.

Cada uno cumple función diferenciada así:

2 parales.  
60 centímetros.  
-1. Sostiene una válvula 5/2 biestable con bobina a 24 Vac con conexión neumática a un 1/4 rosca npt. La válvula viene con dos silenciadores regulares de 1/4 npt. La alimentación de la válvula se verifica mediante un tubo flexible plástico de diámetro 10 milímetros por 25 centímetros de largo.

-2. Sostiene un filtro regulador lubricador con un manómetro de conexión de un 1/4 npt con rango de 0 a 100 psi. Dicho filtro alimenta la válvula 5/2 verifica mediante un tubo flexible plástico de diámetro 10 milímetros por 25 centímetros de largo.

52 centímetros

Lámina de acero 4140, con espesor de 1/8 de pulgada. De 26 centímetros de altura por 28 centímetros de ancho. Con función de soporte trapezoidal del pistón neumático de doble efecto.

El soporte va anclado a la mesa de soporte mediante 4 huecos pasantes de 3/8 de pulgada y tornillo con rosca de acero de 3/8 de pulgada, grado 8.

Pistón hecho de aluminio el cual consta de una camisa del mismo metal con longitud de 25 centímetros por 6 centímetros de ancho. Este va encajado a presión en el soporte de lámina trapezoidal antes descrito.

1

El vástago del pistón se describe así: cilindro acerado y cromado con diámetro de 2,1 centímetros. Se prolonga en una cremallera de 50 centímetros de largo por 2,5 centímetros de ancho. El segmento cremallero tiene 24 dientes de paso 60.

## **6.1 METODOLOGÍA DE CREACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL SESSB**

¿Cómo se hizo el proceso de montaje del SESSB?

Los pasos surtidos fueron los siguientes:

-1. IDENTIFICACIÓN DE UNA NECESIDAD CONCRETA A PARTIR DEL DEFICIENTE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELECTRICA EN SABANA OCCIDENTE (DIAGNÓSTICO): El problema parte de una necesidad concreta la cual es las constantes caídas de voltaje por parte de las empresas proveedoras de energía eléctrica en Cundinamarca, al menos en la Provincia de Sabana Occidente. La necesidad detectada es la siguiente: proveer energía renovable a partir de una fuente natural gratuita la cual es el sol. ¿Para hacer funcionar qué? Artefactos o artilugios de uso doméstico, es decir, electrodomésticos, en principio de mediano o bajo consumo a partir de un panel solar prototípico de 68 centímetros de largo por 30 de ancho, de fabricación estadounidense. Con una capacidad de 120 celdas fotovoltaicas, que generan 1800 amperios por hora y 10800 en 6 horas.

-2. PROCESO DE IDEACIÓN PREVIA O DETERMINACIÓN DEL QUÉ METODOLÓGICO: Una vez determinada la necesidad a cubrir, surgió el qué prototípico del SESSB, el cual se describe básicamente a continuación. Se crearía un sistema electromecánico básico biaxial a partir del cual se implementará un medio para coleccionar luz solar durante al menos 6 horas al día (un cuarto de la circunferencia de la órbita terráquea alrededor del sol).

## 7. PROCESO DE MONTAJE Y ENSAMBLAJE DEL SESSB

¿Cómo se hizo el SESSB?

Una vez tenidos los insumos que anteriormente ya se describieron, se procedió al montaje y ensamblaje así:

-1. Montaje y ensamblaje de la mesa básica y elementos anexos y conexos: Para ello se implementó un ensamble de la mesa con los parales mediante soldadura 6011, con cordón espiralado. Por cuanto dicha soldadura hace referencia a 60 mil libras de presión por pulgada cuadrada. De tal manera que sea posible realizar el proceso de soldadura en diferentes posturas y ángulos, mediante el uso de perforaciones, las cuales se practicaron en el proceso de ensamble de mesa y parales en general.

-2. Tipos de acero: Se aplicaron los aceros 1040 y 1045, lo cual significa que son estirados en frío y presentan una resistencia a la tensión de 552 Mpa. Y una resistencia de fluencia de 490 Mpa. Y una dureza Brinell de 160 (hb).

(Mott, 2006)

## 7.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SESSB

La eficiencia es la potencia útil sobre la potencia teórica, multiplicado por el 100%. La fórmula general correspondiente es esta:

$$E = \frac{P \text{ útil}}{P \text{ teórica}} \times 100\%$$

A continuación, tenemos la fórmula de eficiencia por hora:

$$E = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}} \times \text{hora}} \times 100\%$$

### TABLA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO DE SEGUIMIENTO BIAxIAL

Se gasta en 1 hora	Se genera en 1 hora (+)
Transformador dual 24 0 24 Vac	180 W. h
calibre conductor 14 = 8.3 amperios x 1 hora	(180 W. 6 h ) = 1080 W.h generada en 6 horas.

Haciendo los reemplazos respectivos, con respecto a las especificaciones del panel fotovoltaico, se tiene lo siguiente:

$$P = I^2 \times R$$

Reemplazando se tiene:

$$I^2 = (5_{\text{amp}})^2$$

$$I^2 = 25_{\text{amp}}$$

$$R = \frac{30 \text{ W}}{5^2} \Rightarrow \text{Panel fotovoltaico}$$

$$R = 1,2 \Omega$$

$$P = 25_{\text{amp}} \times 1,2 \Omega$$

$$P = 30 \text{ W}$$

$$E = \frac{30 \text{ W}}{1800} \times 100\% = 1,6 \text{ \% de eficiencia en una hora}$$

## 8. CONCLUSIONES GENERALES

8.1. Los sistemas de seguimiento solar son funcionales en áreas donde no es posible instalar sistemas estáticos. Su vida útil se prolongará gracias a los procesos periódicos de mantenimiento.

8.1.2. Las fuentes de energía renovables han sido aprovechadas por el hombre desde hace mucho tiempo, básicamente acompañadas de la energía animal, y su empleo continuo durante toda la industria hasta la llegada de la revolución industrial; cuando la aparición del carbón y la alta densidad energética superior a la biomasa y su menor precio desplazando a las fuentes energéticas de origen vegetal. La fuente de energía solar se nos muestra como un recurso natural inagotable, la cual es hora es empezar a

aprovechar de manera más eficiente, máxime tratándose de la condición de país ecuatorial que Colombia posee.

8.1.3 Actualmente la sociedad colombiana presenta gran demanda de energía en la industria comercial del país igualmente en el ámbito doméstico, por cuanto se ha producido un alto consumo de energía en la maquinaria industrial donde se transforman materias primas en mercancías o productos manufacturados. De tal manera que los sistemas de seguimiento solar fotovoltaico han devenido en una alternativa para suplir las necesidades energéticas derivadas de dichos índices de consumo. Es preciso que Colombia desarrolle, en consecuencia, industria y tecnología domésticas propias, frente a la producción futura de energía fotovoltaica, como fuente de energía alternativa y renovable.

8.1.4. La aplicación de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos tiene un gran futuro en tanto energía alternativa renovable. Además, con el avance de la tecnología se disminuirá el costo por el panel, así como su instalación dando así una mayor disponibilidad en las empresas como para hogares de los sectores de la sociedad también se ve a futuro que con ventanas fotovoltaicas y paneles solares en el techo, los coches eléctricos podrán ser autónomos, incluso con la eficiencia actual de las celdas orgánicas que son alimentada mediante fotones.

## **9. RESULTADOS OBTENIEDOS DEL SESSB**

9.1. El Sistema Electroneumatico de Seguimiento Solar Biaxial se espera que brinde alternativas de solución viables, económicas y renovables para las diversas comunidades colombianas; con la opción de aprovechar de la mejor manera posible el recurso natural inagotable que es el sol, el cual, hasta el momento presente en Colombia, hemos aprovechado muy tímidamente.

9.1.1 El SESSB se espera, así mismo, que más allá de ser solamente un proyecto de grado, llame la atención de la industria energética del país, tanto privada como oficial, para ser implementado y divulgado entre las diversas capas de la población; como una forma de dar respuesta barata, fácil y renovable a las necesidades energéticas y de electrificación tanto domesticas como de la pequeña y mediana industria.

9.1.2. El SESSB habrá de ser optimizado tanto en su concepción y estructuración, como en su diseño operativo; siempre con miras a su mejoramiento y a la adaptabilidad creciente al cumulo de necesidades energéticas tanto domésticas como de la industria colombiana.

## **10. RECOMENDACIONES**

10.1. En países como Colombia no es necesaria la instalación de dos sistemas de seguimiento independiente, debido a su cercanía con la línea del Ecuador, para disminuir costos se puede realizar la instalación del SESSB solamente en el movimiento principal. Al realizar instalaciones en áreas donde el terreno no es

uniforme, es recomendable dar nivel al suelo donde se va a realizar la instalación. En ciudades donde la corrosión del ambiente o la salinidad ambiental es alta, se recomienda recubrir la estructura con pintura anticorrosiva.

10.1.2 Se recomienda considerar los costos de implementación para los sistemas con movimiento, debido a que existen casos en los cuales la inversión no se ve reflejada en la ganancia de generación producida.

10.1.3. Para estudios semejantes al realizado en el presente trabajo de investigación se recomienda considerar los costos de implementación para los sistemas con movimiento, debido a que existen casos en los cuales la inversión no se ve reflejada en la ganancia de generación producida.

10.1.4. Viendo las características técnicas de cada una de las configuraciones cabe pensar que un sistema de mayor potencia instalada puede ser implementado siempre sin limitaciones dado que pueden instalarse en diferentes configuraciones y agrupando sistemas fotovoltaicos de una menor potencia instalada. Pero para todo proyecto eléctrico se deben tener en cuenta ciertos aspectos para realizar la conexión a red que pueden impedir su implementación como son, por ejemplo, el área disponible y el cumplimiento de ciertos parámetros que a se cumplen en un área específica.

## Bibliografía

- Aquae Fundación. (2022). *Ventajas y desventajas de la energía solar*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Ventajas y desventajas de la energía solar: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>
- Autosolar. (2022). *Autosolar*. (Autosolar, Editor, Autosolar, Productor, & Autosolar) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Autosolar: [https://autosolar.co/kits-solares?utm\\_source=Google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=busqueda-paneles-solares&utm\\_content=paneles-solares-colombia&gclid=Cj0KCQjwxb2XBhDBARIsAOjDZ37sheCBQ8DW6j7-1OPiHISjnPgMEETmnyKLBPR0sygtBtrBuYeNVu8aAmA\\_EALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://autosolar.co/kits-solares?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=busqueda-paneles-solares&utm_content=paneles-solares-colombia&gclid=Cj0KCQjwxb2XBhDBARIsAOjDZ37sheCBQ8DW6j7-1OPiHISjnPgMEETmnyKLBPR0sygtBtrBuYeNVu8aAmA_EALw_wcB&gclsrc=aw.ds)
- Balaguer Zueco, S. (9 de noviembre de 2016). *Universitat Jaume I*. (U. J. I, Editor, & U. J. I, Productor) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Universitat Jaume I: [file:///D:/Desktop/CAMILO%20HERN%C3%81NDEZ/TFG\\_2016\\_BalaguerZueco Sergio.pdf](file:///D:/Desktop/CAMILO%20HERN%C3%81NDEZ/TFG_2016_BalaguerZuecoSergio.pdf)
- Beltran Soto, J. M. (2017). Metodología de diseño para instalaciones solares residenciales en la ciudad de Medellín. En J. M. Beltran Soto, & U. N.–s. Medellín (Ed.), *Metodología de diseño para instalaciones solares residenciales en la ciudad de Medellín*. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60336/1037605169.2017.pdf?sequence=1&%20isAllowed=y>
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (26 de diciembre de 2008). *CÓDIGO DE ÉTICA DE LOS TÉCNICOS ELECTRICISTAS*. (CONTEC, Editor, CONTEC, Productor, & CONTEC) Recuperado el 1° de octubre de 2022, de MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA: <https://vlex.com.co/vid/codigo-etica-tecnicos-electricistas-60054308>

CPS. (2019). *La energía solar fotovoltaica romperá récord en 2019*. (CPS, Productor, & CPS) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de La energía solar fotovoltaica romperá récord en 2019: <https://chintpowerlatinoamerica.com/>

De Ambrosio, M. (2018 de octubre de 2018). *El daño escondido de las hidroeléctricas*. (SciDevNet, Editor, SciDevNet, Productor, & SciDevNet) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de El daño escondido de las hidroeléctricas: [https://www.scidev.net/america-latina/news/el-dano-escondido-de-las-hidroelectricas/?https://www.scidev.net/america-latina/&gclid=Cj0KCQjwxb2XBhDBARIsAOjDZ356Le7AXI3u3IM0g8FXbbB1TnU-Zaf3ItWyOGFX6MgXe7X0H-gr8IgaAv1xEALw\\_wcB](https://www.scidev.net/america-latina/news/el-dano-escondido-de-las-hidroelectricas/?https://www.scidev.net/america-latina/&gclid=Cj0KCQjwxb2XBhDBARIsAOjDZ356Le7AXI3u3IM0g8FXbbB1TnU-Zaf3ItWyOGFX6MgXe7X0H-gr8IgaAv1xEALw_wcB)

Deutschmann, A. D., Michels, W. J., & Wilson, C. E. (1975). *Diseño de máquinas, teoría y práctica*. (M. P. Co., Ed., & J. A. Cárdenas, Trad.) Monterrey, Nuevo León, México: Macmillan Publishing Co. Recuperado el 29 de agosto de 2022

ENERCER Tu fuente de energía solar. (2015). *ENERCER*. (ENERCER, Editor, & ENERCER, Productor) Recuperado el 6 de agosto de 2022, de ENERCER: <https://feriaexposolar.com/wp-content/uploads/2019/09/exposicion.pdf>

Energía solar de Colombia. (2022). *Energía solar de Colombia*. (E. s. Colombia, Editor) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Energía solar de Colombia: <https://energiasolardecolombia.com/#:~:text=Colombia%20cuenta%20con%20una%20posici%C3%B3n,mayor%20abastecimiento%20a%20nivel%20global.>

Energy Green Power. (14 de diciembre de 2014). *Energy Green Power*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Energia solar, la innovación de EGP: <https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articulos/2017/12/la-tecnologia-egp-que-persigue-al-sol>

ERCO ENERGÍA S.A.S. (2022). *ERCO ENERGÍA S.A.S*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de ERCO ENERGÍA S.A.S.: <https://www.ercoenergia.com.co/mecanismos-de-financiacion-para-energias-sostenibles-fotovoltaicas/>

Farfán Ardila, P. R. (2015). *Determinación teórica de la banda prohibida Band gap del Bi(OH)CrO4 estructura mínima, celda unitaria y sistema periódico*. (U. d. UDCA, Ed.) Bogotá, Distrito Capital, Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA. Recuperado el 29 de agosto de 2022, de

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/410/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FISE. (2 de mayo de 2019). *Colombia y su gran potencial para la energía solar*. (FISE, Editor, FISE, Productor, & FISE) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Colombia y su gran potencial para la energía solar: <https://fise.co/noticias/colombia-y-su-gran-potencial-para-la-energia-solar/>

Future Energy. (2022). Eficiencia, proyectos y actualidad energética. *Future Energy*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://futureenergyweb.es/la-transformacion-digital-de-la-energia-aumenta-la-competitividad-delas-plantas-fotovoltaicas/>

Gobierno del Estado de Oaxaca. (2022). *Energía solar*. (T. Educativa, Ed.) Oaxaca, Oaxaca, México: Televisión Educativa. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/energia-solar/>

Grupo de investigación Catalina Herrera Ondas. (2018). *APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUENTE DE ENERGÍA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CATALINA HERRERA*. (A. D. HERRERA, Editor, U. T. Bolívar, Productor, & Universidad Tecnológica de Bolívar) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUENTE DE ENERGÍA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CATALINA HERRERA: <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/9387#:~:text=El%20programa%20existe%20con%20el,en%20ciencia%2C%20tecnolog%C3%ADa%20e%20innovaci%C3%B3n.>

GVA INGENIERÍA ELÉCTRICA, SOLAR Y DE COMUNICACIONES. (2022). *GVA INGENIERÍA ELÉCTRICA, SOLAR Y DE COMUNICACIONES*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de GVA INGENIERÍA ELÉCTRICA, SOLAR Y DE COMUNICACIONES: <https://gva.com.co/servicios/#solar>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación et alii*. (McGrawHill, Ed.) México, Distrito Federal, México: McGrawHill. Recuperado el 7 de agosto de 2022

HG ingeniería. (5 de diciembre de 2018). *¿Qué es un sistema de seguimiento solar?* Recuperado el 7 de agosto de 2022, de ¿Qué es un sistema de seguimiento solar?: <https://hgingenieria.com.co/que-es-un-sistema-de-seguimiento-solar/>

Hogar Sense. (2022). *Desarrollo tecnológico de la energía solar*. (H. Sense, Editor, H. Sense, Productor, & Hogar Sense) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Desarrollo tecnológico de la energía solar: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/historia-energia-solar#hogar>

INCENDIOS, P. S. (Ed.). (2022). *PHIROX SISTEMAS CONTRA INCENDIOS*. (P. S. INCENDIOS, Productor, & PHIROX SISTEMAS CONTRA INCENDIOS) Recuperado el 2022 de agosto de 2022, de PHIROX SISTEMAS CONTRA INCENDIOS: [https://phirox.es/pirox-pr-senal\\_tu-empresa-de-seguridad.html](https://phirox.es/pirox-pr-senal_tu-empresa-de-seguridad.html)

Jiménez Aljure, J. A. (2016). *DISEÑO DE UN SEGUIDOR SOLAR AUTOMÁTICO PARA UN ARREGLO BÁSICO DE PANELES FOTOVOLTAICOS*. (F. D. INGENIERÍAS, Ed.) Bogotá, Distrito Capital, Colombia: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <file:///D:/Desktop/CAMILO%20HERN%C3%81NDEZ/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SEGUIDOR%20SOLAR%20PARA%20UN%20ARREGLO.pdf>

López Castrillón, Y. U. (2019). *Energía solar fotovoltaica*. Fondo Editorial Alfaomega. Recuperado el 6 de agosto de 2022

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COL. (30 de junio de 2022). *MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COL*. (M. D. COL, Editor, & M. D. COL, Productor) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COL: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COL

Mora, A. (2018 de abril de 2018). *Los 8 errores más comunes al elegir sistemas solares fotovoltaicos*. (CELSIA, Editor, CELSIA, Productor, & CELSIA) Recuperado el 6 de agosto de 2022, de Los 8 errores más comunes al elegir sistemas solares fotovoltaicos: <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/#:~:text=En%20Colombia%20el%20inter%C3%A9s%20por,generar%20energ%C3%ADa%20usar%20paneles%20solares.>

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Vol. 1). (Pearson, Ed., & P. H. Inc, Trad.) México DF, México DF, México: Pearson. Recuperado el 22 de septiembre de 2022

OAERBUHO. (13 de mayo de 2021). *Biblioteca Académica de la Universidad de Holguín*. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de Observatorio Académico de Energías Renovables: <https://www.facebook.com/OAERBUHO/posts/16681818877796/>

Palik, E. D. (1985). *Handbook of Optical Constants o solids*. (W. D. Naval Research Laboratory, Ed.) Washington D.C., Washington D.C., Estados Unidos de América: Naval Research Laboratory, Washington, D.C. Recuperado el 4 de septiembre de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/book/9780080547213/handbook-of-optical-constants-of-solids>

PDF world slide. (s.f.). *PDF world slide*. (P. w. slide, Editor, P. w. slide, Productor, & PDF world slide) Recuperado el 18 de septiembre de 2022, de Propiedades Del Germanio y Del Silicio: <https://pdfslide.tips/documents/propiedades-del-germanio-y-del-silicio.html?page=1>

PETROGUÍA EL MUNDO DE LA ENERGÍA. (28 de julio de 2022). Gobierno de Duque instaló 165 paneles solares en la Casa de Nariño. *PETROGUÍA EL MUNDO DE LA ENERGÍA*. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <http://www.petroguia.com/pet/noticias/sustentabilidad-energ%C3%ADas-alternativas/gobierno-de-duque-instal%C3%B3-165-paneles-solares-en-la>

Plazas Vega, A. (1993). *Presidentes de Colombia*. Bogotá, Distrito Capital, Colombia: Panamericana. Recuperado el 6 de agosto de 2022

Rodríguez Mucia, H. (30 de diciembre de 2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>

Rodríguez, H. (1986). *ResearchGate*. (I. C. ICEL, Editor, I. C. ICEL, Productor, & INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGÍA ELÉCTRICA - ICEL) Recuperado el 1° de octubre de 2022, de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-solar-de-28-kWp-instalado-por-el-antiguo-ICEL-Instituto-Colombiano-de\\_fig4\\_242612665](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-solar-de-28-kWp-instalado-por-el-antiguo-ICEL-Instituto-Colombiano-de_fig4_242612665)

Sagan, C. (1980). *Cosmos (serie de TV)*. (D. F. Malone, Editor, & D. F. Malone, Productor) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de Cosmos (serie de TV): [https://www.filmaffinity.com/co/film601451.html#:~:text=Contacto-,Cosmos%20\(Serie%20de%20TV\),-Ficha%C2%A0](https://www.filmaffinity.com/co/film601451.html#:~:text=Contacto-,Cosmos%20(Serie%20de%20TV),-Ficha%C2%A0)

Sánchez, J. (14 de septiembre de 2020). Cuál es la importancia de la luz solar para los seres vivos. *Ecología verde*. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.ecologiaverde.com/cual-es-la-importancia-de-la-luz-solar-para-los-seres-vivos-1394.html>

shop, a. (Ed.). (2019). *Cómo funciona una célula fotovoltaica*. (a. shop, Productor, & atersa shop) Recuperado el 6 de agosto de 2022, de *Cómo funciona una célula fotovoltaica*: <https://atersa.shop/como-funciona-una-celula-fotovoltaica/>

SOTYSOLAR. (10 de septiembre de 2020). *Seguidores solares: todo lo que necesitas saber*. (SOTYSOLAR, Editor, SOTYSOLAR, Productor, & SOTYSOLAR) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de *Seguidores solares: todo lo que necesitas saber*: <https://sotysolar.es/placas-solares/seguidores-solares#:~:text=Hay%20dos%20tipos%20de%20sistemas,hasta%20la%20puesta%20de%20sol.>

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. (5 de mayo de 2022). *Capacidad instalada de energía solar en algunos países y territorios de América Latina y el Caribe en 2021*. (S. R. DEPARTMENT, Editor, S. R. DEPARTMENT, Productor, & STATISTA RESEARCH DEPARTMENT) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de *Capacidad instalada de energía solar en algunos países y territorios de América Latina y el Caribe en 2021*: <https://es.statista.com/estadisticas/1238163/capacidad-instalada-energia-solar-america-latina-caribe/#:~:text=En%202021%2C%20en%20la%20regi%C3%B3n,la%20regi%C3%B3n%20con%207.040%20megavatios.>

Universidad de Murcia (España). (2022). *Energía solar fotovoltaica*. (C. s. saludable, Editor, C. s. saludable, Productor, & Campo sostenible saludable) Recuperado el 7 de agosto de 2022, de *Energía solar fotovoltaica*: <https://www.um.es/web/campusostenible/ambiental/energia/energias-renovables/energia-solar-fotovoltaica>

Valero, A. (2020). *La energía solar es la madre*. (U. d. Zaragoza, Ed.) Zaragoza, Aragón, España: Instituto Circe. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.rqueerre.com/blog/la-energia-solar-es-la-madre-por-antonio-valero/>

wiki, R. (Ed.). (2021). *Análisis DAFO*. (R. wiki, Productor, & RYTE wiki) Recuperado el 24 de septiembre de 2022, de *Análisis DAFO*: [https://es.ryte.com/wiki/An%C3%A1lisis\\_DAFO](https://es.ryte.com/wiki/An%C3%A1lisis_DAFO)

## GLOSARIO

Celda solar	Sistema generalmente hecho a base de silicio o magnesio que permite transformar la radiación solar directa en flujo eléctrico.
Circuito de entrada del inversor	Uno de los dos extremos de alimentación del circuito eléctrico, en energía alterna, que sirven para conectar la fuente fotovoltaica con la batería solar de almacenamiento. Para el caso concreto del cofre eléctrico, hace referencia a los relevos de 24 voltios AC que alimentan las dos bobinas de la válvula 5/2 biestable y a su vez hace que el reloj temporizador active sus contactos abiertos y cerrados para el funcionamiento de horas, minutos y segundos del pistón de doble efecto.
Circuito de fuente fotovoltaica	Tipo de cable que sirve de interconexión entre los módulos de punto de conexión para facilitar el transporte del flujo eléctrico alterno.
Circuito de salida del inversor	Uno de los dos extremos de alimentación del circuito eléctrico, en energía alterna, que sirven para conectar la fuente fotovoltaica con la batería solar de almacenamiento. Su funcionalidad es recibir una alimentación de 110 voltios, la cual en el transformador de 24 voltios AC,0, 24 voltios AC, dual. Ahí la acometida eléctrica es convertida o transformada de 110 a 24 voltios. Dicha acometida eléctrica ingresa al transformado por el primario y sale posteriormente por el secundario, convertida de 0 a 24 voltios AC.
Conjunto	Es un todo conformado por la base del soporte, los controladores térmicos, el sistema de orientación y demás componentes que integran la unidad de generación de corriente continua.

Fuente de energía fotovoltaica	Conjunto integrado de diversos componentes solidarios entre sí los cuales actúan en pro de la producción de energía en corriente continua y corriente del sistema.
Panel	Conjunto de celdas fotovoltaicas unidas entre sí en un todo mayor fijado a una base; todo lo cual redunda en la producción de energía eléctrica a partir de la exposición a la radiación solar.
Módulo	Mínima unidad diferenciable, utilizable y disponible de celdas fotovoltaicas compactadas de tal manera que sea fácil su utilización desplazamiento, ubicación y reubicación.

(CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2008)

## ANEXOS

### 1. PLANOS DE LOS COMPONENTES DEL SESSB

A continuación, se insertan los planos técnicos de los componentes del SESSB. Para cada uno de ellos se aportarán las respectivas medidas con sus vistas correspondientes.

#### 1.1.MESA

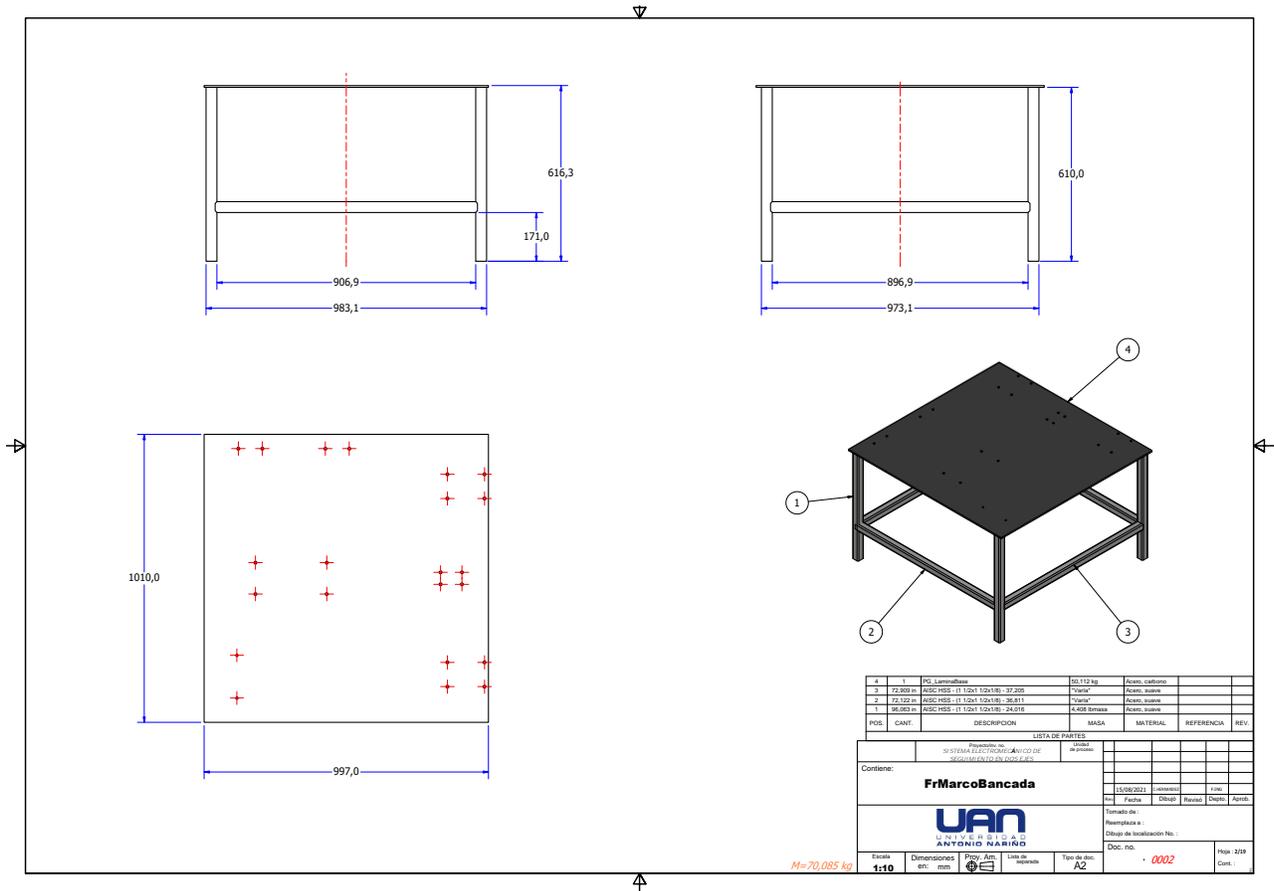
*Mesa cuadrangular de 60 centímetros de altura, con 1 metro cuadrado por un metro cuadrado de base.*

**Descripción básica:** Con 4 patas de tubo cuadrado, sostenidos entre sí por 4 travesaños

hechos igualmente de tubo cuadrado; lo cual le da estabilidad y firmeza (sin desniveles).

Sobre dicha mesa van anclados los soportes de cada uno de los componentes del SESSB.

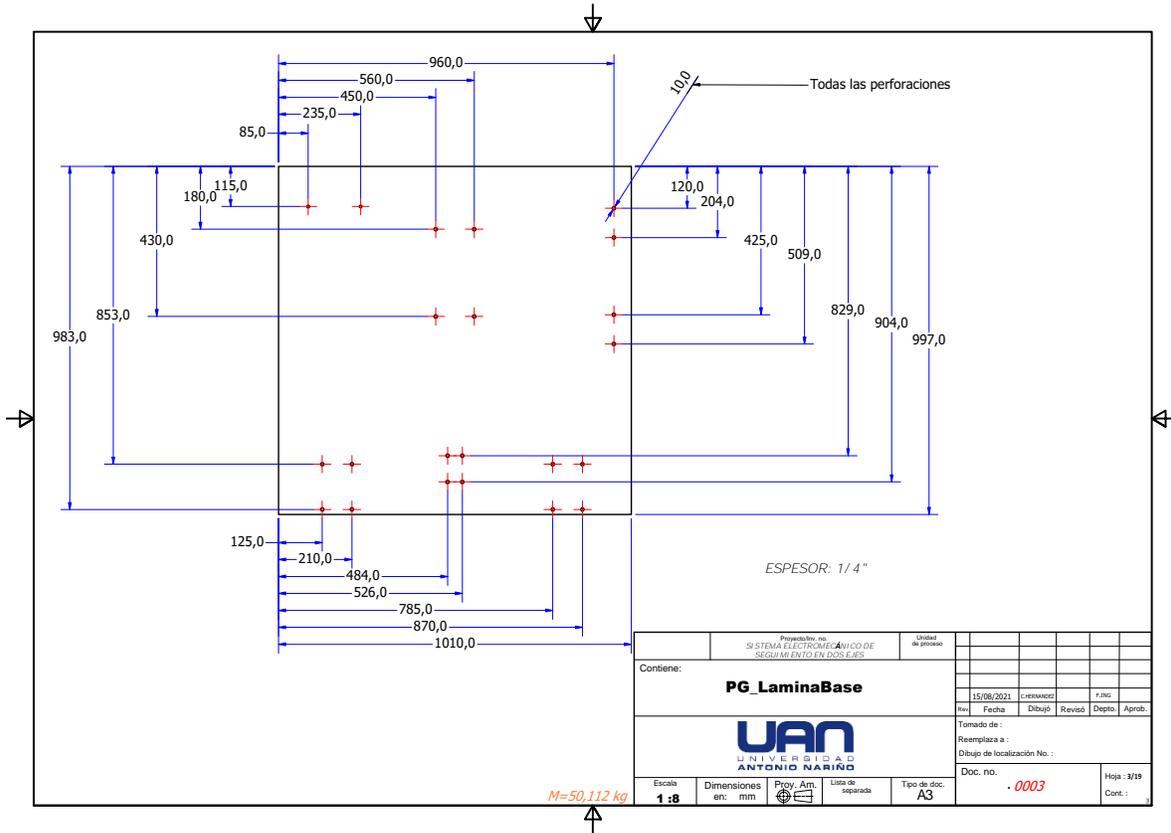
Figura 12. Rotulación marco bancada



Fuente: Construcción propia

## 1.2.LÁMINA BASE

Figura 13. Lámina base.



Hace las veces de soporte cuadrangular de la mesa, con sus respectivas perforaciones de anclaje, en los lugares necesarios. Con miras a facilitar el ensamblaje de cada uno de los componentes del SESSB.

**Descripción básica:** Lámina en acero de 1045, con pintura electroestática de color negro oscuro. Con un espesor de 1/4 de pulgada. Las puntas angulares están redondeadas para facilitar la manipulación y evitar accidentes.

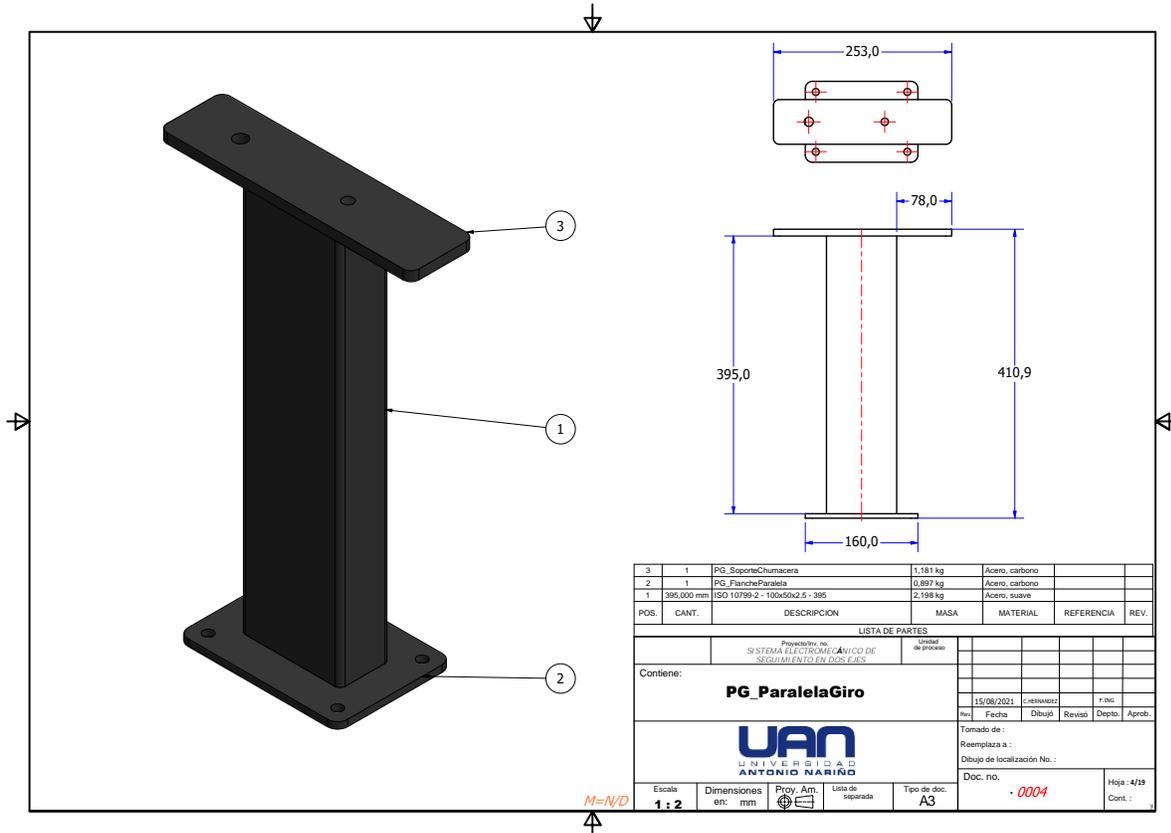
Fuente: Construcción propia

### 1.3. PARALELA GIRO DEL EJE

Es un soporte acerado hecho de tubo rectangular, anclado a la base de la mesa con perforación de 3/8.

**Descripción básica:** Tiene 40 centímetros de altura, por 10 centímetros de ancho. Pintado con esmalte negro electroestático. Va soldado a una pletina superior hecha del mismo metal y acero, de 6 centímetros de ancho por 25 centímetros de largo. E igualmente a una pletina inferior, hecha también del mismo acero y metal, la cual consta de 11 centímetros de ancho por 16 centímetros de largo. Para la soldadura, en ambas pletinas, se empleó cordón espiralado en soldadura 6011.

Figura 14. Paralela Giro del Eje

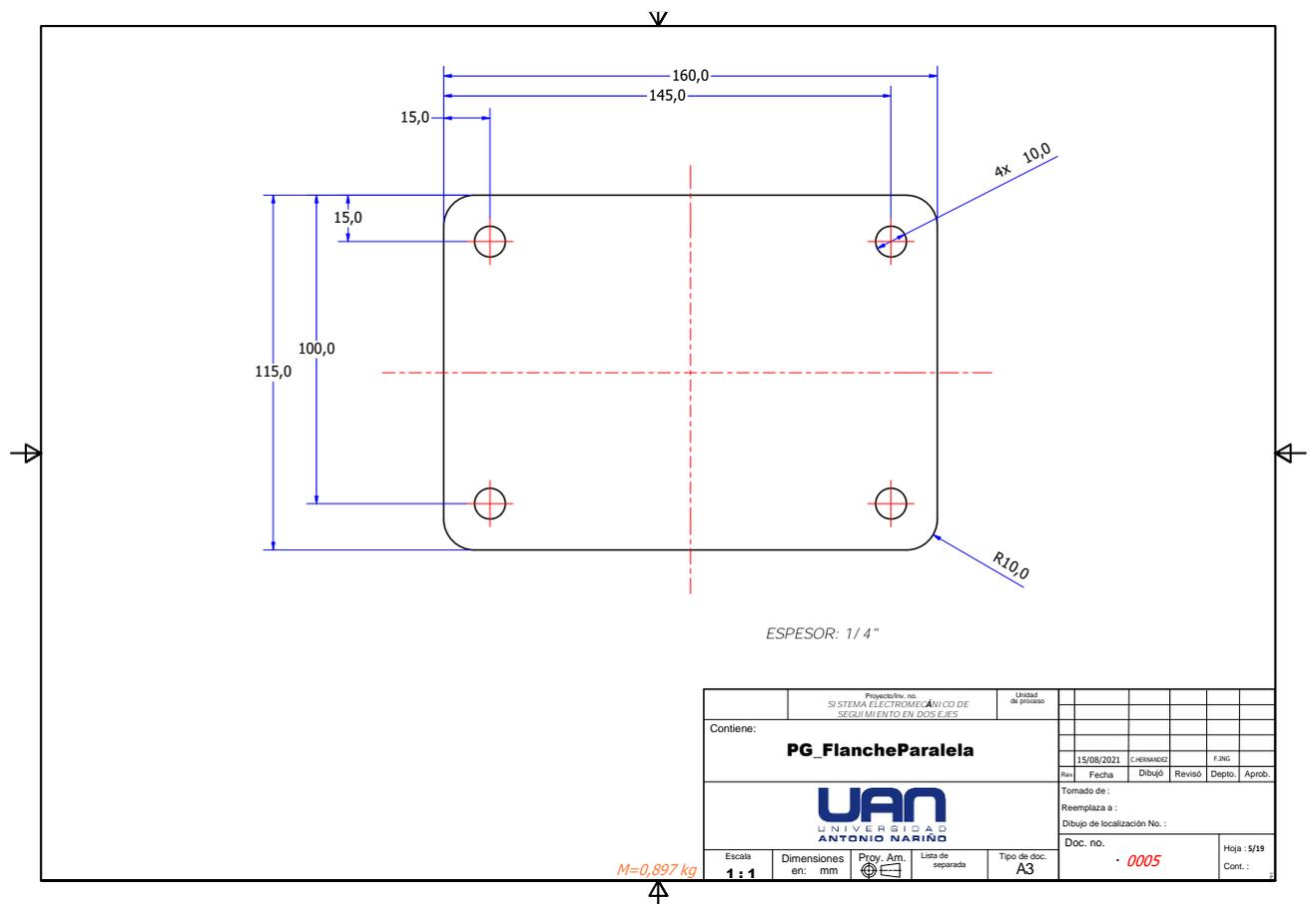


### 1.4. FLANCHE PARALELA

Este ítem hace referencia a los 4 orificios pasantes para los tornillos de anclaje, en la pletina inferior.

**Descripción básica:** Cada uno de los 4 orificios pasantes se halla perforado a 1,5 centímetros con relación al borde de la pletina. Se emplean para facilitar el anclaje de la paralela de giro con la base de la mesa básica.

Figura 15. Flanche paralela



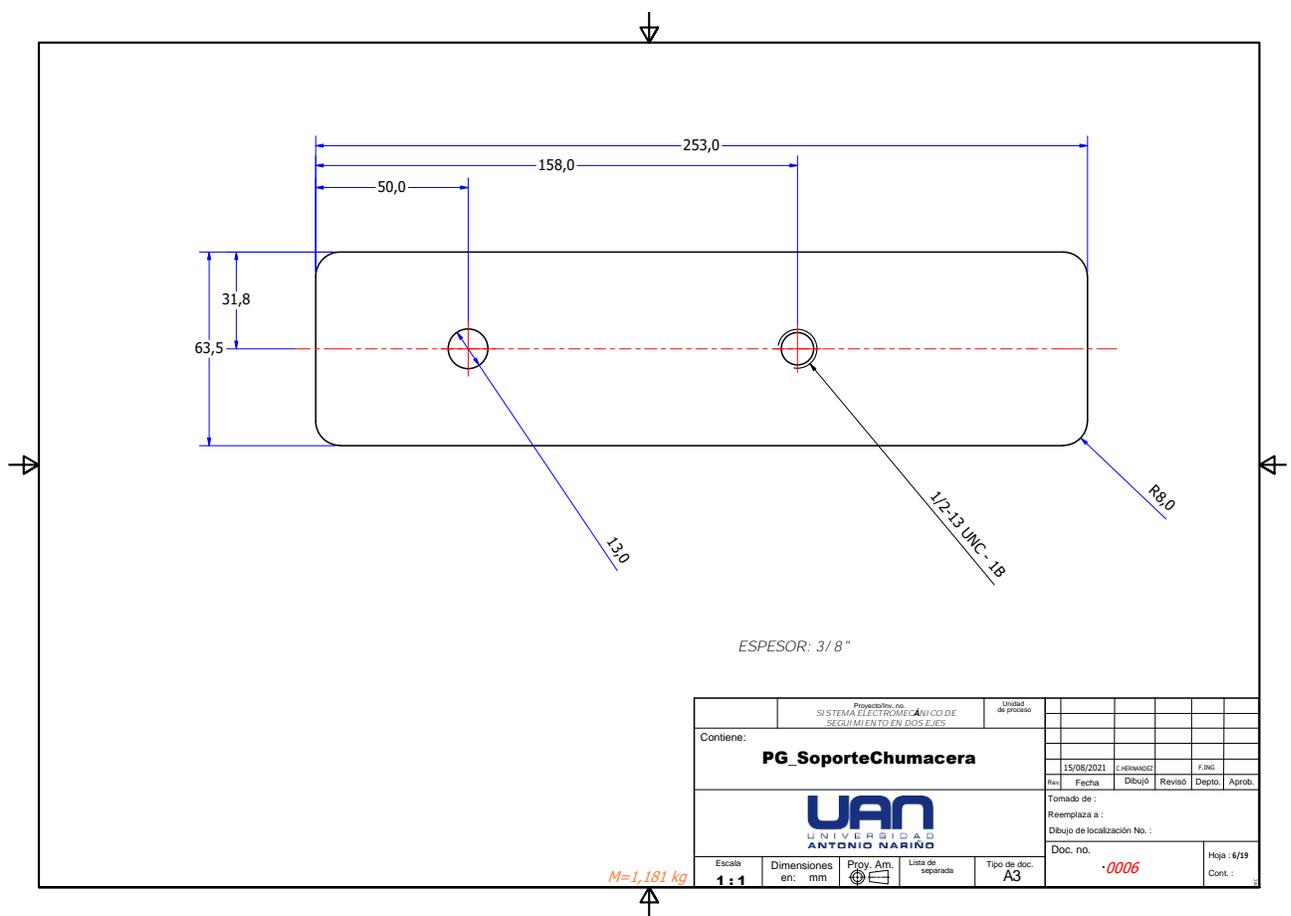
Fuente: Construcción propia

### 1.5. SOPORTE CHUMACERA O SOPORTE GIRATORIO

Pletina rectangular superior con bordes redondeados, hecha del mismo metal y acero de las piezas análogas anteriormente descritas.

**Descripción básica:** 6 centímetros de ancho por 25 de largo.

Figura 16. Soporte chumacera



Fuente: Construcción propia

### 1.6. SOPORTE DE APOYO

Hecho de tubo de acero cuadrado, con las mismas especificaciones de metal y pintura.

**Descripción básica:** Va soldado a la base por medio de una pletina cuadrangular de 5 centímetros de altura por 1/8 de pulgada de espesor. Dicho soporte mide, hasta la cremallera, 35 centímetros de altura. La pletina a su vez va anclada a la base de la mesa por medio de 4 tornillos pasantes con tuerca de 3/8 de pulgada, grado 8.

En la parte superior del tensor se halla una cuna tipo canaleta hecha de lámina de acero, la cual cubre el tornillo tensor acerado de 5/8 por 8 centímetros de longitud. Este dispositivo permite graduar dicho soporte.

Encima de la cuna se halla un rodillo que tiene 3,5 centímetros de holgura, cuya funcionalidad es mantener a la cremallera en sitio y evitar que se descarrile. Dicho rodillo cuenta con un diámetro de una pulgada.

*(Ver gráfica en la siguiente página)*

Figura 17. Plano soporte de apoyo

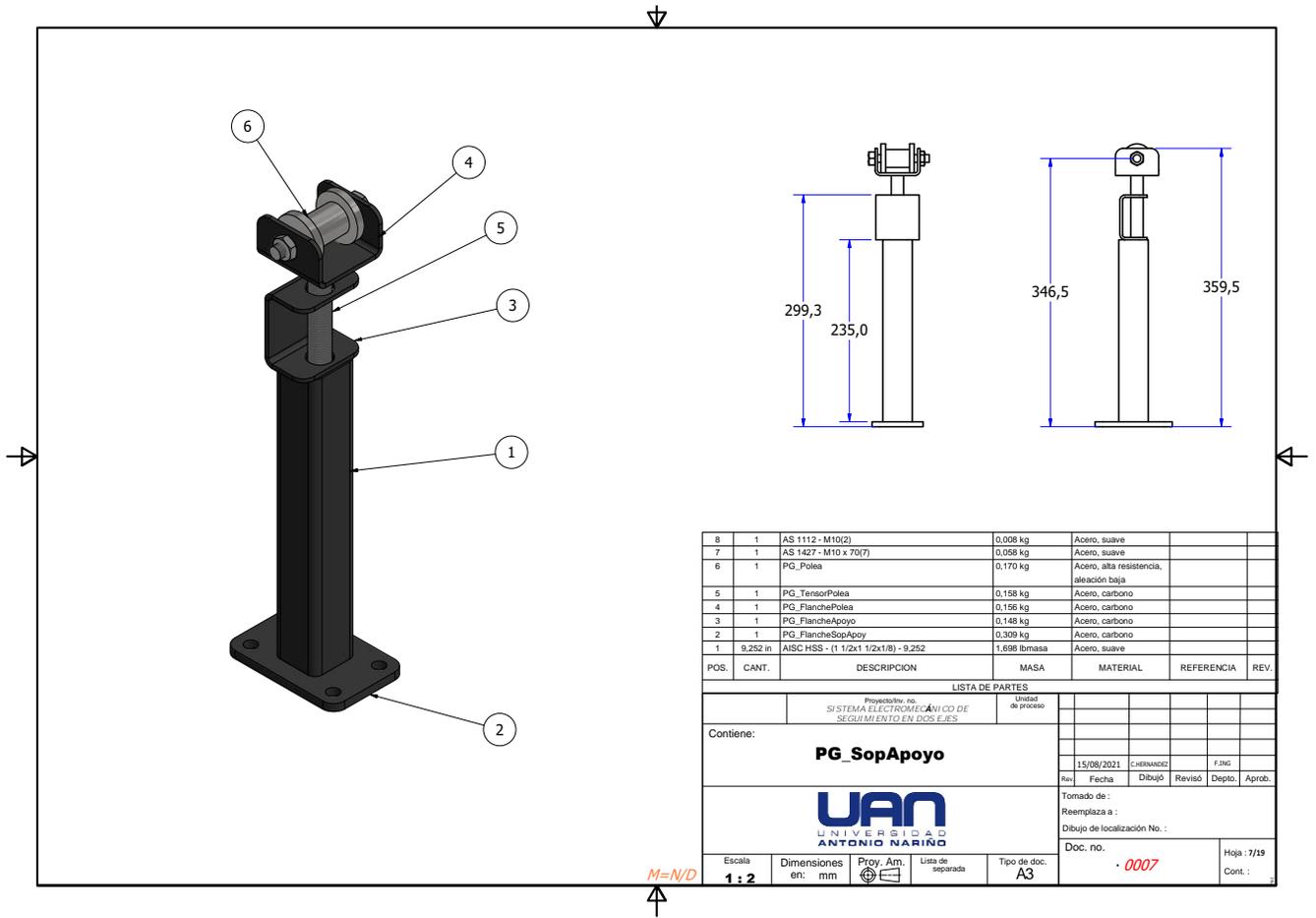
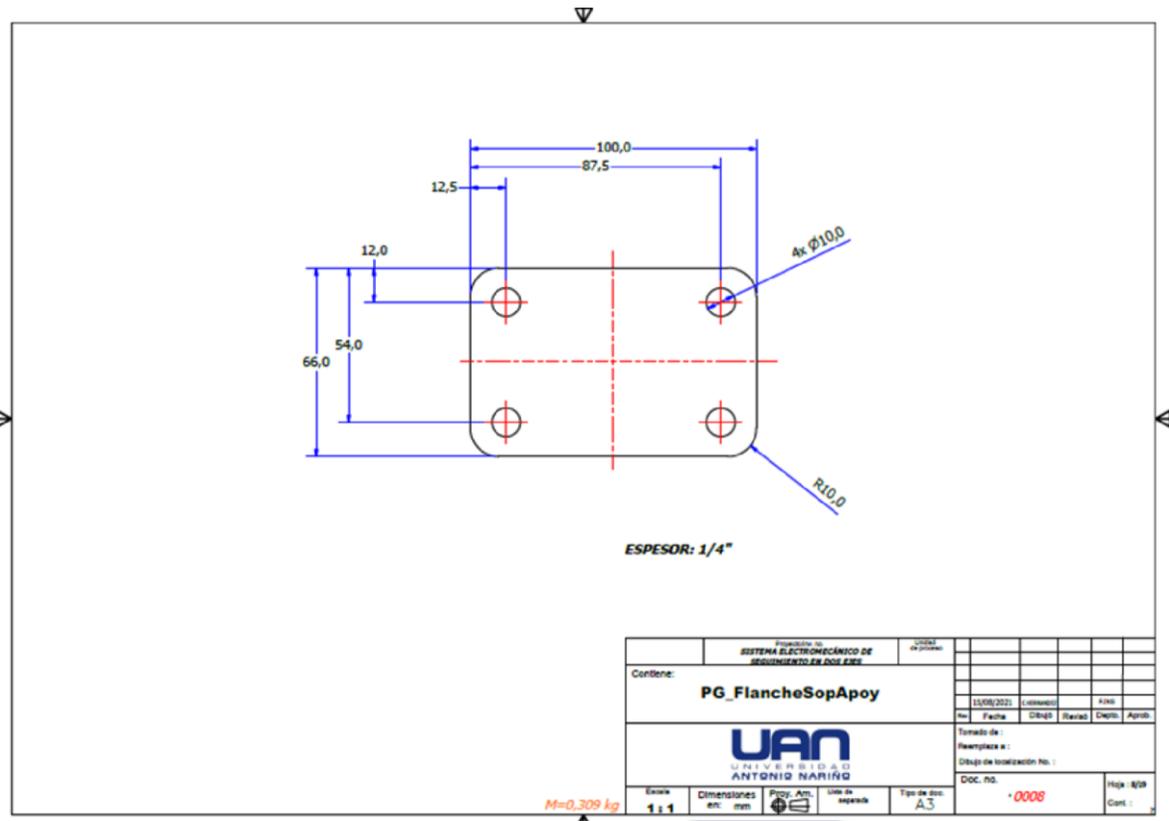




Figura 19. Flanche soporte de apoyo 2



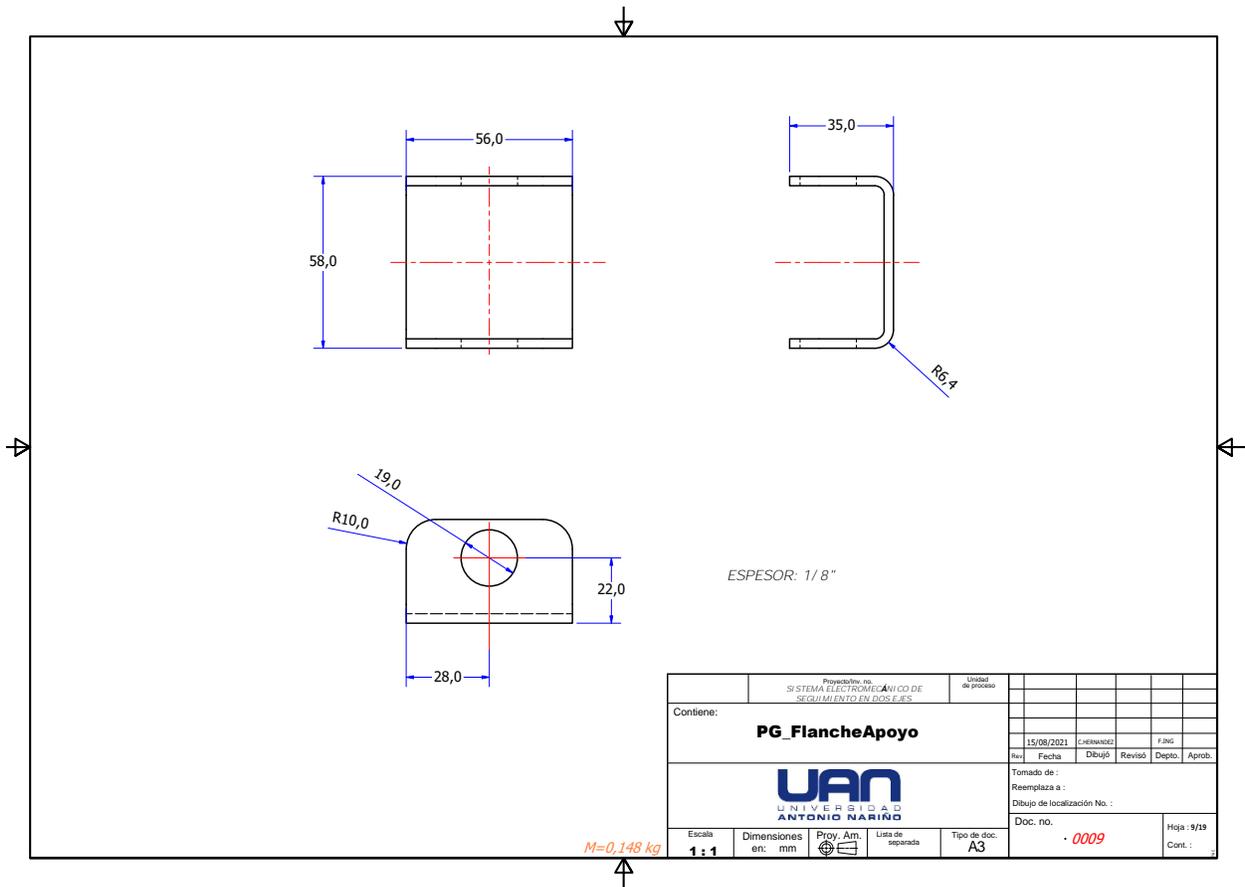
Fuente: Construcción propia

### 1.8. FLANCHE DE APOYO O CUNA TIPO CANALETA

Pieza metálica hecha de lámina de acero, en forma de cuna tipo canaleta. Mide 5,6 centímetros de ancho por 5,8 centímetros de alto. y 3,5 centímetros de largo. Con un espesor de 1/8 de pulgada.

**Descripción básica:** Su función básica es servir de cubierta del tensor y a su vez soportar el rodillo guía de la cremallera.

Figura 20. Flanche de apoyo o cuna tipo canaleta 1



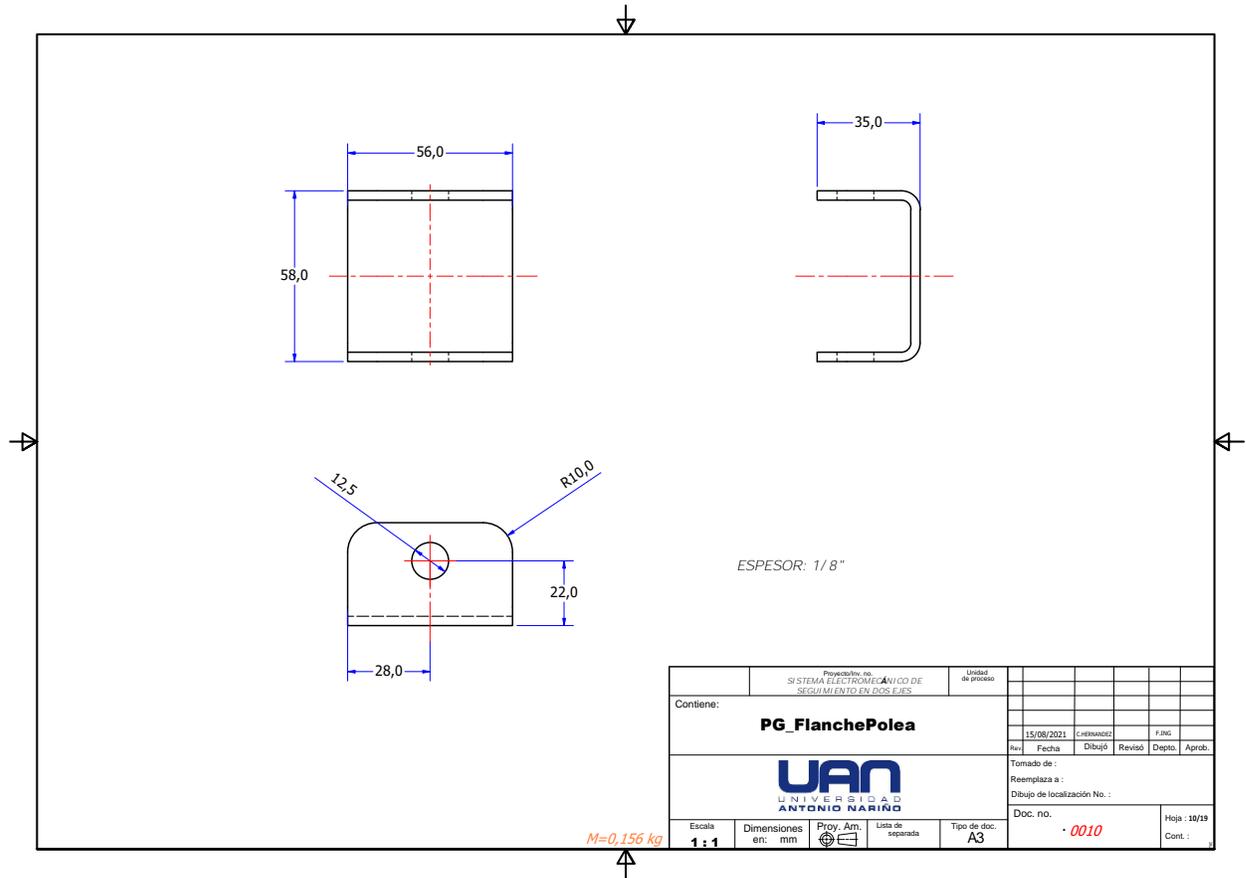
Fuente: Construcción propia

### 1.9. FLANCHE DE APOYO POLEA

Pieza metálica hecha de lámina de acero, en forma de cuna tipo canaleta. Mide 5,6 centímetros de ancho por 5,8 centímetros de alto. y 3,5 centímetros de largo. Con un espesor de 1/8 de pulgada.

**Descripción básica:** Su función básica es servir de base giratoria para el rodillo.

Figura 21. Flanche de apoyo o cuna tipo canaleta 2



Fuente: Construcción propia

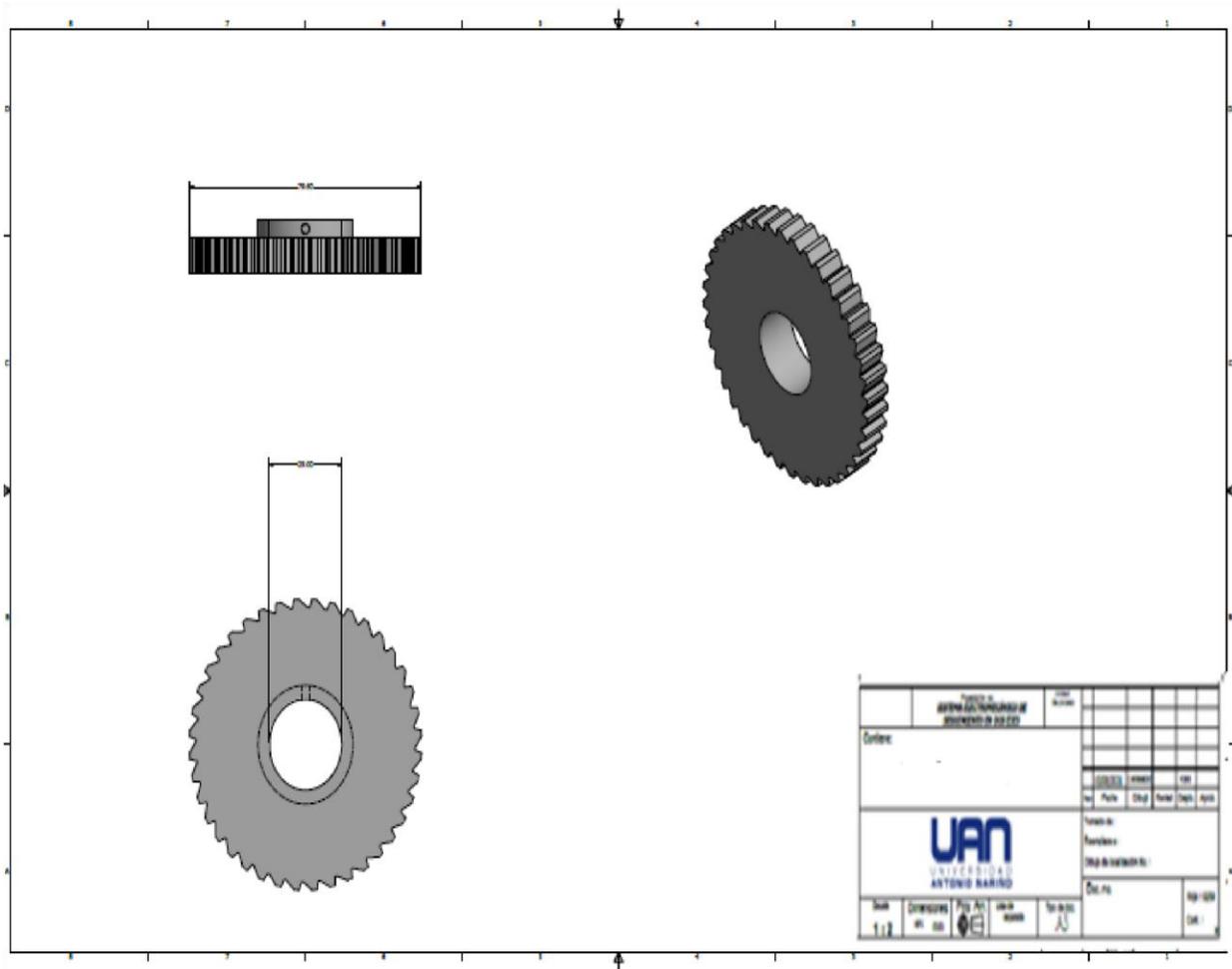
### 1.10. PIÑON

Pieza metálica acerada circular con un diámetro de una pulgada, por una pulgada de longitud. En cada extremo cuenta con dos guías de 1,5 pulgadas de espesor.

**Descripción básica:** Mantener en su sitio a la cremallera, la cual tiene un espesor de 25 centímetros.

(Ver gráfico siguiente página)

Figura 22. Piñon



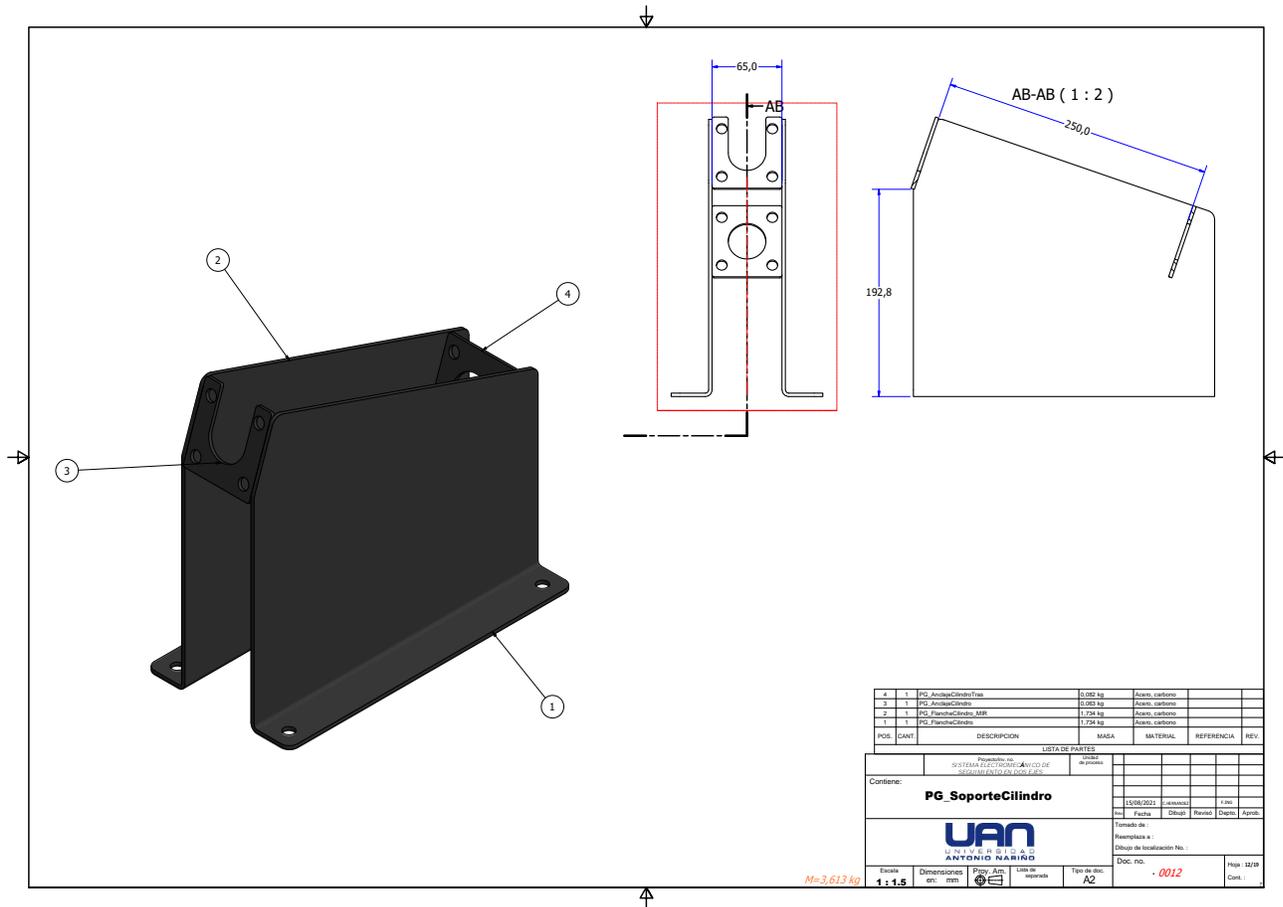
Fuente: Construcción propia

### 1.11. SOPORTE DEL CILINDRO O DEL PISTÓN

Pieza metálica trapezoidal hecha a base de lámina de acero de las mismas especificaciones anteriormente anotadas. Mide 4,5 centímetros de ancho, por 25 centímetros de largo. Y 19,28 centímetros de alto con respecto a la base de la mesa (ángulo inferior).

**Descripción básica:** Sirve de soporte físico del pistón neumático el cual a su vez es alimentado con el aire comprimido de la válvula 5/2 biestable.

Figura 23. Soporte cilindro o soporte del pistón



POS.	CANT.	DESCRIPCION	MASA	MATERIAL	REFERENCIA	REV.
4	1	PG_AnclajeCilindroTapa	0.082 kg	Acero, Carbono		
3	1	PG_AnclajeCilindro	0.053 kg	Acero, Carbono		
2	1	PG_FlancoCilindro_MM	1.234 kg	Acero, Carbono		
1	1	PG_FlancoCilindro	1.234 kg	Acero, Carbono		

LISTA DE PARTES		AUTOR		REVISOR	
Contiene:					
<b>PG_SoporteCilindro</b>					
15/06/2021	Leveza				
	Pacha	Dibuj	Revisi	Despi	Aprob
Formado de:					
Reemplaza a:					
Dibuj de localización No.:					
Doc. no. <b>0012</b>					
Hoja 12/19					
Cont.:					

Fuente: Construcción propia

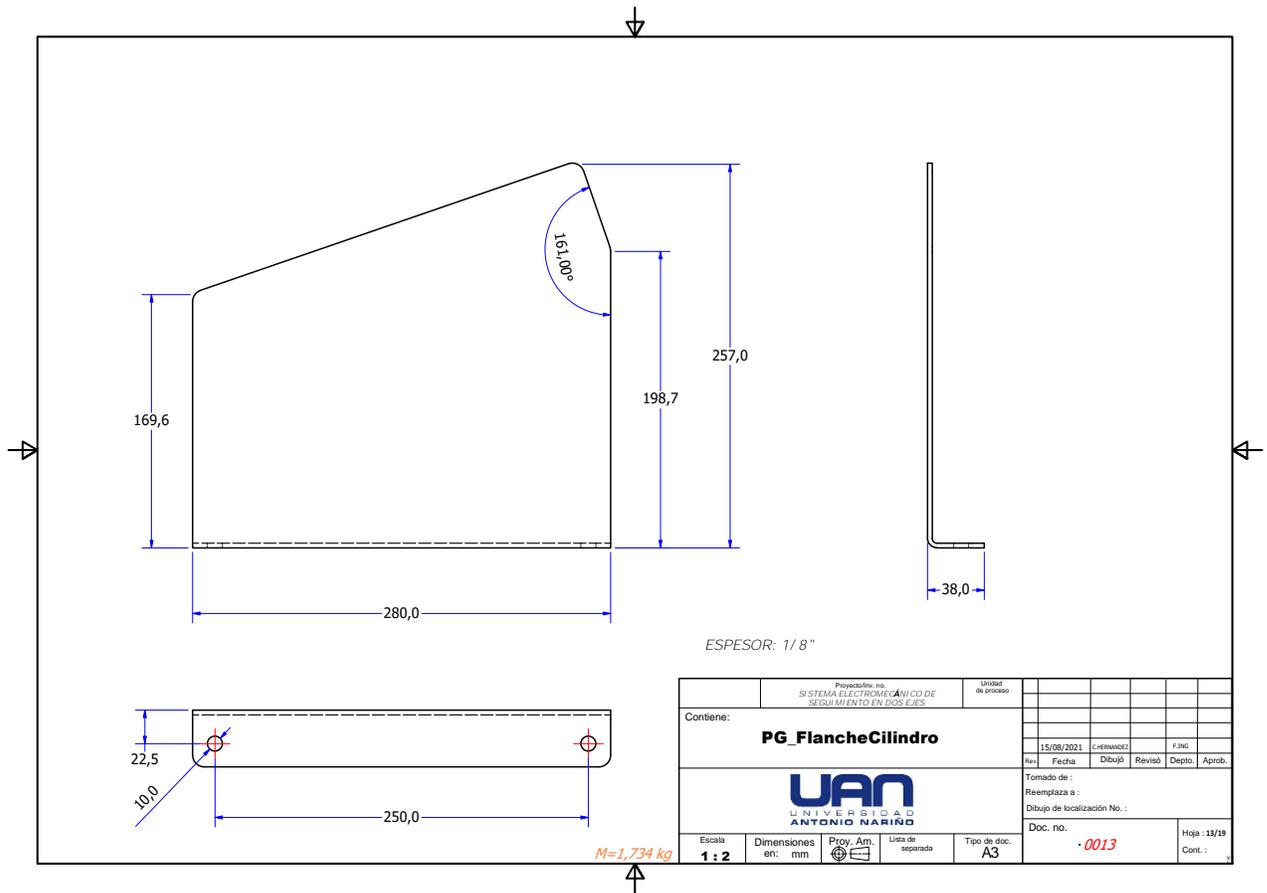
### 1.12. ANCLAJE DEL CILINDRO

Pieza metálica con forma de U hecha a base de lámina de acero de las mismas especificaciones anteriormente anotadas. Mide 6,5 centímetros de ancho, por 7 centímetros de alto. Espesor de 3/16 de pulgada.

**Descripción básica:** Es la guía del pistón que le da estabilidad y lo asegura para que no se salga.

(Ver gráfica siguiente página)

Figura 24. Anclaje cilindro



Fuente: Construcción propia

Figura 24: Rotulación anclaje cilindro.

Amplificación de los datos del cuadro de convenciones (rótulo)

### 1.13. ANCLAJE DEL CILINDRO TRASERO 1

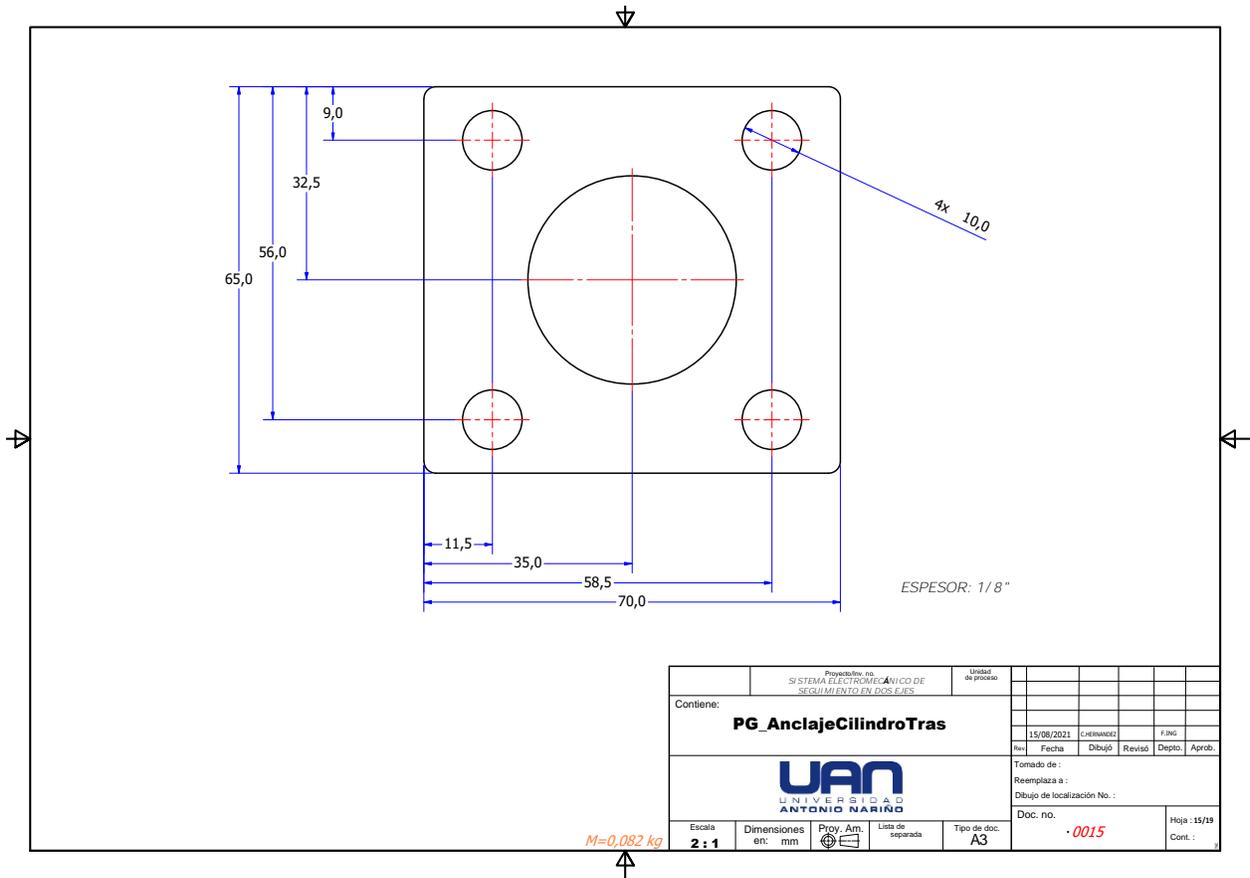
Pieza metálica con forma de cuadrado hecha a base de lámina de acero de las mismas especificaciones anteriormente anotadas. Mide 6,5 centímetros de ancho, por 7 centímetros de alto. Espesor de 3/16 de pulgada. Presenta 4 orificios pasantes para tornillo y tuerca, angulados. Y un orificio central de diámetro 3,25 centímetros, por el cual pasa y se sostiene el pistón. Cada uno de los orificios pequeños angulados mide 9 milímetros.

**Descripción básica:** Asegurar la camisa del pistón que le da estabilidad y lo asegura para que no se salga.

Fuente: Construcción propia

### 1.14. ANCLAJE CILINDRO TRASERO 2

Figura 25. Anclaje cilindro trasero



Fuente: Construcción propia

### 1.15. SOPORTE ELECTRO VÁLVULA

Paral metálico de 30,6 centímetros de alto por 3,14 centímetros de ancho.

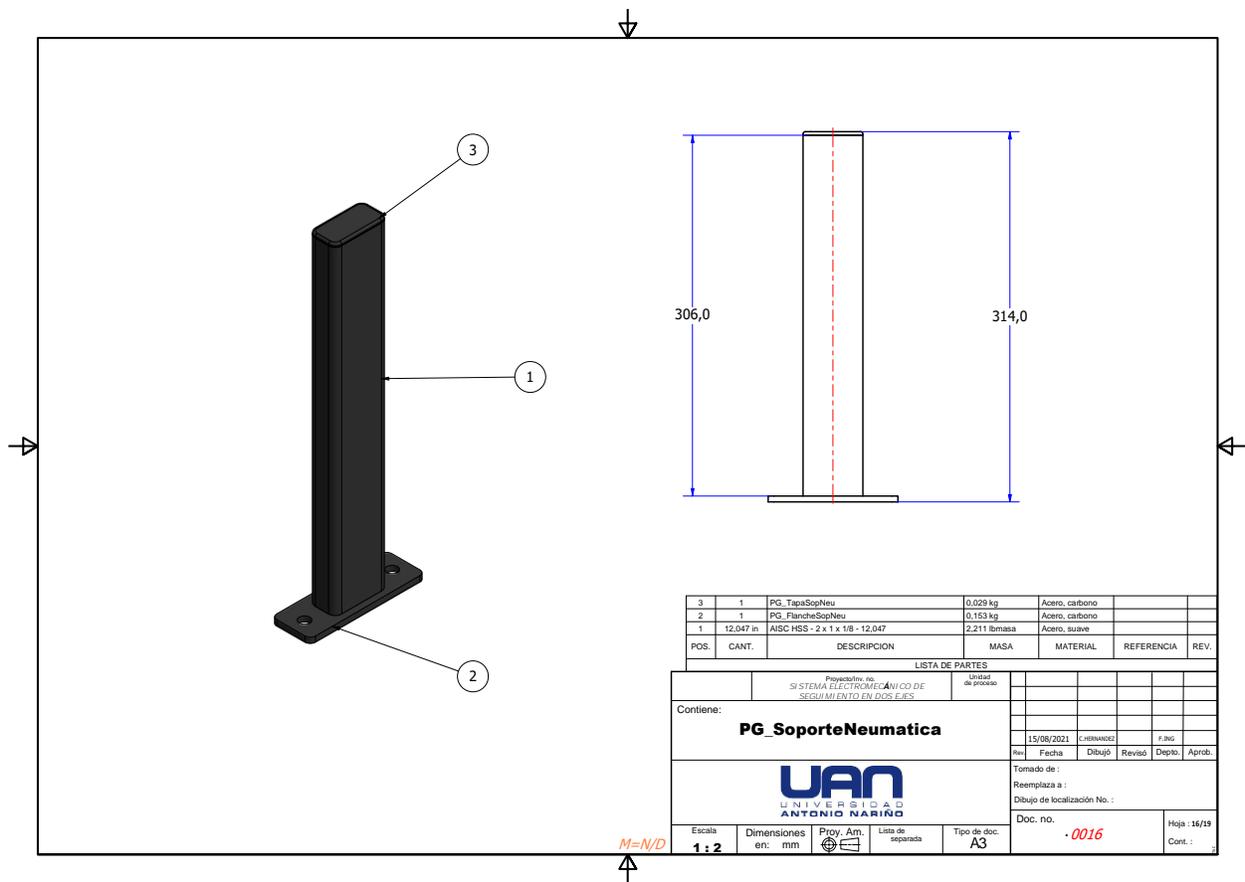
**Descripción básica:** Hecho a base de tubo acerado rectangular con las mismas especificaciones anteriormente mencionadas. La función básica es servir de soporte para el anclaje a la base de la mesa de la electroválvula. Y a la vez, para servir de anclaje de la válvula 5/2 biestable.

### 1.16. FLANCHE SOPORTE NEUMÁTICO

Pletina metálica de 9,7 centímetros de largo, por 3,7 centímetros de ancho y ¼ de pulgada de espesor.

**Descripción básica:** Se halla perforada en los 4 extremos de la pletina con orificios de 1,5 centímetros con relación al borde. Su función básica es de anclaje de la pletina con la mesa. A su vez la pletina va soldada al soporte de la electro válvula, mediante un cordón espiralado con soldadura 6011.

Figura 26. Flanche soporte neumático



Fuente: Construcción propia

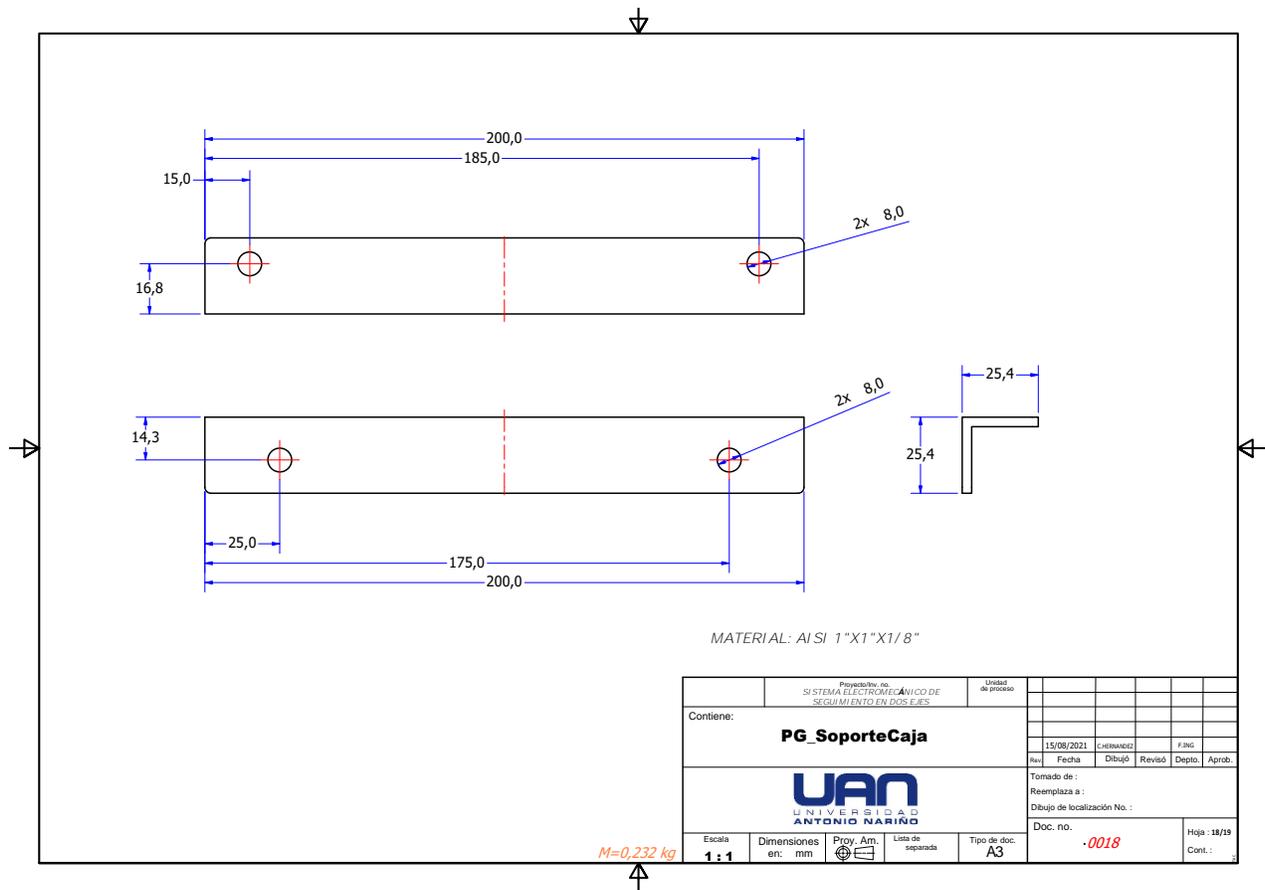
### 1.17. SOPORTE CAJA

Pletina metálica acerada en forma de ángulo, con 20 centímetros de longitud. Espesor de 1/4 de pulgada, del mismo material anteriormente especificado. Con dos perforaciones en los extremos, de 3/8 de pulgadas, que permiten el anclaje a la mesa.

**Descripción básica:** Anclar a la base de la mesa el cofre eléctrico del sistema.

(Ver gráfica siguiente página)

Figura 27. Soporte caja



Fuente: Construcción propia

Amplificación de los datos del cuadro de convenciones (rótulo)

### 1.1.BASE PANEL

Pieza metálica con una base superior en forma rectangular hecha a base de lámina de acero de las mismas especificaciones anteriormente anotadas. Esta mide 43,53 centímetros de ancho, por 70 centímetros de largo (base cuadrangular portapanel). Y los dos soportes laterales de dicha base cuadrangular, son igualmente metálicos de forma trapezoidal, así:

Lado superior: 30,1 centímetros de largo.

Lado oblicuo: 38 centímetros.

Lado vertical: 34 centímetros.

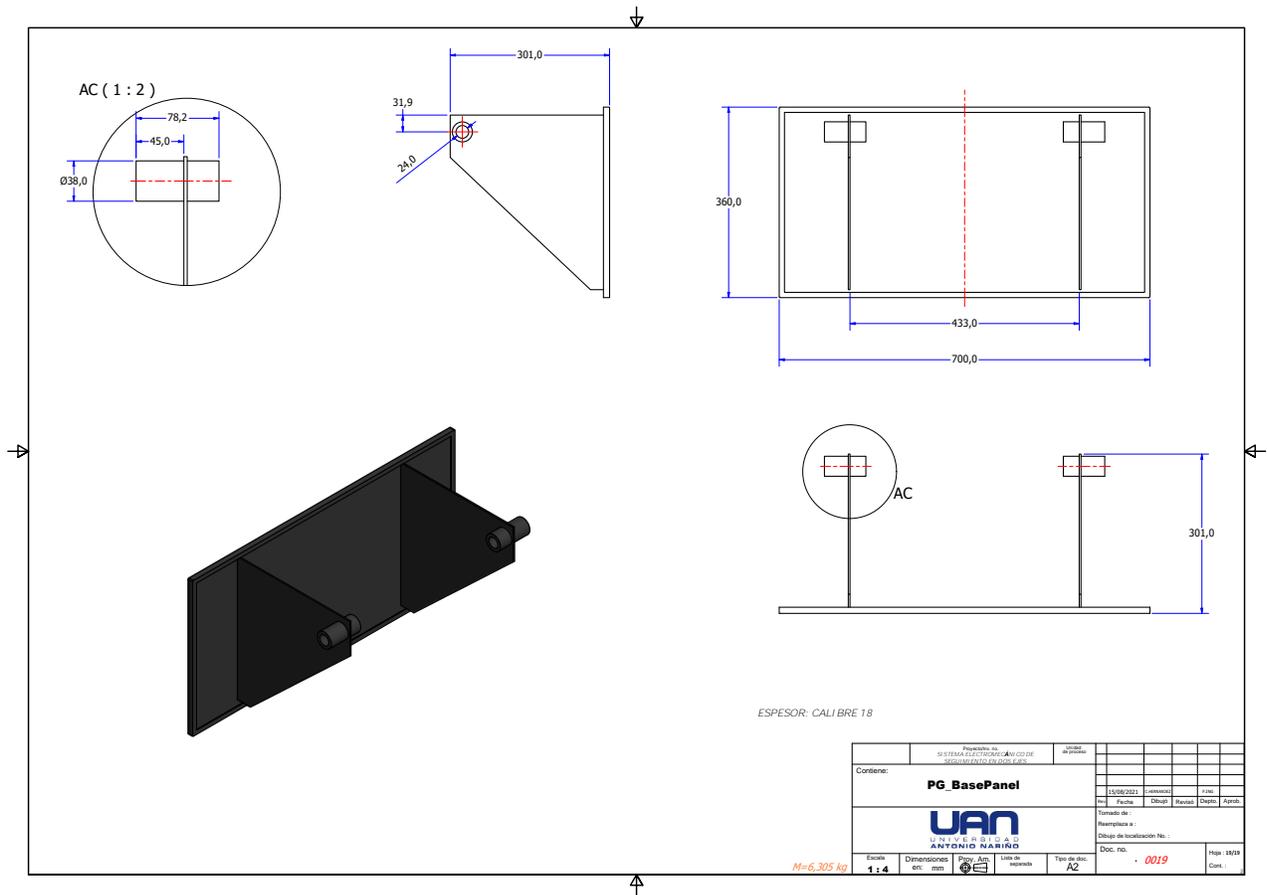
Lado menor 1: 70 milímetros.

Lado menor 2: 30 milímetros.

**Descripción básica:** Su funcionalidad es sostener la bandeja portapaneles. Va soldada a los bujes de longitud 8 centímetros, con diámetro de 25 milímetros.

*(Ver gráfica siguiente página)*

Figura 28. Base panel



Fuente: Construcción propia

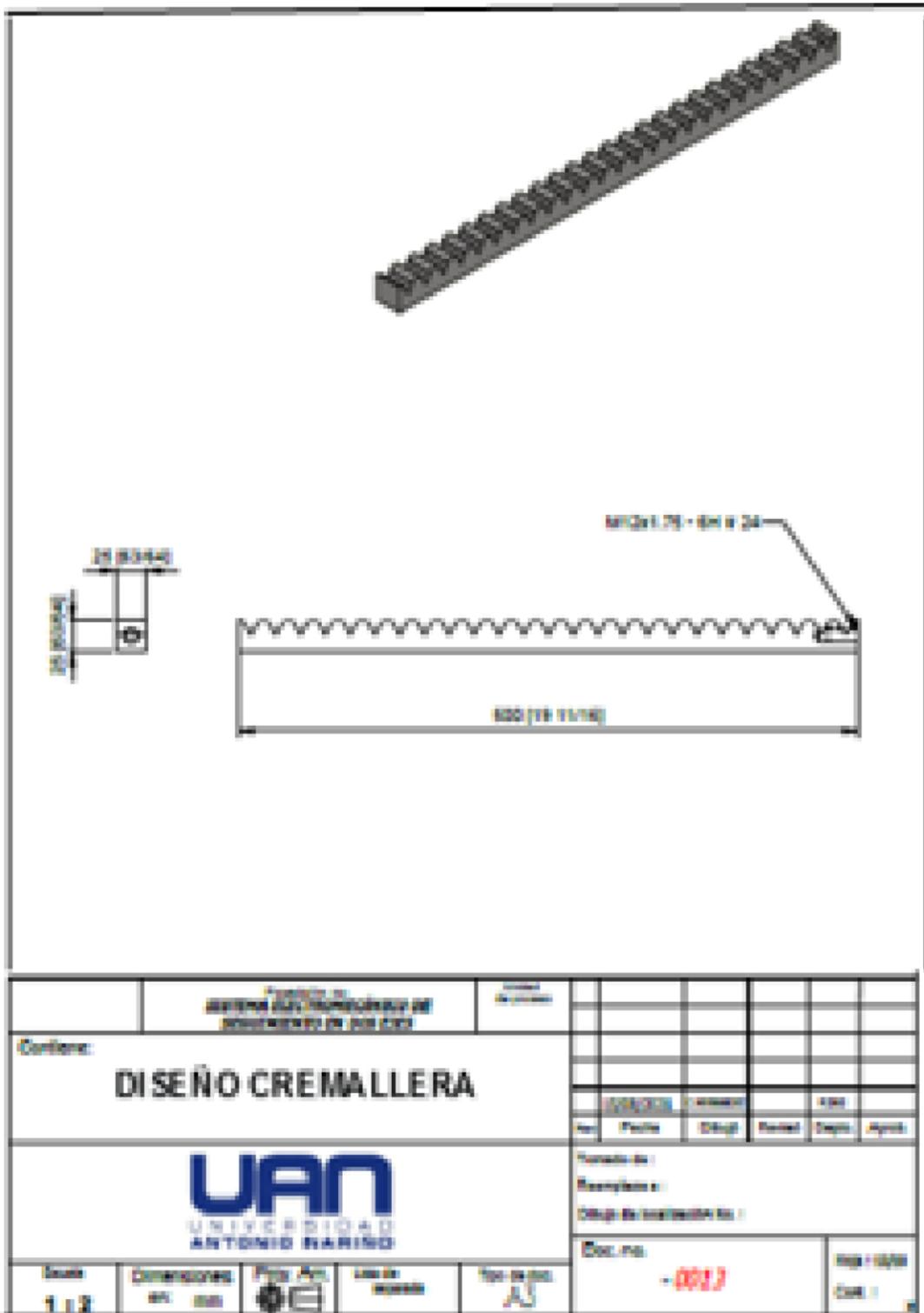
### 1.18. PLANO DISEÑO CREMALLERA

Prolongación metálica dentada, hecha en acero de fundición, de 24 dientes, paso 60.

**Descripción básica:** Con una longitud de 50 centímetros, por 2,5 centímetros. Su funcionalidad es mover el piñón central del eje horizontal.

(Ver gráfica siguiente página)

Figura 29. Plano diseño cremallera. (Autodesk inventor)



Fuente: Construcción propia

### 1.19. PANEL SOLAR

Sistema fotovoltaico de fabricación estadounidense. De 36 centímetros de ancho por 67 centímetros de largo. Tiene en total 120 celdas fotovoltaicas, con una dimensión cada una de 9 centímetros de largo por 1,5 de ancho.

Fabricante: Chicago Power.

**Descripción básica:** Las 120 celdas fotovoltaicas están hechas de silicio. Su funcionalidad básica es generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, con una capacidad teórica de energía de 1800 W.

**Fotografía básica de anverso y reverso:**

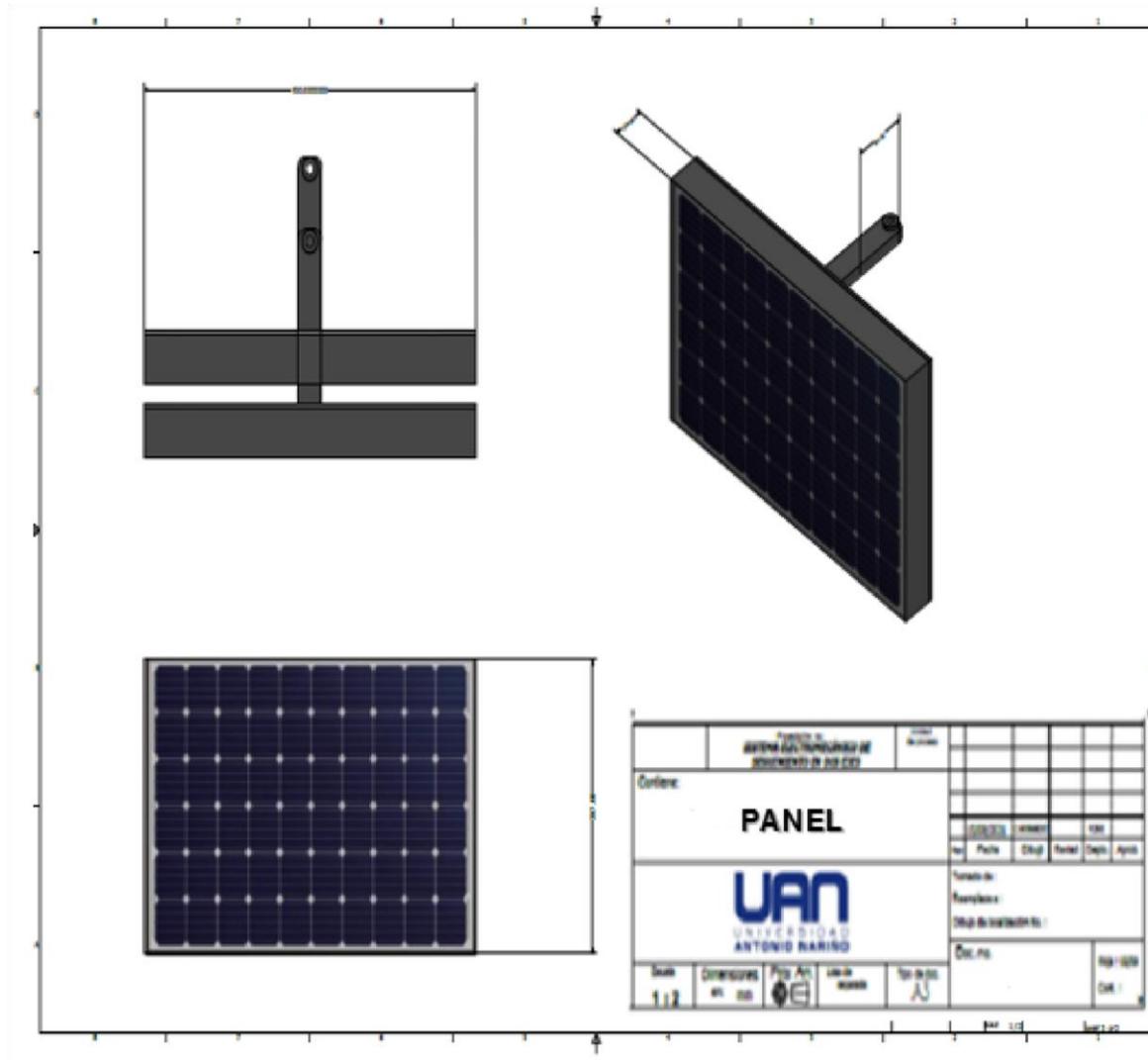


**REVERSO**

**FRENTE**

Fuente de la fotografía: propia, 25/09/2022

Figura 30. Plano diseño sistema estructura rotación panel. (Autodesk inventor)



Fuente: Construcción propia

### 1.20. PLANO DISEÑO PIÑÓN DE TRASLACIÓN

Piñón metálico hecho en material de fundición, referencias: 60B18, de tal manera que 60 es el paso y B=manzana o acople y 18 es el número de dientes. Diámetro: 25 milímetros.

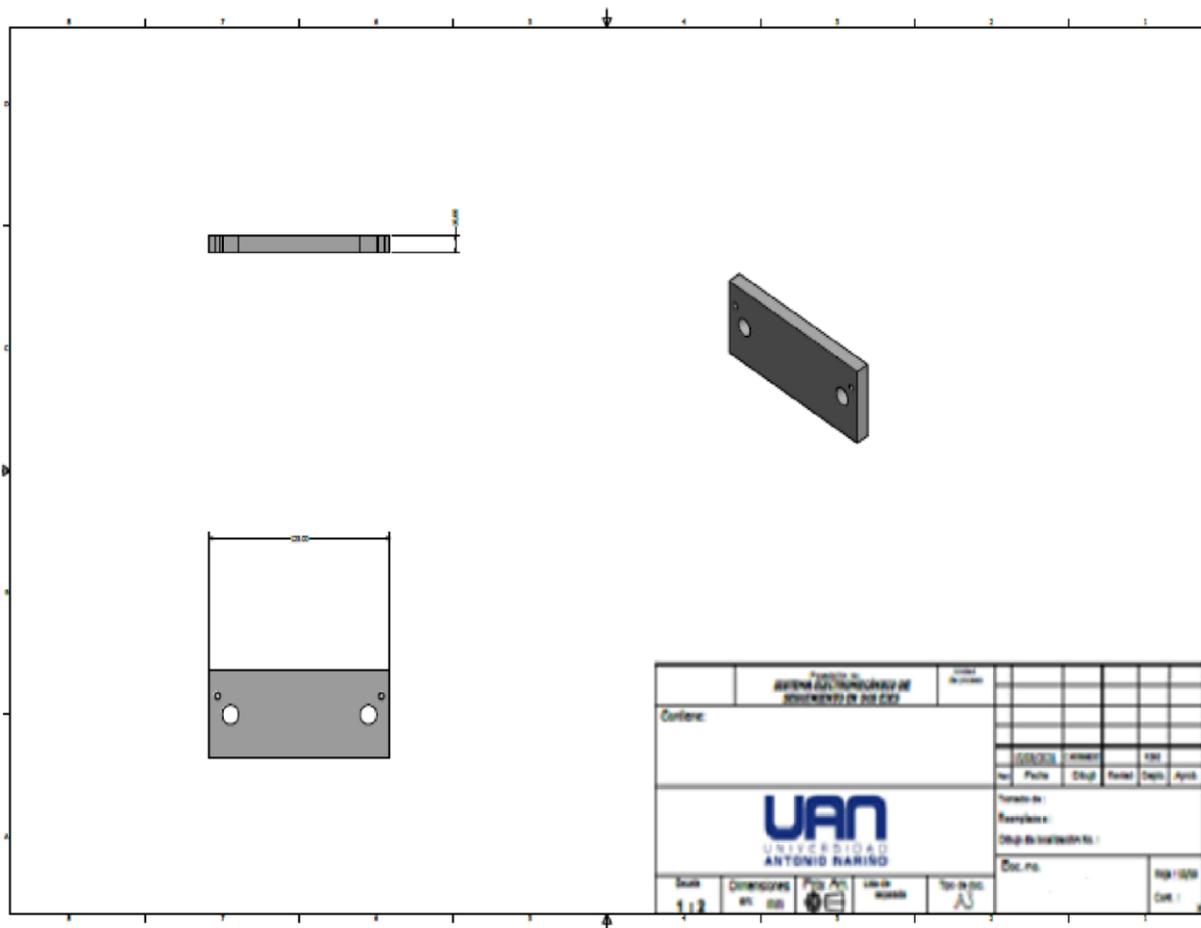
**Descripción básica:** Está hecho de acero y su funcionalidad básica es mover el eje que está sujeto por dos prisioneros en su acople o manzana.

### 1.21. PLANO DISEÑO SOPORTE Y RODAMIENTO DEL EJE

Pletina metálica de 25,0 centímetros de largo, por 6,0 centímetros de ancho y 3/8 de pulgada de espesor, en acero 1045 con la misma pintura electrostática negra.

**Descripción básica:** Se halla perforada a 10 centímetros y a 5 centímetros con relación a los extremos de la pletina con orificios de 1/5 pulgadas con relación al borde. Su función básica es de anclaje de la pletina con la chumacera, a través de un orificio roscado de 12 milímetros.

Figura 31. Plano diseño soporte y rodamiento del eje. (Autodesk inventor)



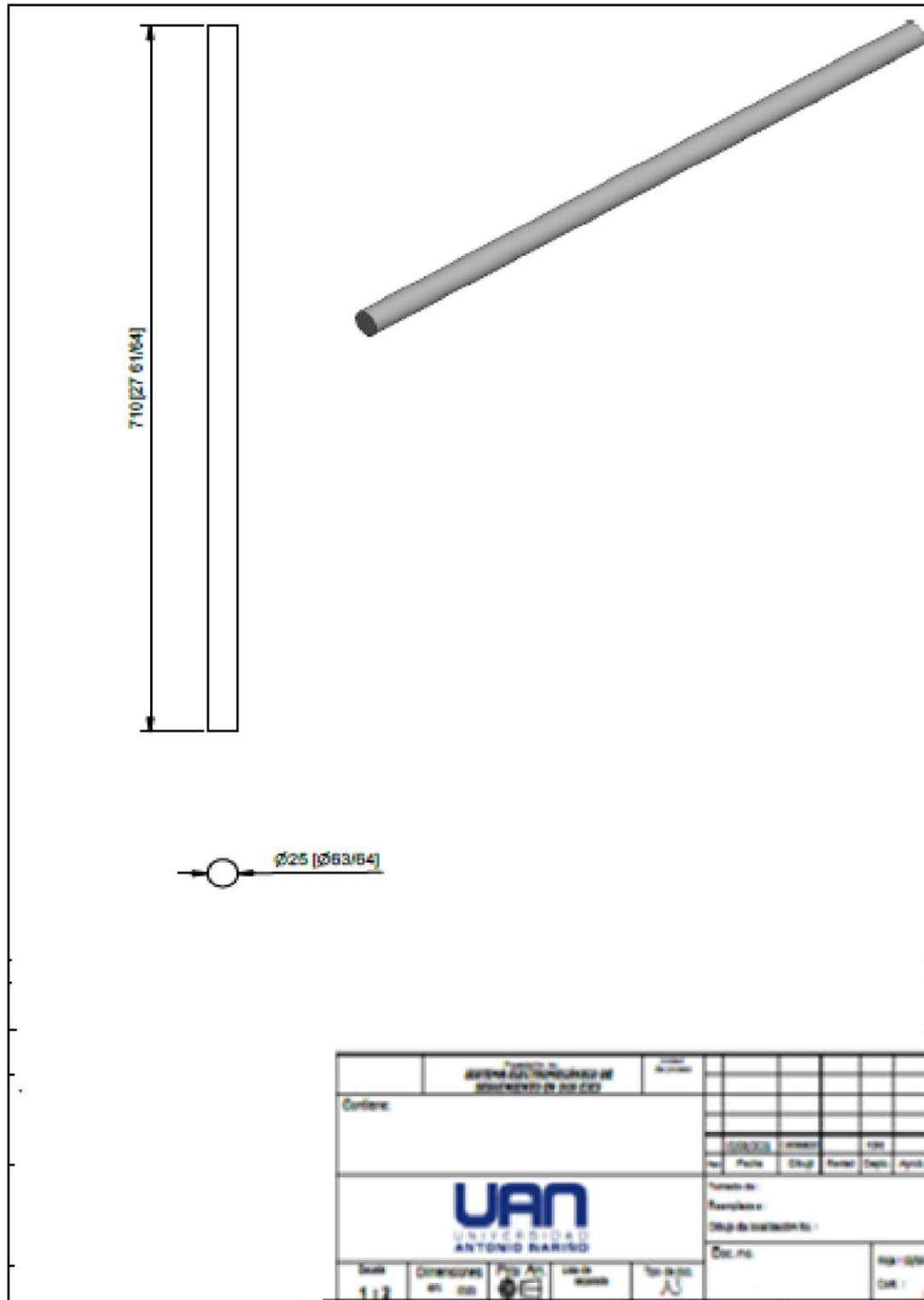
Fuente: Construcción propia

### 1 PLANO DISEÑO EJE DE GIRO ROTACIONAL

Eje metálico hecho en acero 1045, con diámetro de una pulgada, con camisa en sus dos extremos, de 25 milímetros cada uno. Con una longitud de 70 centímetros. Mecanizado en sus dos extremos de 25 milímetros con una longitud de 3 centímetros.

Descripción básica: Su funcionalidad básica es generar movimiento circular el cual se transmite a la bandeja portapanel.

Figura 32. Plano diseño eje de giro rotacional. (Autodesk inventor)



Fuente: Construcción propia

## **2. REPORTE DE ANÁLISIS NÚMEROS 1 Y 2 EN EL EJE PRINCIPAL DEL SESSB, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN SOFT INVENTOR 2020**

A continuación, se realizará la descripción básica de los dos análisis de elementos finitos que actúan sobre el eje del SESSB, el cual está hecho en acero 1045, con una longitud de 70 centímetros y un diámetro de 25 milímetros.

Para poder realizar el análisis de elementos finitos mediante el programa de simulación: *INVENTOR 2020*, se realiza el ensamble del eje escalonado teniendo en cuenta el diámetro central del piñón que actúa sobre el eje de acero 1045, el cual soporta 565 MPa de tensión y tiene un factor de seguridad 1.5.

Las conclusiones generales que se hallaron dentro de los análisis 1 y 2, son las siguientes:

El factor de seguridad (M) se vio reflejado en el rango de 1,25 a 2,0, de tal manera que el valor estipulado fue de 1,5. Lo cual significa que el diseño del eje se halla diagnosticado bajo cargas estáticas, para que haya un alto grado de confianza en todo el diseño.

El factor de seguridad es una medida de la relatividad de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos la resistencia al material con que se fabrica el componente, se divide entre el factor de diseño, para determinar un esfuerzo de diseño que a veces se llama esfuerzo admisible. De tal manera que los resultados obtenidos, luego de haber alimentado las variables con las respectivas constantes, a partir de los comandos de visualización del programa, permitieron determinar las siguientes variables:

La masa del eje, componentes de tensión, coeficiente de seguridad y modo de frecuencia.

## 2.1 REPORTE DE ANÁLISIS DE FUERZAS 1

Analyzed File:	Eje principal.ipt
Autodesk Inventor Version:	2017.3 (Build 213257000, 257)
Creation Date:	15/07/2022, 11:40 a. m.
Study Author:	jasanchezm
Summary:	

### Project Info (iProperties)

#### Summary

Author	jasanchezm
--------	------------

#### Project

Part Number	Eje principal
Designer	jasanchezm
Cost	\$ 0,00
Date Created	12/07/2022

Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

Physical

Material	Acero AISI 1045 HV HR
Densidad	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Masa	0,486372 kg
Área	0,0146691 m <sup>2</sup>
Volumen	0,0000619582 m <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=0,00000000000174613 m y=0 m z=0 m

**Nota:** Los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por FEA informados a continuación.

## ANÁLISIS ESTÁTICO 1

Objetivo general e implementaciones:

Diseño de objetivo:	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	14/07/2022, 12:15 p. m.

Modos de cuerpos rígidos detectados y eliminados	No
--	----

#### CONFIGURACIÓN DE MALLA

Promedio: Tamaño del elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,05
Mín. Tamaño del elemento (fracción del tamaño promedio)	0,2
Factor de calificación	1,5
Max. Ángulo de inclinación	60 grados
Crear elementos de malla curva	Sí

#### Materiales

Nombre	Acero AISI 1045 HV HR	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite elástico	327 MPa
	Resistencia a la tracción	671 MPa
Énfasis	Módulo de Young	207 GPa
	Razón de Poisson	0,33 ul

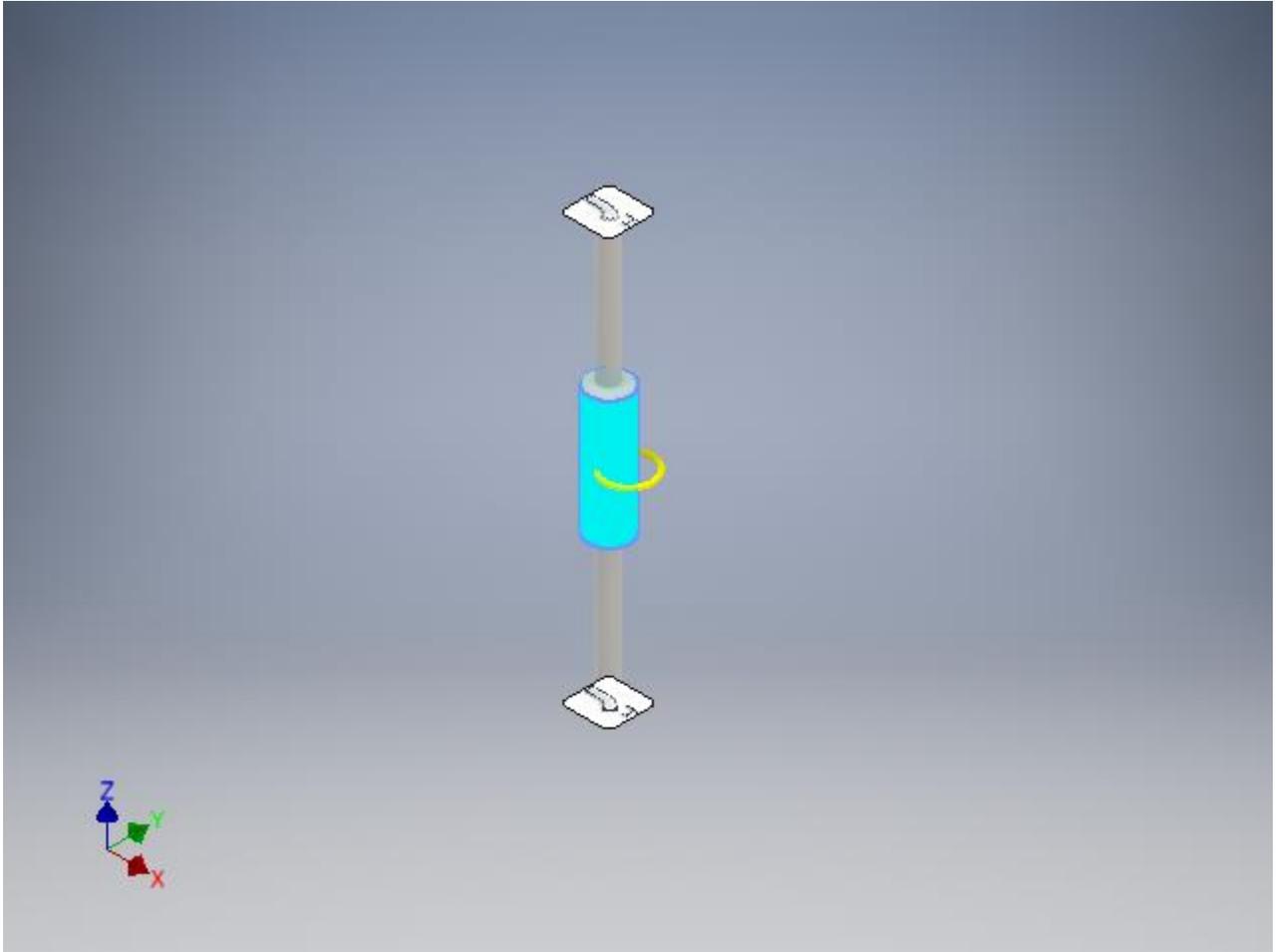
	Módulo de corte	77,8195 GPa
Nombre del componente	Eje principal	

## CARA NÚMERO 1

Condiciones operativas

Momento:1

Tipo de carga	Momento
Magnitud	620000,000 N mm
Vector X	0,000 N mm
Vector Y	0,000 N mm
Vector Z	-620000,000 N mm

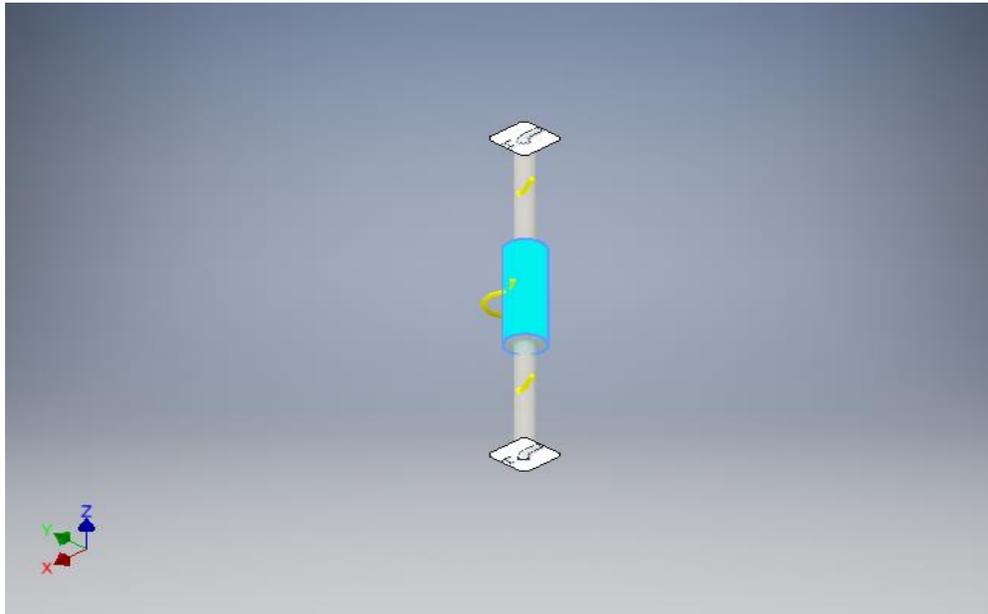


## CARA NÚMERO 2

Fuerza: 1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	5000,000 N
Vector X	3793,554 N
Vector Y	-3257,138 N

Vector Z	0,000 N
----------	---------

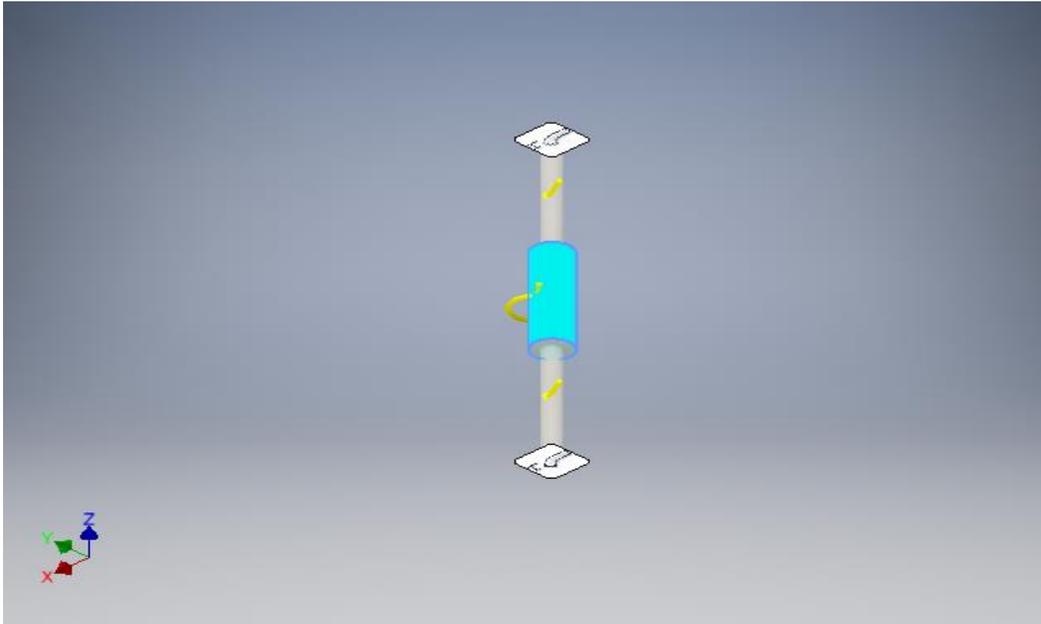


CARA NÚMERO 3

Fuerza: 2

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	44,145 N
Vector X	39,081 N
Vector Y	-20,529 N
Vector Z	0,000 N

Superficie(s) seleccionada(s)



## 1. RESULTADOS DE REACCIÓN DE LA FUERZA Y MOMENTO CON RESTRICCIONES

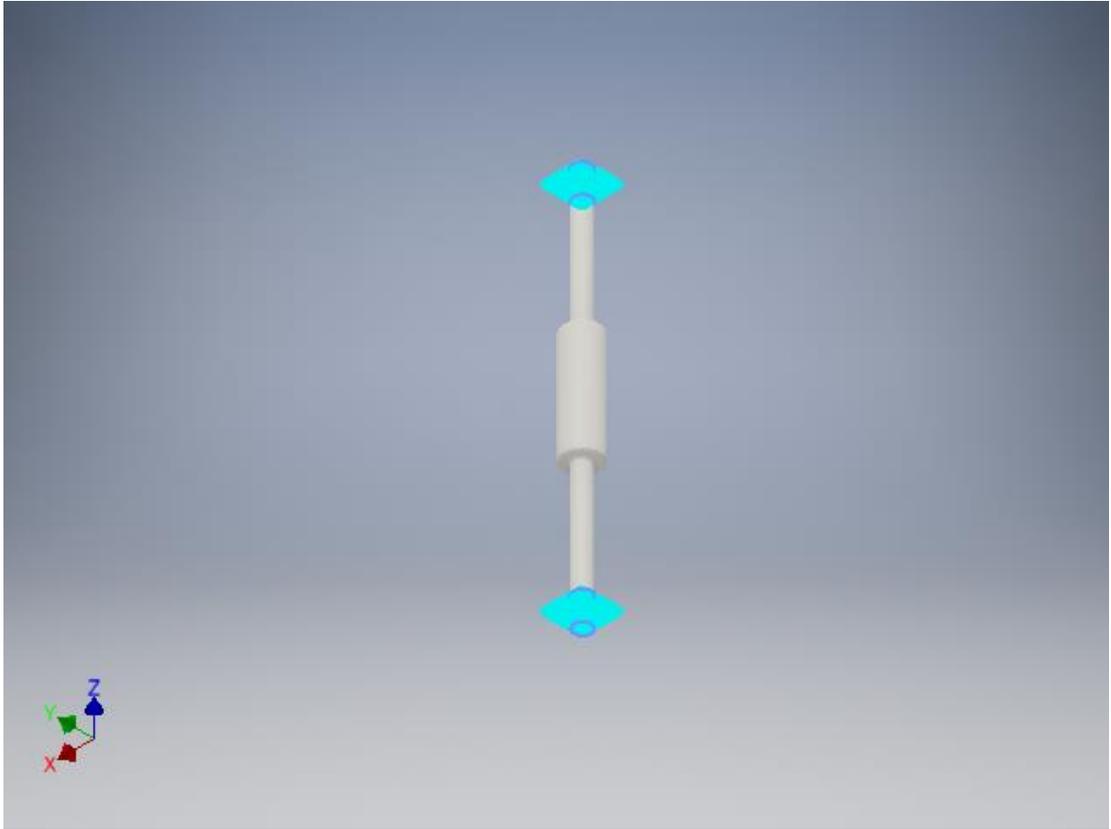
Nombre de restricción	Fuerza de reacción		Momento de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija: 1	5043,03 N	-3832,64 N	619,143 N m	0 N m
		3277,66 N		0 N m
		0 N		619,143 N m

### 4.1.RESUMEN DE RESULTADOS

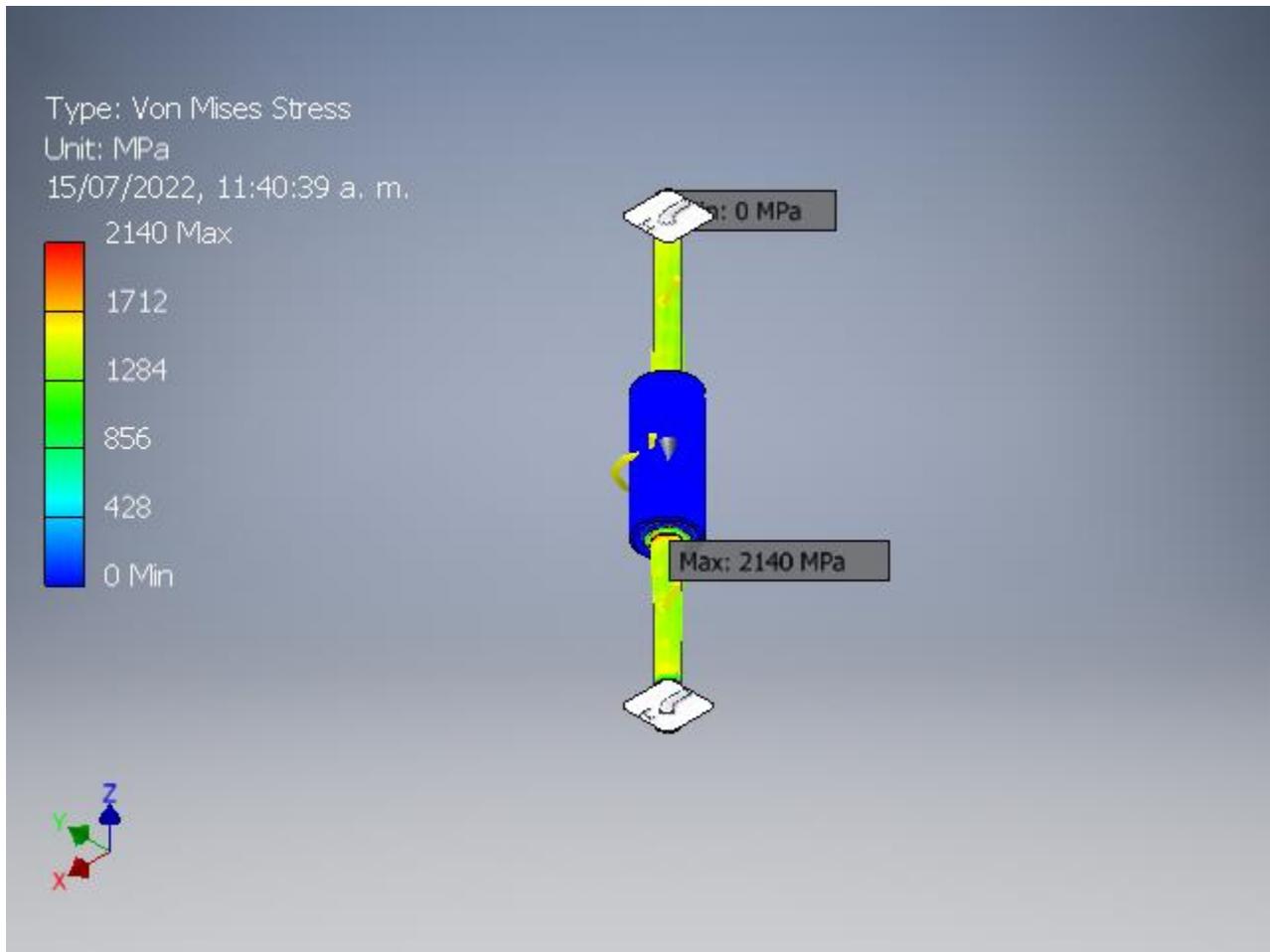
Nombre	Mínimo	Máximo

Volumen	61958,2 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,486372 kg	
Fuerzas de Von Misses	0,06746 MPa	2139,56 MPa
1st Fuerza principal	-9,33266 MPa	1763,09 MPa
3rd Fuerza principal	-1756,62 MPa	16,7706 MPa
Desplazamient	0 mm	2,64381 mm
Factor de seguridad	0,152835 ul	15 ul
Stress XX	-748,833 MPa	588,805 MPa
Stress XY	-557,662 MPa	634,739 MPa
Stress XZ	-1116,79 MPa	1064,62 MPa
Stress YY	-610,055 MPa	804,708 MPa
Stress YZ	-1133,79 MPa	1130,44 MPa
Stress ZZ	-812,242 MPa	807,769 MPa
X Desplazamiento	-1,51627 mm	2,49108 mm
Y Desplazamiento	-2,42108 mm	1,5865 mm
Z Desplazamiento	-0,0631889 mm	0,0632696 mm

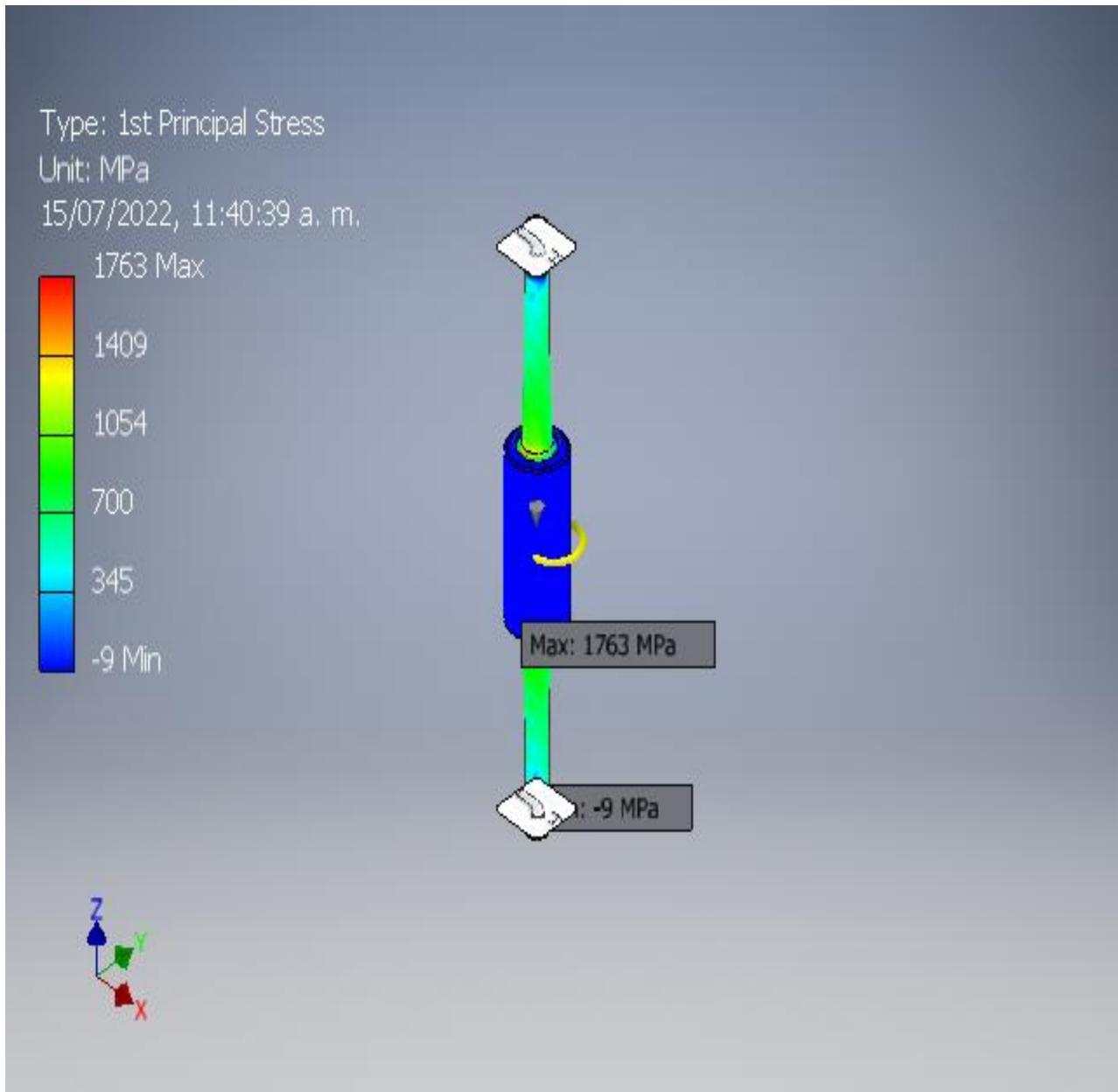
Tensión equivalente	0,000000295573 ul	0,00920408 ul
1st Fuerza principal	0,000000201863 ul	0,0094587 ul
3rd Fuerza principal	-0,00938251 ul	-0,000000160256 ul
Presión XX	-0,00367283 ul	0,00360029 ul
Presión XY	-0,00358305 ul	0,00407827 ul
Presión XZ	-0,00717553 ul	0,00684031 ul
Presión YY	-0,00365723 ul	0,00400623 ul
Presión YZ	-0,00728473 ul	0,00726319 ul
Presión ZZ	-0,00335984 ul	0,00353347 ul



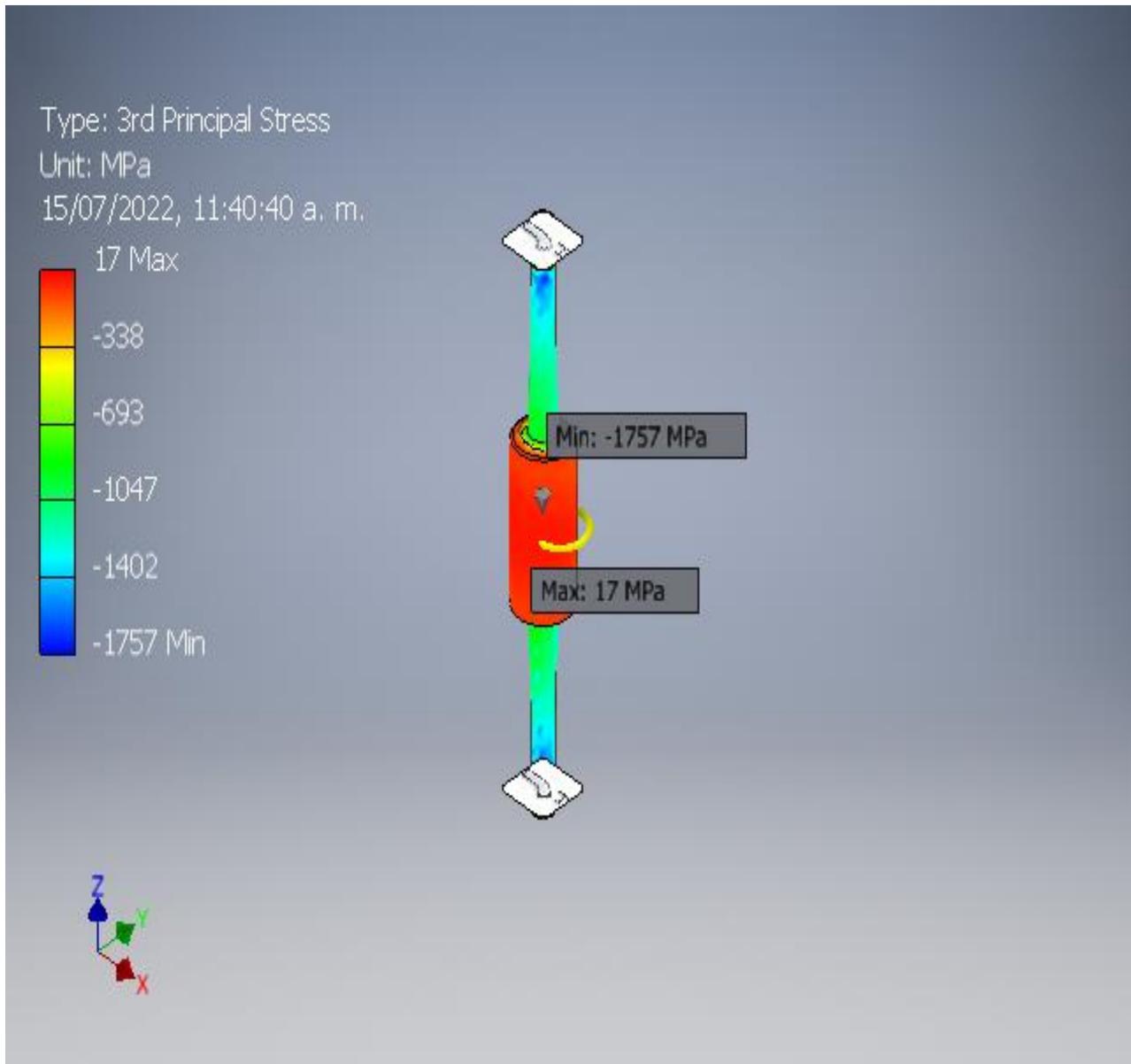
2. ESFUERZO DE TENSIÓN VON MISESS  
GRÁFICA NÚMERO 1 CON UN ESFUERZO DE TENSIÓN 2140 MPA



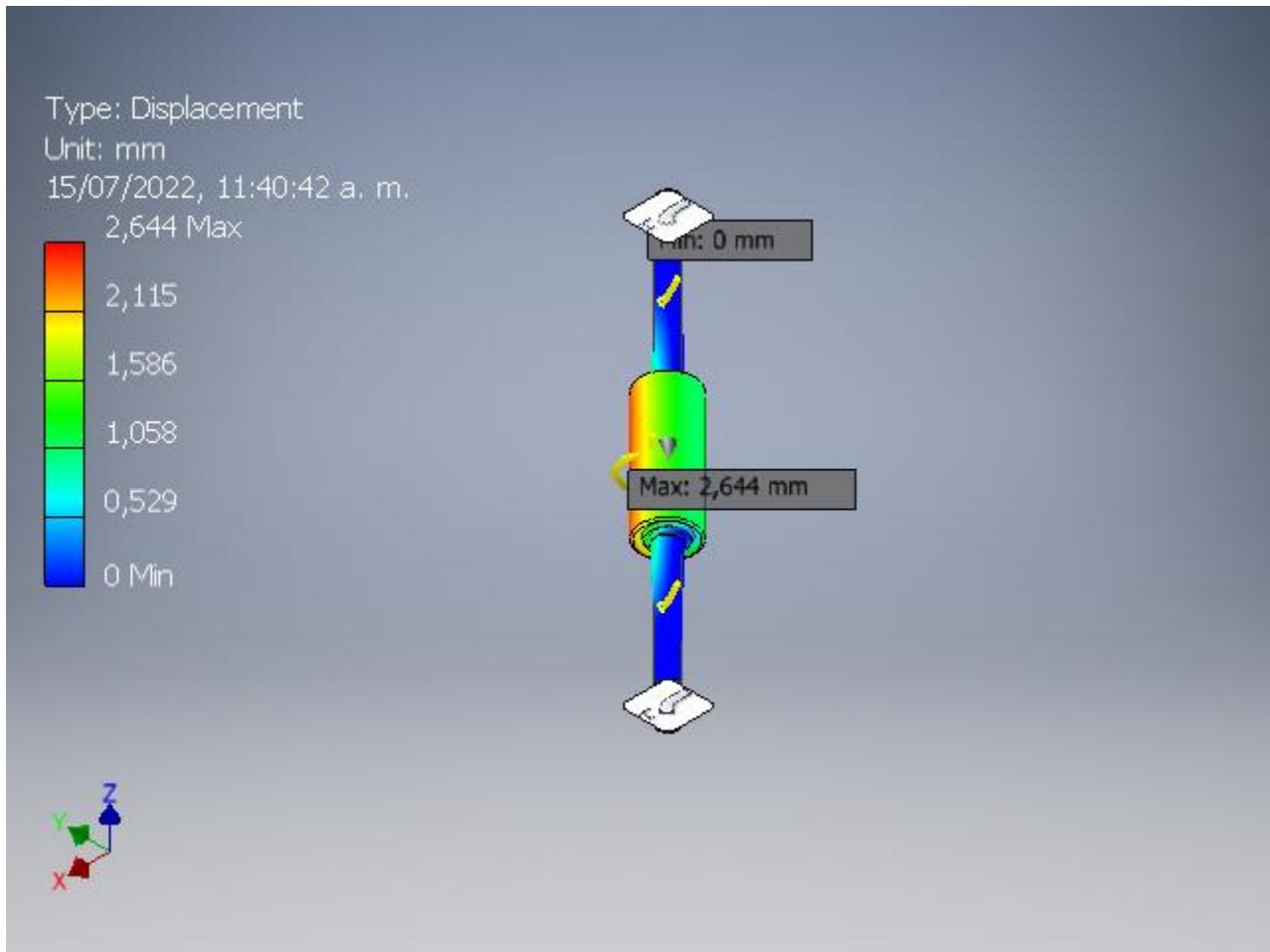
GRÁFICA NÚMERO 2 CON UN ESFUERZO DE TENSIÓN 1763 MPa



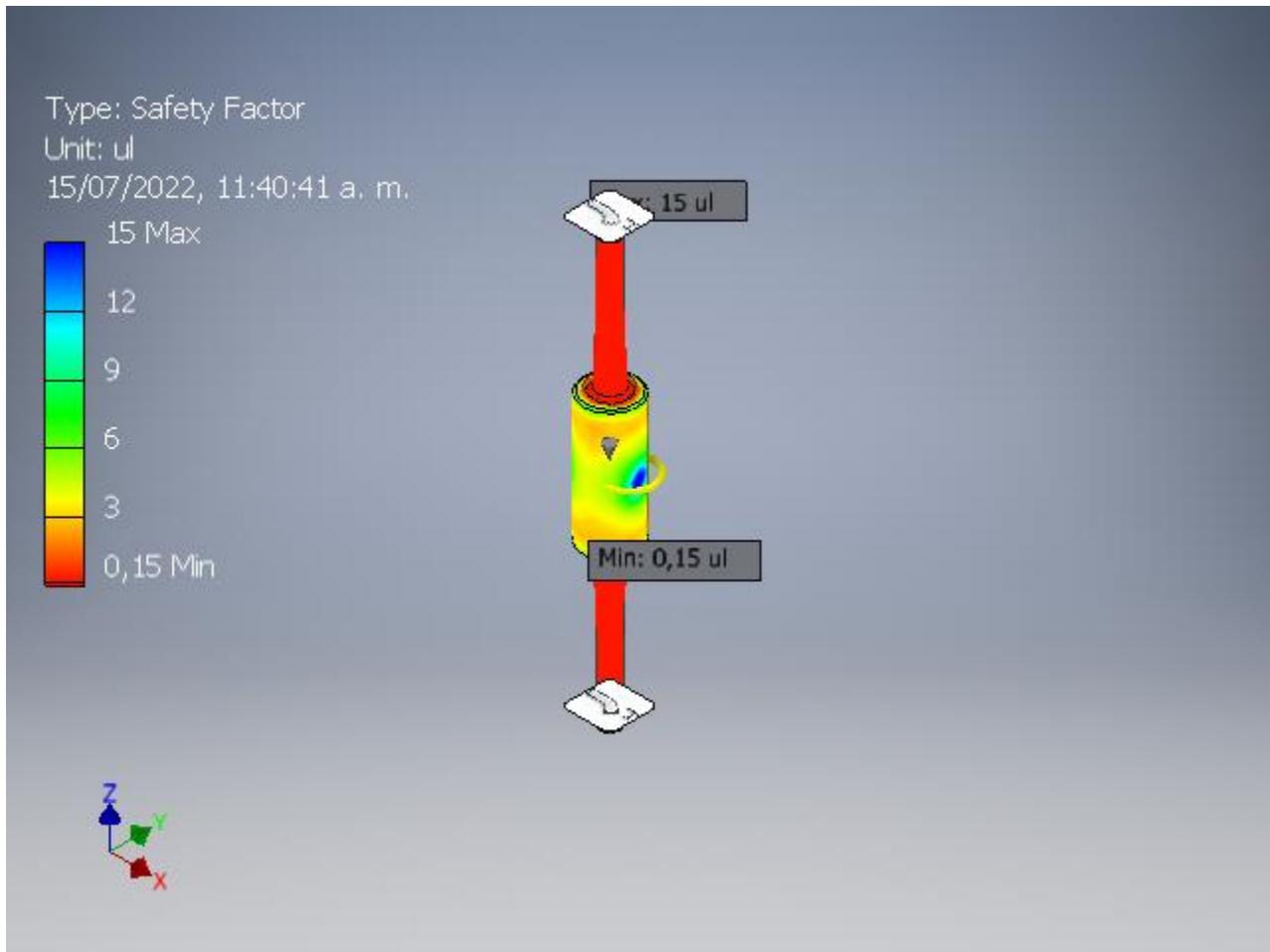
GRÁFICA NÚMERO 3 CON UN ESFUERZO DE TENSION DE 17MPA



GRÁFICA NÚMERO 4 CON UN FACTOR DE SEGURIDAD MÁXIMO 2.6



GRÁFICA NÚMERO 5 CON UN FACTOR DE SEGURIDAD MÁXIMO 15



### 3. REPORTE DE ANÁLISIS DE FUERZAS NÚMERO 2

Archivo analizado	Eje principal.ipt
Autodesk Inventor Versión:	2017.3 (Construido 213257000, 257)
Fecha de creación	15/07/2022, 1:18 p. m.
Autor estudiado:	Camilo Hernández

## Informe del proyecto

### *Resumen*

Autor	Camilo Hernández
-------	------------------

### Proyecto

Componente	Eje principal
Diseñador	Camilo Hernández
Costo	ND
Fecha de creación	12/07/2022

### Estatus

Estado del diseño	En desarrollo
-------------------	---------------

### Aspectos físicos

Material	Acero AISI 1045 HV HR
Densidad	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Masa	0,486372 kg
Área	0,0146691 m <sup>2</sup>
Volumen	0,0000619582 m <sup>3</sup>

Centro de gravedad	x=0,00000000000174613 m y=0 m z=0 m
--------------------	---

Nota: Los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por FEA informados a continuación.

## Estado de análisis 2:

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	15/07/2022, 1:17 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,05
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

### Material(s)

Name	Steel AISI 1045 HV HR	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	327 MPa
	Ultimate Tensile Strength	671 MPa
Stress	Young's Modulus	207 GPa
	Poisson's Ratio	0,33 ul
	Shear Modulus	77,8195 GPa
Part Name(s)	Eje principal	

Operating conditions

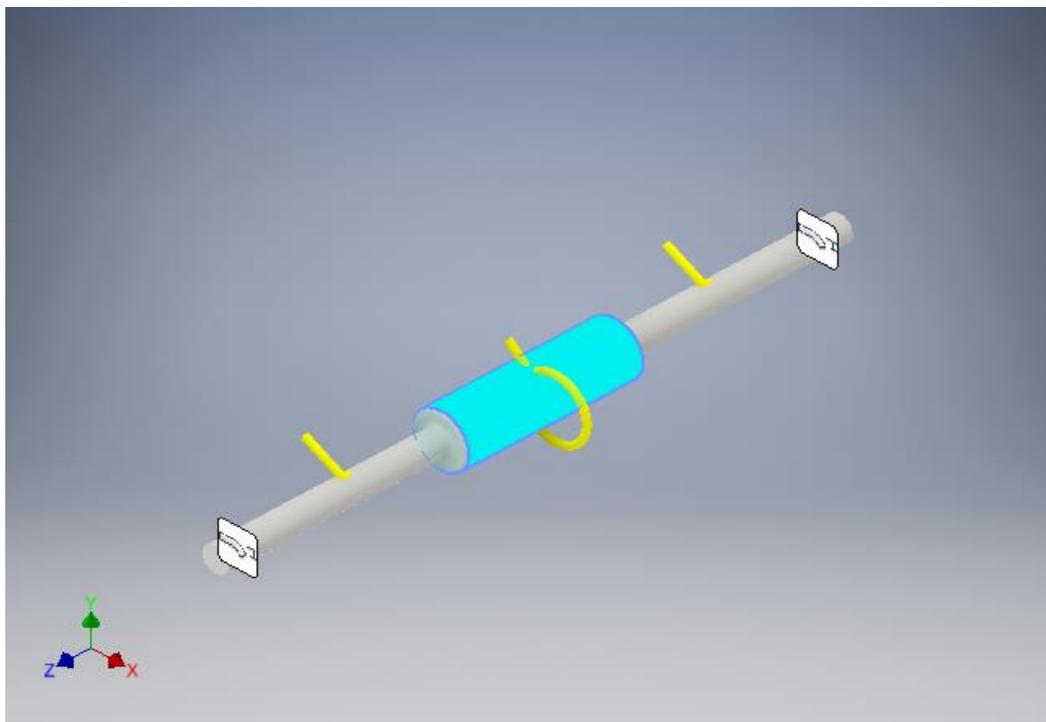
## CARA NÚMERO 1

Moment: 1

Load Type	Moment
Magnitude	50000,000 N mm
Vector X	0,000 N mm

Vector Y	0,000 N mm
Vector Z	-50000,000 N mm

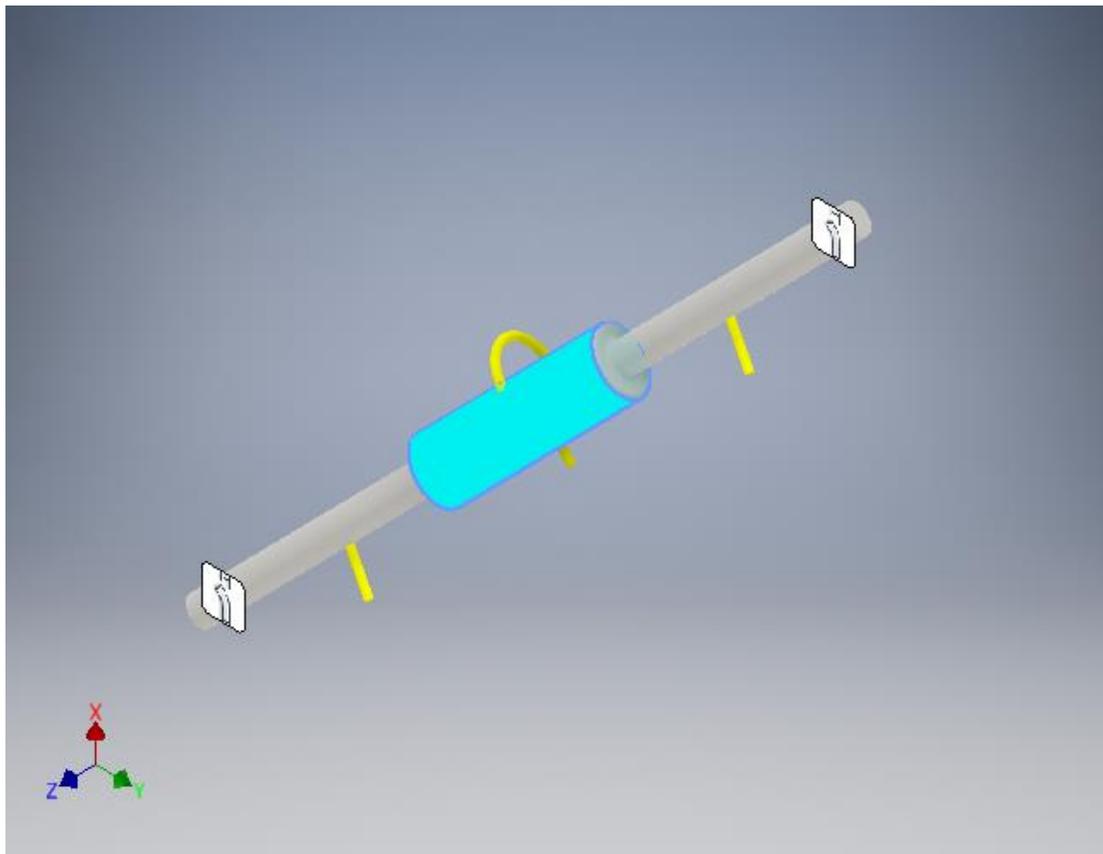
#### 4. RESULTADOS DE REACCIÓN DE LA FUERZA Y MOMENTO CON RESTRICCIONES



Force: 1

Load Type	Force
Magnitude	1000,000 N

Vector X	758,711 N
Vector Y	-651,428 N
Vector Z	0,000 N



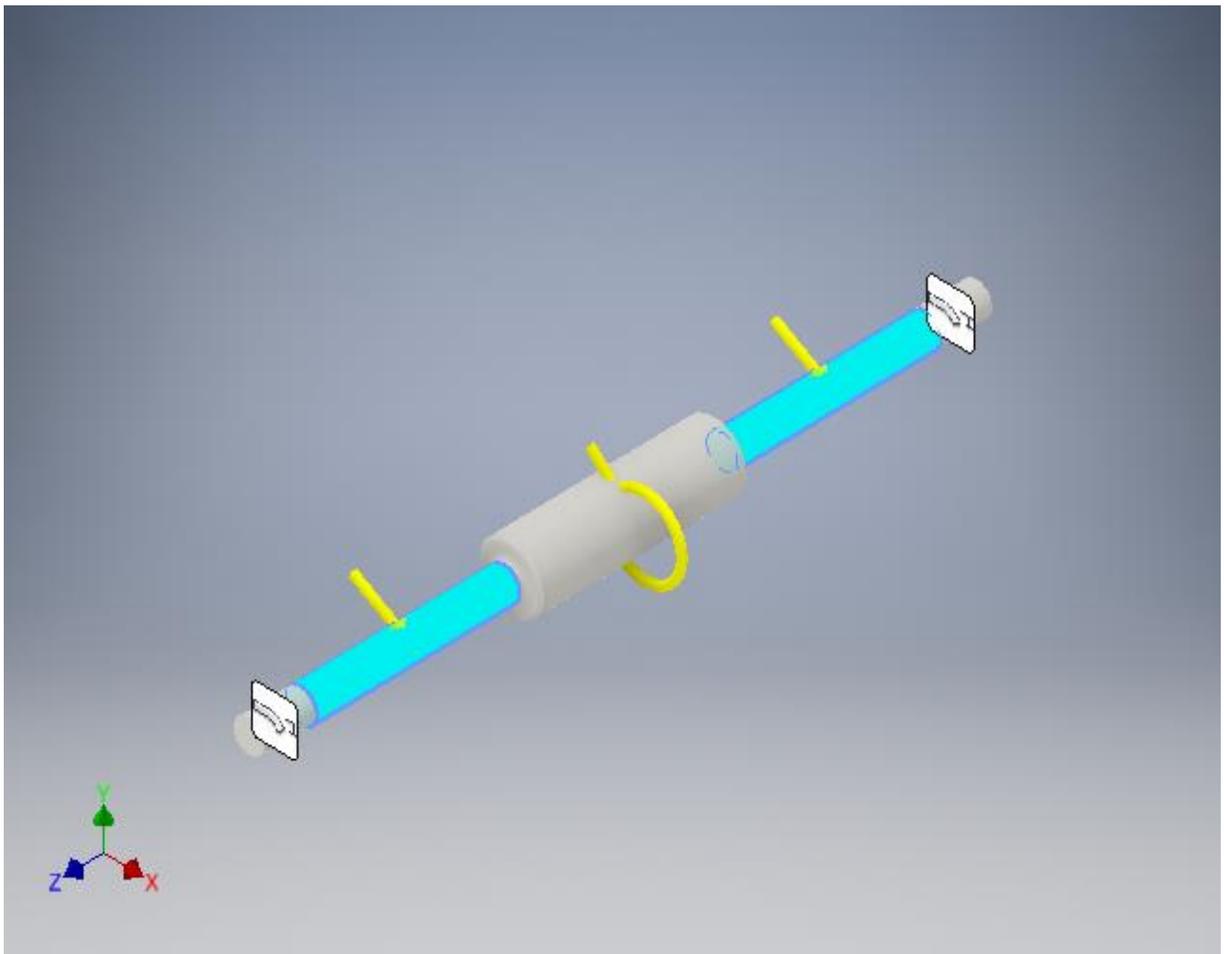
Force: 2

Load Type	Force
Magnitude	44,145 N

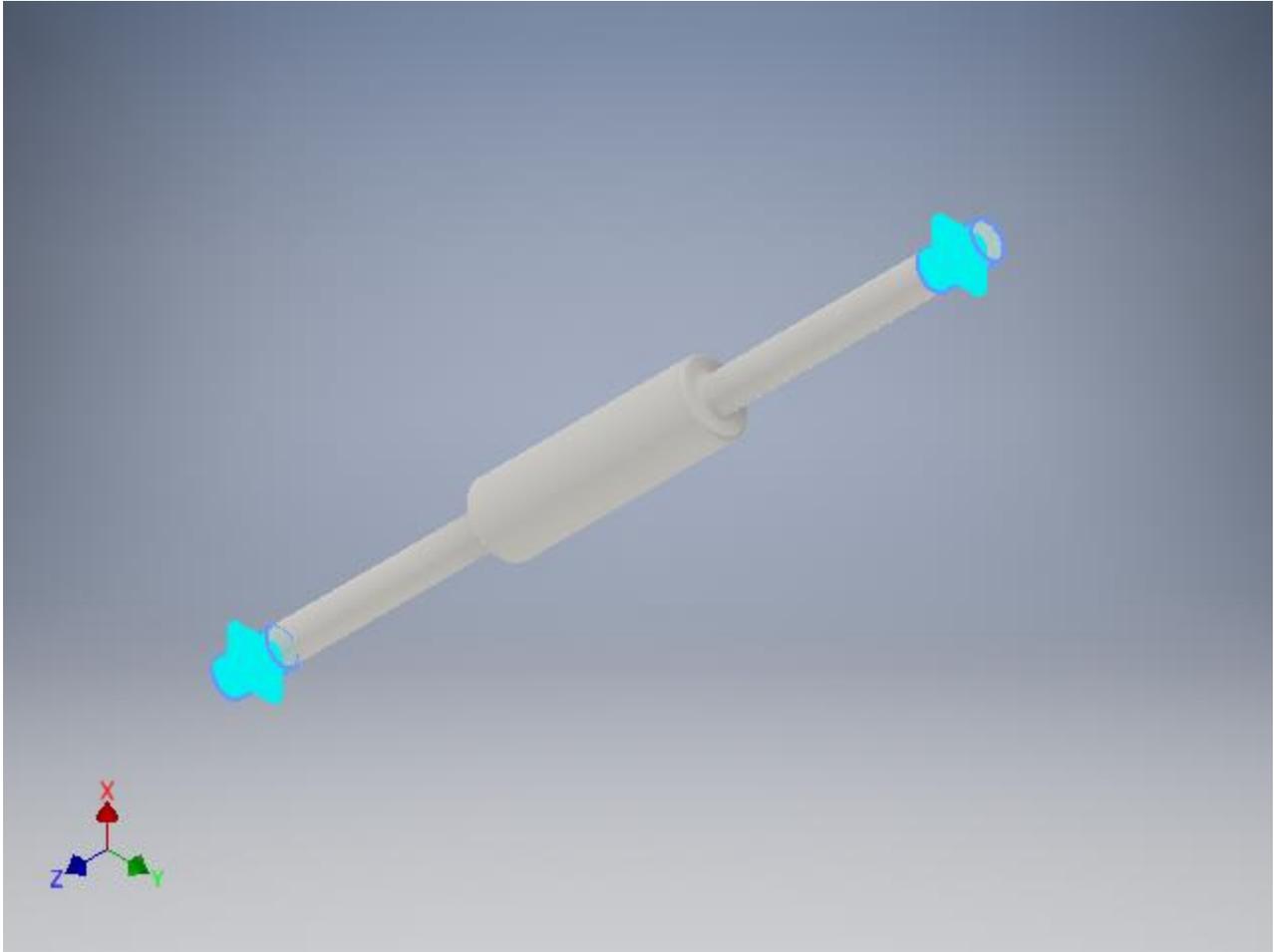
Vector X	39,081 N
Vector Y	-20,529 N
Vector Z	0,000 N

CARA NÚMERO 2

### RESTRICCIÓN FIJADA NÚMERO 1



CARA NÚMERO 3



RESULTADOS ANÁLISIS NÚMERO 2

REACCIÓN DE LA FUERZA Y MOMENTO CON RESTRICCIONES

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X, Y, Z)	Magnitude	Component (X, Y, Z)
Fixed Constraint:1	1043,07 N	-797,792 N	49,934 N m	0 N m
		671,956 N		0 N m

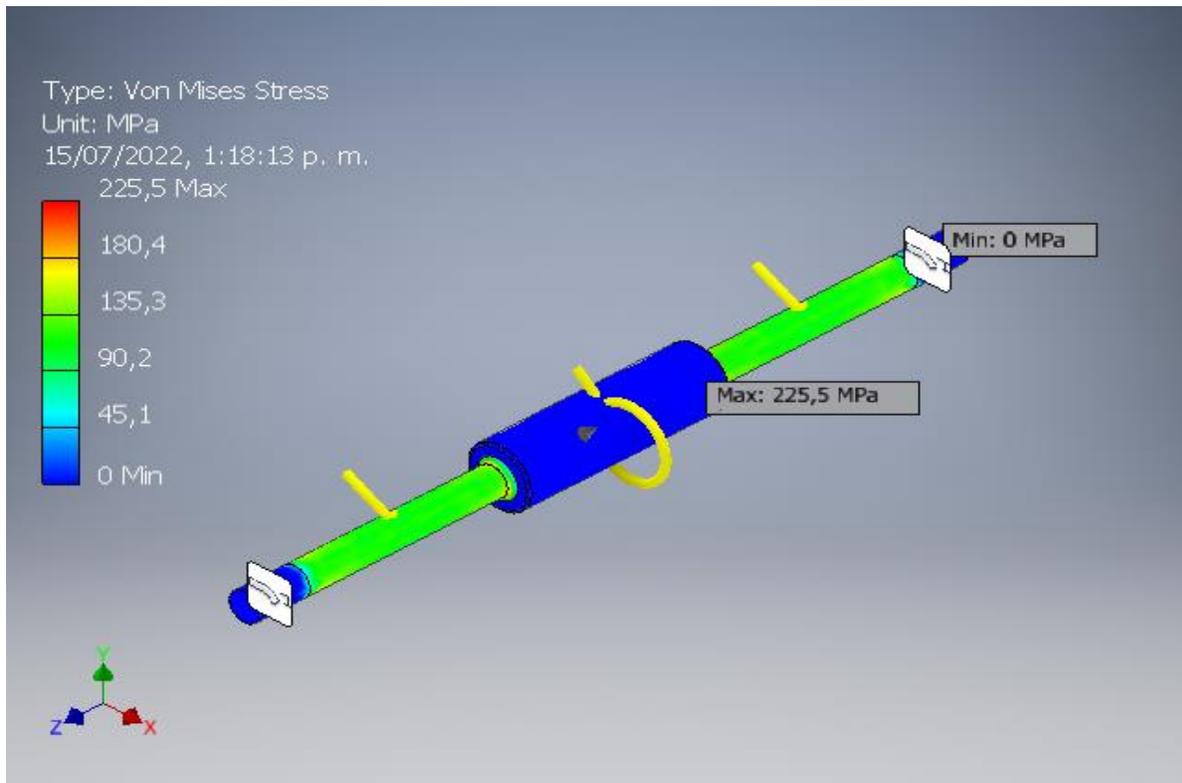
		0 N		49,934 N m
--	--	-----	--	------------

*Result Summary*

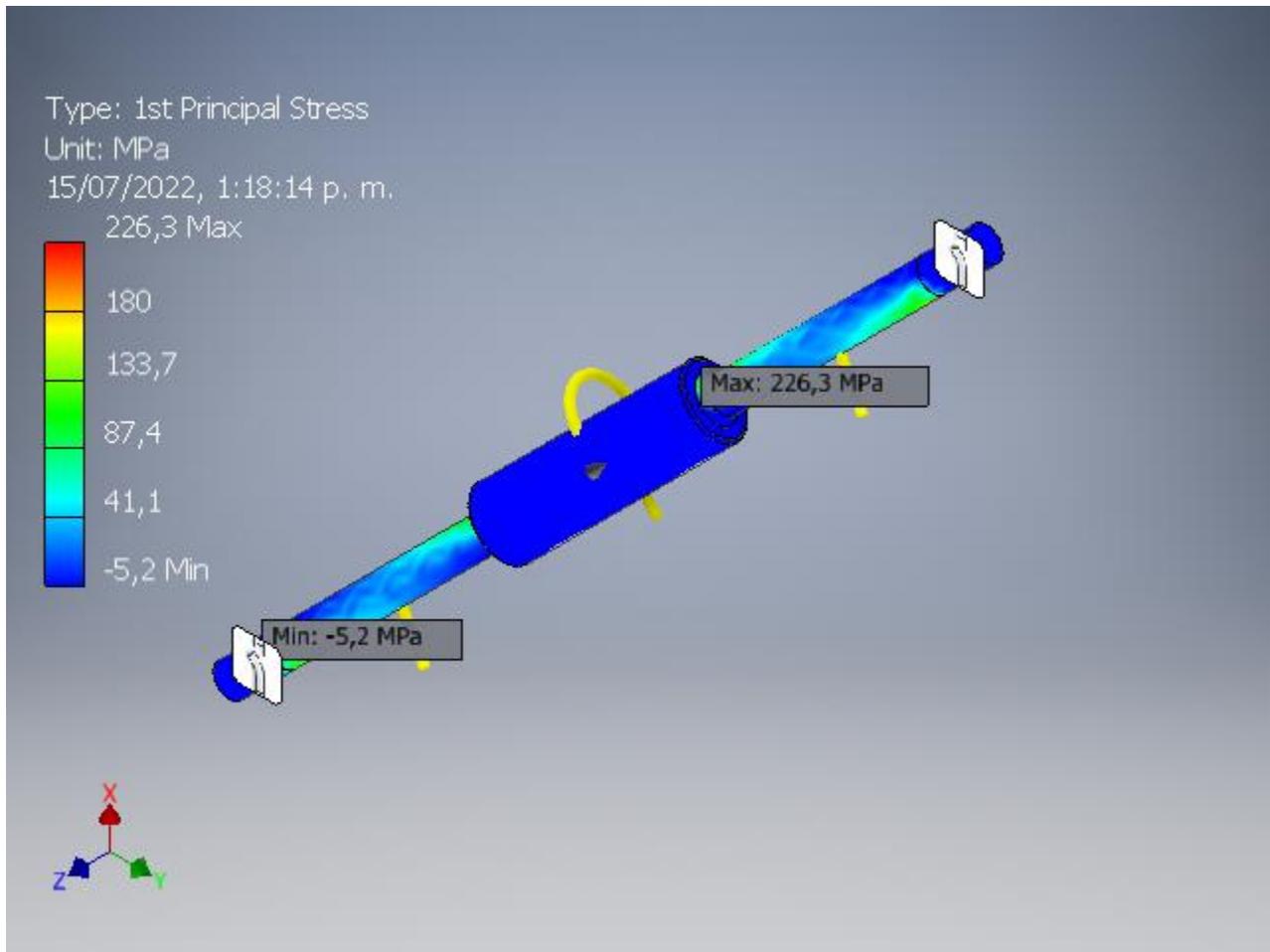
<b>Name</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Volume	61958,2 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,486372 kg	
Von Mises Stress	0,0123094 MPa	225,493 MPa
1st Principal Stress	-5,19906 MPa	226,293 MPa
3rd Principal Stress	-223,766 MPa	5,1 MPa
Displacement	0 mm	0,290945 mm
Safety Factor	1,45015 ul	15 ul
Stress XX	-84,6117 MPa	64,5089 MPa
Stress XY	-47,9931 MPa	49,458 MPa
Stress XZ	-99,0613 MPa	97,4713 MPa
Stress YY	-62,3596 MPa	90,0694 MPa
Stress YZ	-103,55 MPa	100,475 MPa
Stress ZZ	-160,956 MPa	162,379 MPa

X Displacement	-0,06428 mm	0,260182 mm
Y Displacement	-0,245357 mm	0,0785148 mm
Z Displacement	-0,0127992 mm	0,0128322 mm
Equivalent Strain	0,0000000531691 ul	0,000981883 ul
1st Principal Strain	0,0000000105825 ul	0,00109047 ul
3rd Principal Strain	-0,00107694 ul	-0,0000000139124 ul
Strain XX	-0,000342753 ul	0,000303642 ul
Strain XY	-0,000308361 ul	0,000317774 ul
Strain XZ	-0,000636481 ul	0,000626265 ul
Strain YY	-0,000306813 ul	0,000353852 ul
Strain YZ	-0,00066532 ul	0,000645564 ul
Strain ZZ	-0,000673384 ul	0,000708778 ul

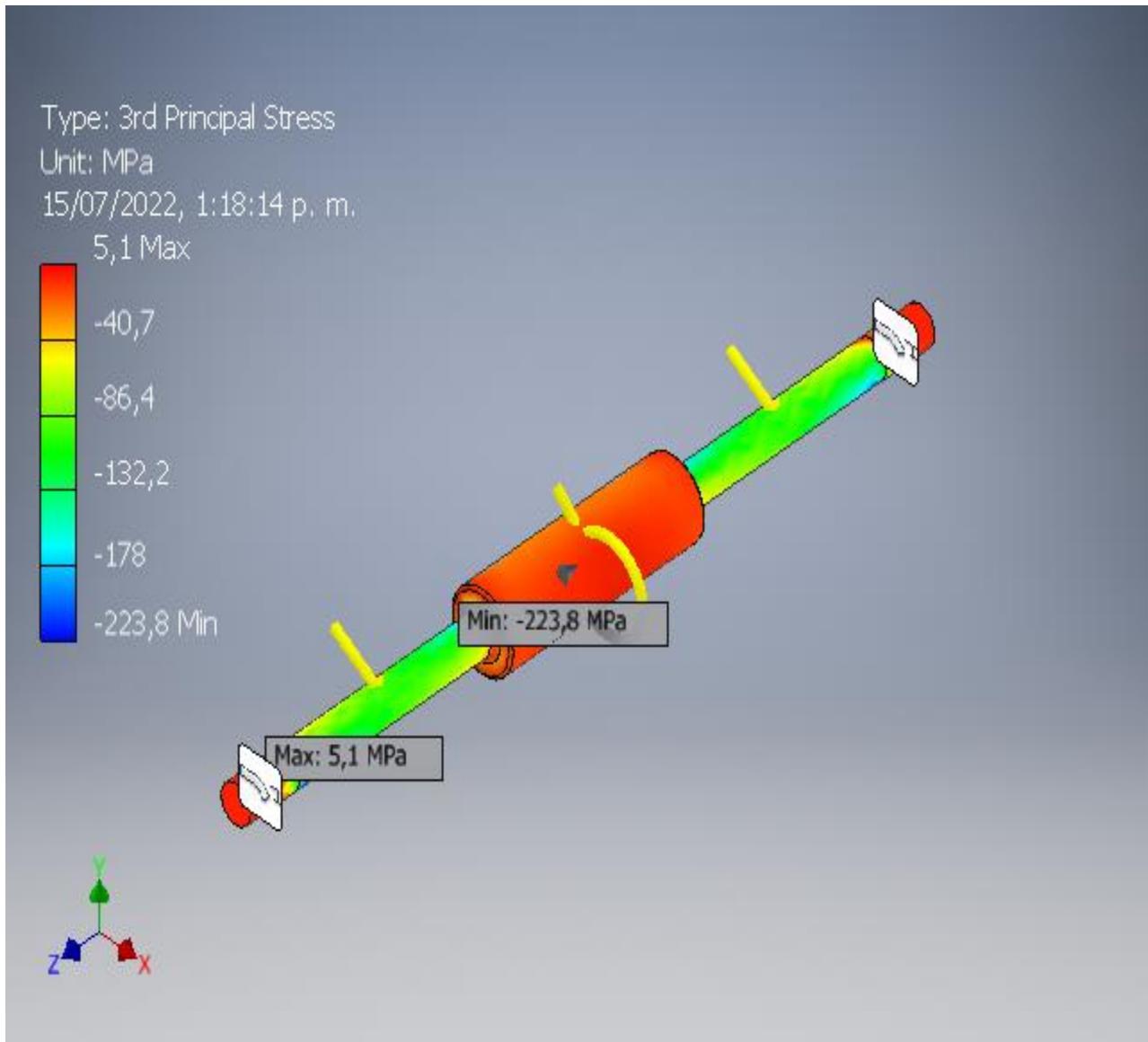
ESFUERZO DE TENSION VON MISESS GRÁFICA NÚMERO 1 CON UN ESFUERZO DE TENSION 225.5 MPA MAX



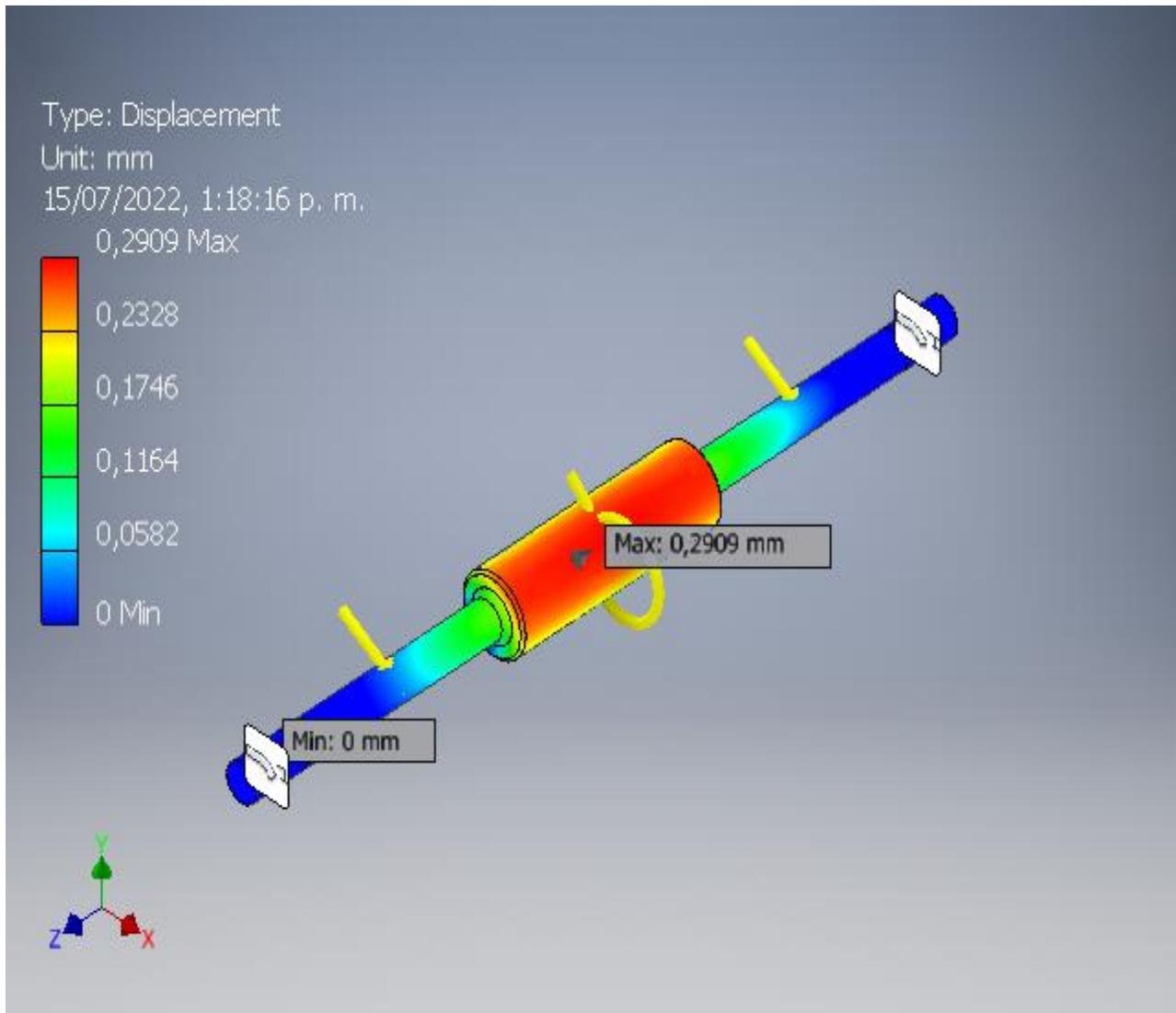
GRÁFICA NÚMERO 2 CON UN ESFUERZO DE TENSION 226.3MPA MAX



GRÁFICA NÚMERO 3 CON UN ESFUERZO DE TENSIÓN 5.1MPA MAX



GRÁFICA NÚMERO 4 CON UN ESFUERZO DE TENSIÓN 0.2902 MPA MAX

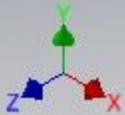
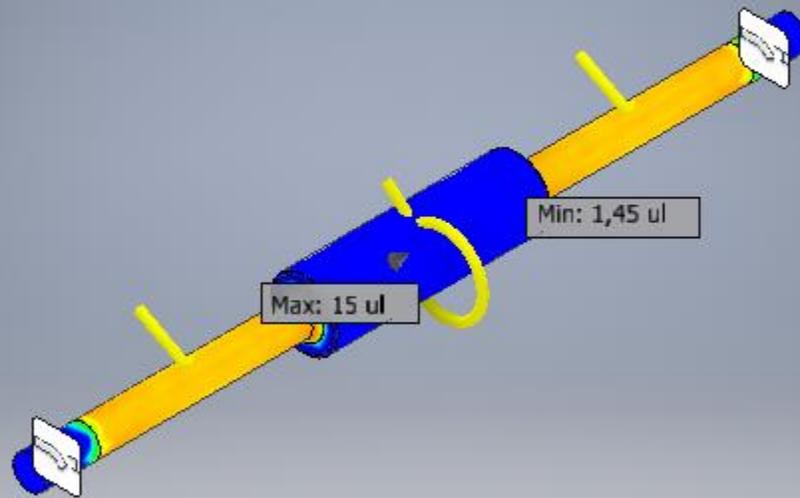
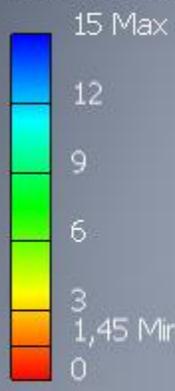


GRÁFICA NÚMERO 5 CON UN ESFUERZO DE TENSIÓN 0.2902 MPA MAX

Type: Safety Factor

Unit: ul

15/07/2022, 1:18:16 p. m.



## 5. MANUAL DE INSTALACIÓN Y MONTAJE

Este manual contiene toda la información necesaria para la correcta instalación de la máquina de seguimiento solar en dos ejes de un sistema electroneumático, el instructivo se recomienda que se lea atentamente este manual, antes de proceder a realizar algún ensamble.

### HERRAMIENTAS:

Juego de llaves fijas desde ¼” hasta

La ayuda disponible está formada por los siguientes aspectos:

Guía de programación

PROGRAMADOR SEMANAL DOBLE (DIN RAIL TIMER SWITCH)

MODELO 78193 / TM -812M-1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

FRECUENCIA: 45 – 60 Hz

CONTACTO: CONTACTO DOBLE

CORRIENTE DE CONSUMO: APROXIMADAMENTE 8VA EXACTITUD

DE ARRANQUE:  $\leq \pm 1$  segundo por día A 20°C

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:

16 amperios, 120/240Vac  Resistencia

8 amperios, 120/240Vac  Uso General

POTENCIA: ½ HP 120/240Vac

COMANDO DE SUICHEO: 1 MINUTO PARA TM-812

1 SEGUNDO PARA TM-812C

EXACTITUD DE SUICHEO: Precisión de un minuto para TM-812

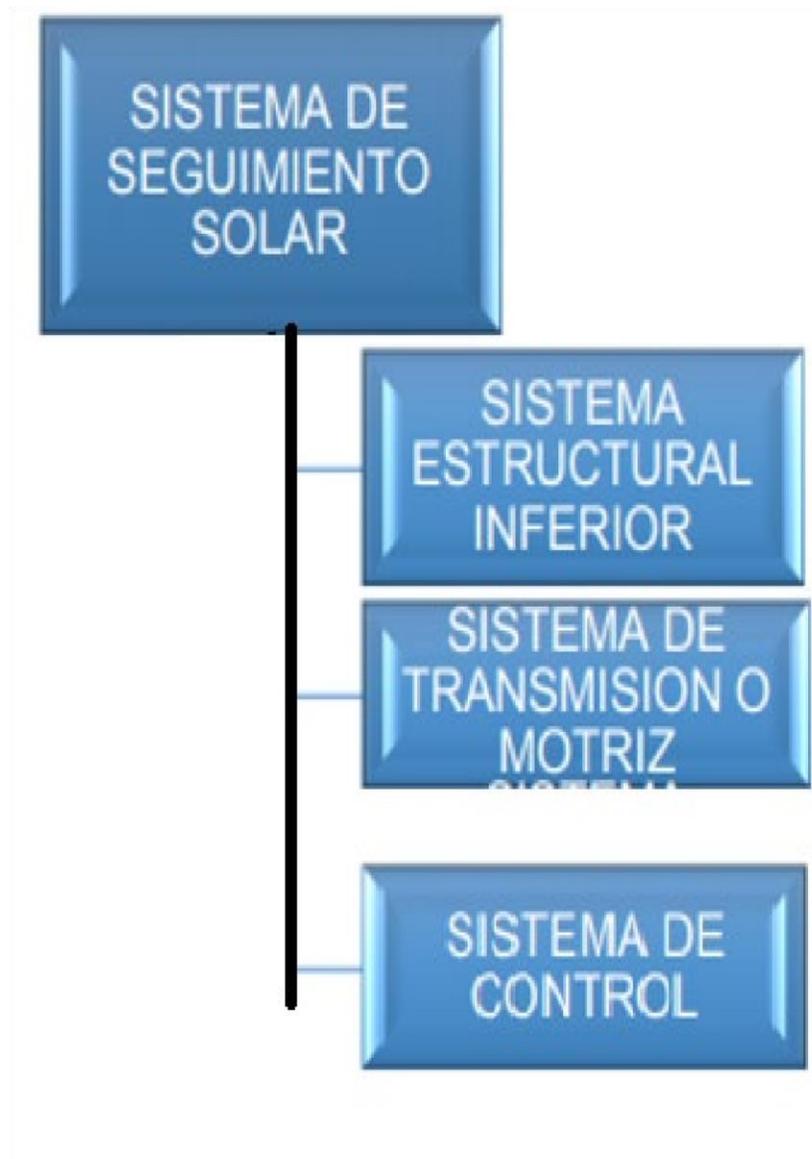
Precisión de un segundo para TM-812

MEMORIA SUPERIOR TRASERA: Batería de Litium referencia CR2032

TEMPERATURA ADMISIBLE AL AMBIENTE: Rango de  $10^{\circ}\text{C} \approx +45^{\circ}\text{C}$

En el siguiente esquema se muestran los pasos a seguir para efectuar un ensamble adecuado y exitoso.

Figura 33. Guía de ensamble

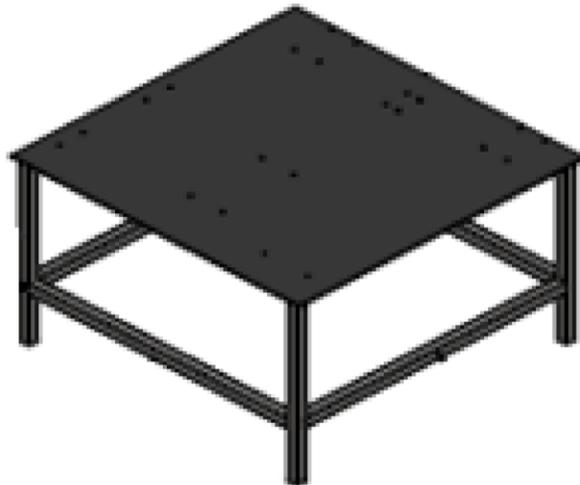


SISTEMA ESTRUCTURAL INFERIOR

## CUADRO NÚMERO 1: MONTAJE SISTEMA ESTRUCTURAL INFERIOR

Paso	Actividad
Paso 1	Se realiza cordón de soldadura 6011 circular en estructura metálica acero 1040 mesa en lámina de $\frac{1}{4}$ en vigas de perfil a $90^\circ$ con respecto a los 4 soportes que la sostienen.
Paso 2	Verificación que la estructura este a nivel

Figura 34. Estructura



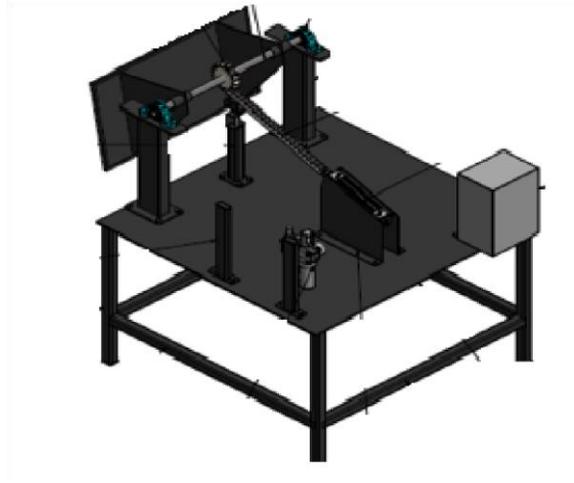
## CUADRO NÚMERO 2: SISTEMA DE TRANSMISIÓN O MOTRIZ

Paso	Actividad
------	-----------

<p style="text-align: center;"><b>PASO 1</b></p>	<p>Anclaje de parales de giro donde va soportado el panel solar fotovoltaico con tornillos de 3/8 x 2in de longitud grado 8.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 2</b></p>	<p>Anclaje de 2 soporte sy fag con rodamientos cónicos uc 205 con tornillos de anclaje de 1/2 x 2 in de longitud grado 8.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 3</b></p>	<p>Mecanizado de eje en acero 1045 diámetro de 1in con camisa a ambos lados de 25mm.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 4</b></p>	<p>Fabricación de 2 bujes en acero SAE 4140 Longitud de 80mm diámetro mayor de 38mm con perforación y roscado a prisionero brístol M8 maquinado a diámetro de 25mm.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 5</b></p>	<p>Anclaje base panel fotovoltaico y aplicación de soldadura a bujes de acero SAE 4140 para su correspondiente rotación.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 6</b></p>	<p>Anclaje soporte tensor con rodillo en acero inoxidable de espesor de 1in con tornillo de sujeción de 5/8in y anclaje a la mesa de tornillo de 3/8 x 1 1/2in grado 8 a una altura de 40cm quedando fijo a la estructura.</p>

<p style="text-align: center;"><b>PASO 7</b></p>	<p>Instalación de soporte para pistón de doble efecto referencia 87120 con carrera de salida 150mm rosca del vástago de M16 x 1.5 en paso, fuerza teórica de 170Kg, y con salida de conexión de ¼ Npt; dicho pistón posee una camisa de longitud de 24.5cm y 6.5cm de espesor. Instalación de cremallera con rosca milimétrica y longitud de 50 cm de longitud paso 60 con piñón de referencia <i>intermec</i> referencia 60B18.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 8</b></p>	<p>Anclaje de soportes para la ubicación de una unidad de mantenimiento referencia FRL marca Festo con salida a ½ NPT con manómetro conexión trasera y con caratula de 2in rango de 0 a 100 psi tarado a 40psi para alimentación a válvula 5/2 biestable con bobina a 24 Vac, dicha válvula posee conexión de ¼ Npt y con dos silenciadores regulables a 1/4npt.</p>

*Figura 35. Plano General*



CUADRO NÚMERO 3: SISTEMA DE CONTROL

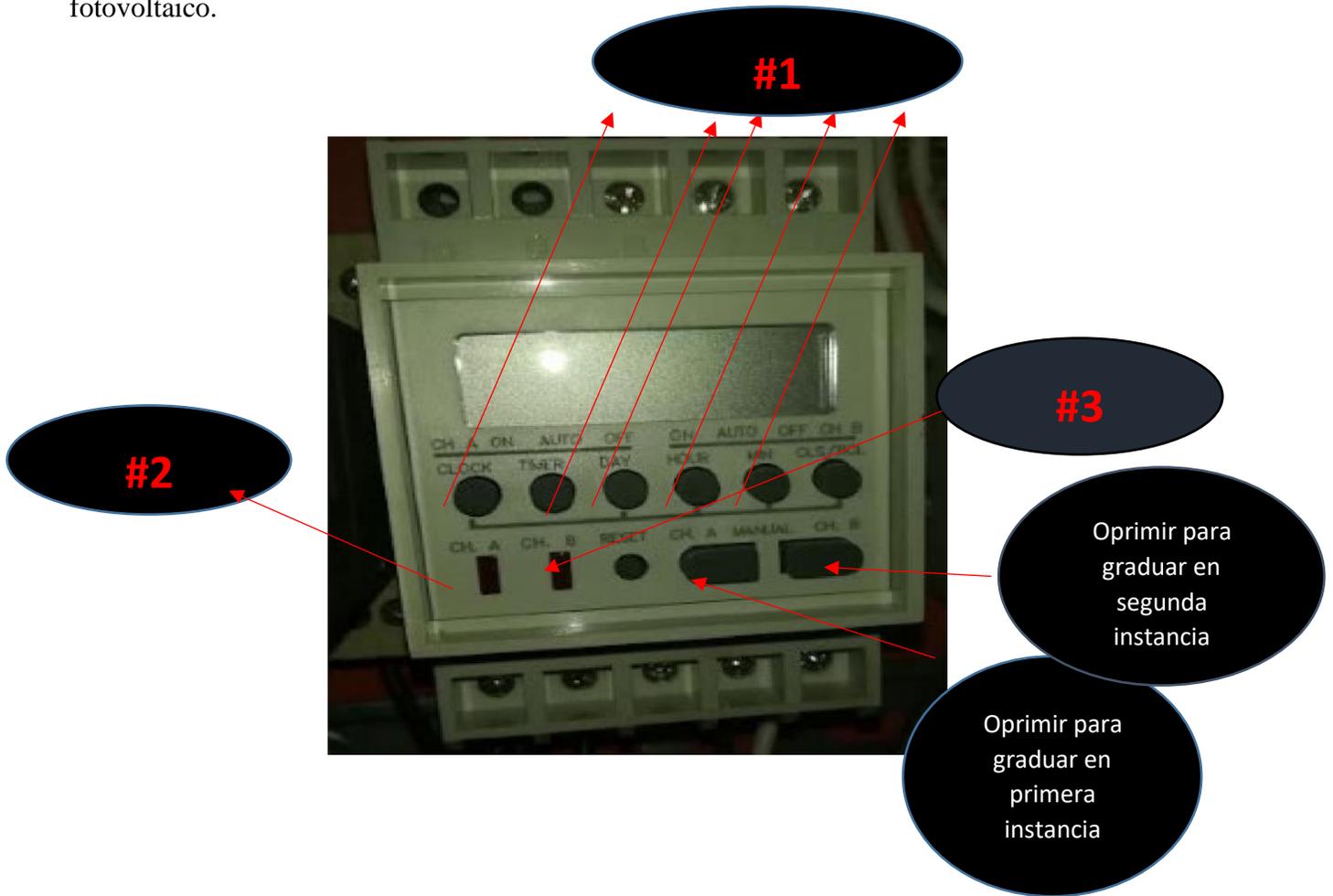
<p style="text-align: center;"><b>PASO 9</b></p>	<p>El sistema de control se encuentra conformado por un transformador dual de 24 0 24 Vac, 2 relevos 24Vac un reloj temporizado esto con el fin del que el usuario pueda programar el día la hora y el minuto para que el vástago salga y pueda hacer la secuencia determinada y a su vez levantar el panel solar fotovoltaico de tal manera que se determine a ángulos menores a 180°.</p>
<p style="text-align: center;"><b>PASO 10</b></p>	<p>Para la puesta en marcha del proyecto se utilizara una fuente de alimentación con aire con un compresor LT con manguera de salida de ½ para la conexión hacia la unidad de mantenimiento; dicho compresor genera una salida de 90 psi y está conectado a una fuente de alimentación de 110 VAC.</p>



## 6. MANUAL DE OPERACIONES

- El hongo de emergencia debe estar desactivado
  
- Colocar el selector de dos posiciones en on
  
- El usuario o la persona que vaya a operar la maquina debe tener un compresor LT (compresor de pistón) de aproximadamente 90 psi con conexión de voltaje a 110 Vac y una salida con manguera de ¼ con su respectiva reducción conectada a la unidad de mantenimiento (FRL); además de esto el compresor debe tener su respectiva válvula de seguridad para poder despresurizar el circuito; el usuario podrá graduar la unidad de mantenimiento a 40psi, presión requerida para poder alimentar el circuito neumático y a su vez realizar el desplazamiento del pistón de doble efecto.
  
- De acuerdo a la posición del sol el usuario deberá programar el reloj temporizador Teniendo como base los siguientes pasos:  
  
**#1** Programar la hora, día y fecha indicada por parte del usuario, dependiendo de la posición del sol.  
  
**#2** Graduar por el canal A (off, on) el tiempo en segundos requerido por el usuario para el desplazamiento del vástago y a su vez tener en cuenta la perpendicularidad del panel solar fotovoltaico.

#3 Graduar por el canal B (off, on) el tiempo en segundos requerido por el usuario para el retroceso del vástago y a su vez tener en cuenta la perpendicularidad del panel solar fotovoltaico.



## 7. MANUAL DE MANTENIMIENTO

### MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento consiste en realizar inspecciones para posibles reparaciones o cambios de componentes, este mantenimiento debido al poco movimiento y bajas velocidades del sistema se realizará preventivo programado o preventivo predictivo, con la observación que pueden presentarse averías o fallas en el sistema antes de lo previsto.

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	D	S	M	T
Revisión general del sistema (cremallera, tornillos y estructura en general)	x			
Revisión sistema motriz			x	
Revisión sistema eléctrico		x		
Verificación del sistema neumático (compresor LT)		x		
Ajustes de tornillería				x
Chequeo anclaje chumaceras y panel fotovoltaico		x		
Chequeo acople estructura (piñón eje y bujes)		x		
Chequeo Válvula 5/2 Biestable, Unidad de mto.		x		
Regulación y calibración sistema en general		x		
Aplicación de glicerina a manómetro de caratula de 2in			x	
Calibración reloj temporizador	x			
Lubricación General aplicación de grasa unirex #2 sistema mecánico				
Lubricación de sistema eléctrico con dieléctrico		x		

SIMBOLOGÍA DE LA FIGURA 6.3.1.

D	S	M	T
---	---	---	---

D: DIARIO

S: SEMANAL

M: MENSUAL

T: TRIMESTRAL

Realizando el análisis conceptual del sistema en general

## MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Se debe verificar el estado de las uniones atornilladas y de las soldaduras realizadas en el ensamble al sistema, en el caso de realizar un refuerzo de las soldaduras se recomienda que lo realice una persona con el conocimiento y el mismo tipo de soldadura en este caso con soldadura 6011 con cordón eléctrico circular.

## MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL

Se debe verificar el sistema eléctrico meguear las bobinas de los relevos y mirar las bobinas del transformador dual además de esto se debe verificar el estado de los fusibles si están abiertos de tal manera para pedirlos en un mantenimiento preventivo, por otro lado, se debe verificar si el cableado se encuentra sulfatado para realizar el correcto cambio del conductor. Se debe realizar limpieza de contactos con aceite dieléctrico q ayuda a remover partes oxidadas en el sistema eléctrico. El técnico encargado de manejar el programa deberá realizar la correcta programación del reloj temporizador de acuerdo a la hora, día semana o mes en general con relación al sistema horario del sol para que a su vez el panel pueda funcionar.

## MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento solo se realizará cuando un componente o pieza del sistema esté averiada y no haya otra alternativa más que remplazar dicho componente.

## MANUAL DE LUBRICACIÓN

Una lubricación correcta y un mantenimiento regular son importantes para un funcionamiento confiable y una prolongada vida en los elementos mecánicos como lo son la cremallera y el los puntos de lubricación de las chumaceras.

- En primera instancia se debe lubricar los puntos de lubricación de las 2 chumaceras y con rodamiento UC205mm el tipo de grasa para lubricar el rodamiento debe ser la grasa unirex número 2.

**TABLA NÚMERO 1  
LUBRICACIÓN**

<b>GRASA NÚMERO 2</b>	
ITEM	CARACTERÍSTICAS
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	ACEITE BASES Y ADITIVOS
<b>CÓDIGO DEL PRODUCTO</b>	2015A0207220
<b>USO PREVISTO</b>	GRASA
<b>USO NO RECOMENDADOS</b>	NINGUNO
<b>INFORMACION DEL PROVEEDOR</b>	EXXON MOBIL PETROLEUM & CHEMICAL BVA
<b>CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA</b>	NO CLASIFICADO
<b>ELEMENTOS DE ETIQUETA</b>	N-FENIL-1-NAFTILAMINA GENERA REACCION ALERGICA
<b>OTROS PELIGROS</b>	NINGUN PELIGRO SIGNIFICATIVO
<b>PELIGRO PARA LA SALUD</b>	IRRITACION A LOS OJOS Y A LA PIEL
<b>PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE</b>	NINGUNO
<b>COMPOSICIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES</b>	MATERIAL REGULADO CON MEZCLA

## TABLA NÚMERO 2 LUBRICACIÓN

COMPOSICION QUIMICA		
ITEM	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
SUSTANCIAS QUIMICAS Y DESCRIPCION PEQUEÑOS AUXILIOS	ACUTE TOX 4 H302	NAFTILAMINA
	SKIN IRRIT	2 H315
	ACIDO DINONILICO	SKIN IRRIT 2 H2 H 315
	INHALACION	NO APLICA
	CONTACTO CON LA PIEL	LAVADO DE MANOS
	CONTACTO OCULAR	LAVARSE CON ABUNDANTE AGUA
	SINTOMAS	CEFALEA
	MEDIOS DE EXTINSION	UTILIZAR AGUA NEBULIZADA
	PELIGROS ESPECIALES	ALDEHIDOS

### REFERENCIA

#### 10. MANUAL DE SEGURIDAD

#### MEDIDA DE SEGURIDAD GENERAL

Tener los elementos necesarios de protección personal

- Casco
- Botas dieléctricas
- Protector facial para desenergizar circuitos
- Dotación adecuada generada por la empresa a la que se vaya vender el producto.
- Guantes dieléctricos 3M

#### SEÑALES DE USO OBLIGATORIO



(INCENDIOS, 2022)

## SEÑALES DE EVACUACIÓN



(INCENDIOS, 2022)

## SEÑAL DE ALTO VOLTAJE



NO MANIPULE EL MECANISMO EN MOVIMIENTO

(Jiménez Aljure, 2016)

## MECANISMO EN MOVIMIENTO



(Jiménez Aljure, 2016)

## 8. MANUAL DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental será desarrollado bajo los componentes de tres aspectos como son consumo, impacto y otros riesgos, obteniendo así una evaluación ambiental de la máquina, con el objetivo de prevenir, corregir y proveer los efectos negativos sobre el ambiente.

- CONSUMO

### FUENTES HÍDRICAS

El sistema de seguimiento solar no estará abasteciendo, un lago, manantial, rio, acueducto ni pozo ya que son sistemas que no tienen ninguna incidencia con dicha componente.

- SUELO.

El proyecto no tiene contemplado cambios en los suelos o superficies en las cuales sea instalado el sistema de seguimiento solar, debido a que son condiciones de instalación, generalmente estas instalaciones se realizan en cubiertas o techos de las estructuras (edificios, casas, bodegas), no se tiene contemplada la tala de árboles por parte de la empresa

## ENERGÍA.

Los sistemas son abastecidos por la energía generada por el sistema fotovoltaico, por consiguiente, pueden ser instalados tanto en sistemas Off-grid, como en sistemas Gridtied.

- IMPACTO

Los posibles impactos de afectación que genere el sistema están relacionadas al mantenimiento y operación del sistema de seguimiento solar. Este impacto se evaluará en distintas categorías tales como: el aire, agua, suelo y cultura, que son aspectos directamente relacionados con el entorno y la máquina.

- AIRE.

La máquina no produce contaminación auditiva, además debido a su funcionamiento no genera humo, olores fuertes, basura orgánica, particular o gases. Aguas. Por el tipo de proyecto no se generan aguas servidas; sin embargo, en el mantenimiento del sistema puede utilizarse para lavar o limpiar los elementos del sistema una bayetilla con detergente y agua.

- SUELOS.

La basura ordinaria producida por el diseño, ensamble, puesta en marcha y mantenimiento se dispondrá para posteriormente ser llevados a un relleno sanitario o entregarlos a la entidad

encargada de dicho proceso. En el caso de los desechos especiales tales como varillas, cables, latas, entre otros. Se reutilizarán los materiales en otros proyectos o instalaciones, sin embargo, el material que no sea reutilizable por las cantidades será chatarrizado.

- CULTURAL.

El desarrollo, instalación o mantenimiento del sistema de seguimiento solar no afectará el patrimonio científico, cultural, arquitectónico o arqueológico.

## 9. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SESSB

1.



Fecha: 7 – 11 – 2022

Número: 001

Locación: Barrio el Edén, carrera 2º, calle 6 A número 9 46, Madrid Cundinamarca.

Fotógrafo: Juan David Hernández

Objeto: El diseñador-creador del SESSB junto al artilugio (aparato).

2.



Fecha: 7 - 11 - 2022

Número: 002

Locación: Barrió el Edén, carrera 2º, calle 6 A número 9 46, Madrid  
Cundinamarca.

Fotógrafo: Juan David Hernández

Objeto: El diseñador-creador del SESSB junto al artilugio.

#### VIDEOS EXPLICATIVOS DEL PASO A PASO DEL SESSB

Video número 01 <https://www.youtube.com/watch?v=ESodRzv-YzA>

Video número 02 <https://www.youtube.com/watch?v=pasqP5opd7Q>

Video número 03 <https://www.youtube.com/watch?v=Xeov3LkZ5Ls>

Video número 04 <https://www.youtube.com/watch?v=Wt2mudFbi40>