



SISTEMA AUTOMÁTICO DE PANELES SOLARES CON REDIRECCIONAMIENTO Y 2 GRADOS DE LIBERTAD PARA EL POBLADO DEL ANEXO DE QUEÑUAMARCA – AREQUIPA

PRESENTADO POR:

BACH. ACUÑA CHUMPITAZI, MANUEL ALEJANDRO

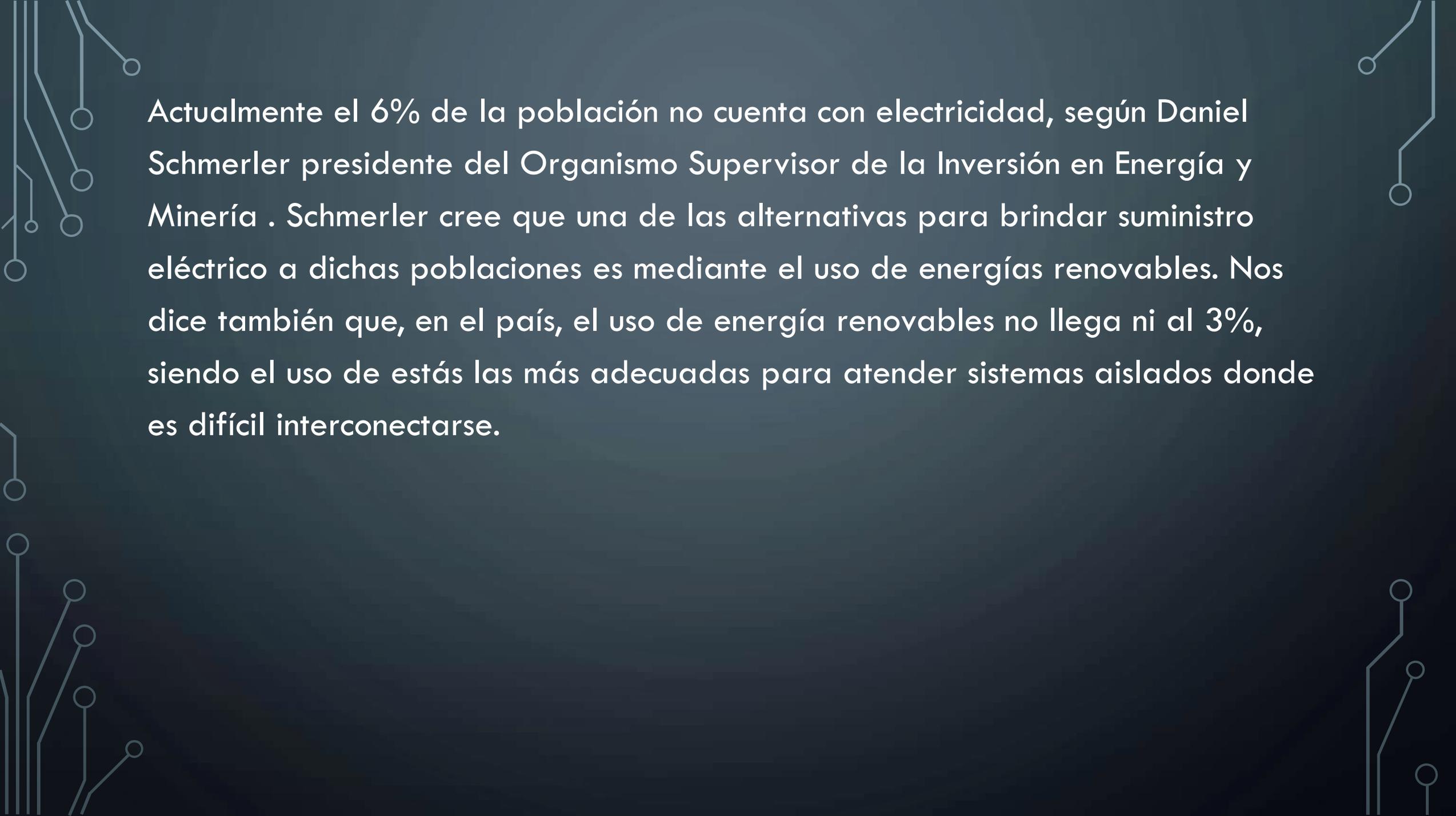
BACH. NINA ALDAMA, RAÚL RODRIGO

ASESOR:

MG. ING. RICARDO PALOMARES ORIHUELA

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el uso de energías renovables está siendo observado desde un punto de vista positivo, más países esperan implementar el uso de este tipo de energía de forma masiva, ya que esta, no contamina el medio ambiente y suelen encontrarse a disposición del ser humano para su uso. Desde el 2004, alrededor del mundo se ha invertido más de 2.9 billones de dólares en ellas. Siendo la energía solar, una de estas y a su vez, unas de las más usadas, junto con la eólica, ya que se puede encontrar en cualquier lugar sobre la superficie terrestre.



Actualmente el 6% de la población no cuenta con electricidad, según Daniel Schmerler presidente del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería . Schmerler cree que una de las alternativas para brindar suministro eléctrico a dichas poblaciones es mediante el uso de energías renovables. Nos dice también que, en el país, el uso de energía renovables no llega ni al 3%, siendo el uso de éstas las más adecuadas para atender sistemas aislados donde es difícil interconectarse.

PROBLEMATIZACIÓN

La implementación de energías renovables en el anexo de Queñuamarca es inexistente, no hay aprovechamiento de esta. La cual el presente proyecto de investigación demostrará que el uso de energía solar fotovoltaica es la más apta para los pobladores de Queñuamarca por su concentración de energía solar al año.

- Los problemas en el sector de salud son las principales causas de morbilidad, entre ellas las enfermedades del Sistema respiratorio. Al no contar con un sistema energético, la población utiliza, ya sea por su abundancia, bajo coste o de fácil adquisición, el uso de combustible como el querosene, la leña o el carbón para cocinar e iluminarse.

- Respecto a los problemas con el nivel de educación del 100% de población, el 18.4 % del total de la población del distrito no tiene ningún tipo de instrucción, lo que hace notar el alto grado de analfabetismo que existe en el lugar antes dicho, solo un 1.9% de la población ha alcanzado el nivel de educación inicial, el 31.3% de la población urbana del distrito a alcanzado el nivel primario y un 30.4% alcanzo el nivel secundario, además cabe indicar que solo el 5.9% de la población termino una carrera superior no universitaria, así como del 8.3% de la población que inicio una carrera universitaria un 7.3% la acabo.

- En el aspecto económico, las horas laborables dentro del poblado son dependientes de la luz solar en el día ya que al no contar con electricidad y mucho menos un alumbrado público que funcione el trabajo en el campo se vuelve tedioso. En el aspecto ganadero, en lo que concierne a la venta de carnes, por la carencia de energía eléctrica, no pueden refrigerar sus carnes para una venta prolongada, entonces cuando ya la carne no es comprada, probablemente por el estado de putrefacción, se pasa a desechar la carne.

DISEÑO

Condiciones iniciales

- **Sistema eléctrico:**

- Los paneles a usar tienen que trabajar a un rango de temperatura mayor a 30°C , consecuente de la radiación solar en Arequipa.
- Los paneles a usar tienen que soportar las condiciones ambientales del departamento de Arequipa.
- Las dimensiones de los paneles tienen que ser de un tamaño comercial ya que la compra de estos y su forma modular facilitan la implementación del sistema.
- Las baterías a utilizar tienen que soportar un ciclo elevado de carga y descarga y su vez deben de ser de un valor comercial.
- El sistema dará abastecimiento eléctrico a el anexo de queñuamarca, por lo cual su autonomía tiene que ser de 4 días.
- Los cables a utilizar tienen que ser resistentes en lugares secos y húmedos, y deben de tener un rango de operación de temperatura mayores a los 50°C y tienen que estar normalizados por el Código Nacional de Electricidad.
- Los actuadores para el movimiento tienen que tener el suficiente torque para mover la estructura.

- **Sistema mecánico:**

- El sistema tiene que tener los grados de libertad necesarios para un movimiento de elevación y azimut.
- La estructura de los paneles tiene que ser de un material lo suficientemente ligero como para permitir el movimiento, pero a su vez tiene que ser resistente.

- **Sistema electrónico:**

- Los inversores a usar tienen que tener un controlador de carga integrado para que así se pueda controlar el almacenamiento y a su vez la inversión de la energía.
- Los sensores a utilizar, tienen que identificar el cambio de luminosidad con precisión.
- El tratamiento de la señal del sensor tiene que estar adecuada dentro de los rangos del ADC del controlador a usar.
- El controlador a utilizar tiene que tener entradas analógicas como digitales y a su vez tiene que ser un controlador de poco consumo.

SISTEMA ELÉCTRICO

En el dimensionamiento de nuestro sistema, primero realizamos nuestro cuadro de carga teórico. Ver tabla 3.

Estimado de consumo de energía eléctrica doméstica			
Cargas	Cargas Instaladas (W)	Horas (h/días)	Energía (Wh/día)
Alumbrado 50m ²	100	6	600
Tomacorriente	500	5	2500
TOTAL	600		3100

Tabla 3: Cuadro de cargas teórico

En la tabla 3 hemos determinado nuestra Potencia máxima del sistema que es de 600W y de igual manera el consumo energético teórico que es de 3100Wh/día

Los parámetros escogidos para la ecuación (2) son los siguientes:

- $K_b = 0.05$; puesto que el sistema no demandará cargas intensas ya que las cargas son mínimas ya que se estima un uso de 3100 Wh.
- $K_c = 0.05$; puesto que los artefactos e iluminarias trabajan con una señal alterna sinusoidal pura.
- $K_v = 0.15$; puesto que será un diseño más eficiente si se considera la mayor cantidad de pérdidas.
- $K_a = 0.005$; puesto que las baterías tendrán una auto descarga media.
- $N = 4$ días
- $Pd = 1 - Pdd$; Se busca que no supere una profundidad de descarga diaria de 80%



Necesitamos hallar la profundidad de descarga, esta no debe de superar el 80%.

A continuación, en la tabla 4 se hace un cuadro comparativo para evaluar la batería más adecuada para el sistema.



Baterías	Características
Plomo-Ácido	<p>Tecnología madura, aún sigue fuerte luego de más de 150 años en el mercado, bajo costo, buena duración de la batería, alto contenido reciclado.</p> <p>Limitada profundidad de descarga, baja densidad energética, huella de contaminación grande, alta necesidad de mantenimiento, corrosión de los electrodos, vida útil limitada. Funcionamiento a 25°C, si la temperatura aumenta se incrementa la capacidad de la batería, pero disminuye su durabilidad.</p> <p>Profundidad Descarga Diaria = 50%</p>
Niquel-Cadmio	<p>Tecnología madura, costos elevados, densidad de energía baja, usa químicos tóxicos. Tiene efecto memoria. Sus electrolitos son inestables a temperaturas altas.</p> <p>Profundidad Descarga Diaria =65%</p>
Litio	<p>Gran densidad de energía, buen ciclo de vida, alta eficiencia de carga y descarga, buena escalabilidad, aplicaciones versátiles.</p> <p>Alto costo de producción, extremadamente sensible a sobrecalentamiento por sobrecarga.</p> <p>Profundidad Descarga Diaria =80%</p>

Tabla 4: Cuadro comparativo de baterías

Se concluye que la batería a utilizar según las características mencionadas en la tabla 4 fue la batería de litio por lo cual, la profundidad de descarga para nuestra ecuación (2) es del 20%

$$Pd = 100\% - 80\% = 20\%$$

Entonces la ecuación (2) queda la siguiente manera:

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.15) * \left(1 - \frac{0.005}{0.2} * 4\right) = 0.731$$

Usando (2) en la ecuación (1):

$$E = \frac{3100}{0.731} = 4240.76 \text{ Wh} \approx 4241 \text{ Wh}$$

Para hallar el consumo efectivo, como se puede ver en la ecuación (3), primero se necesita determinar el voltaje que tendrá el sistema.

Por lo tanto, se concluye, que el voltaje del sistema con el que se trabajó fue de 12V. Teniendo este valor y consumo energético efectivo de la ecuación (1), se calcula el consumo efectivo con la ecuación (3):

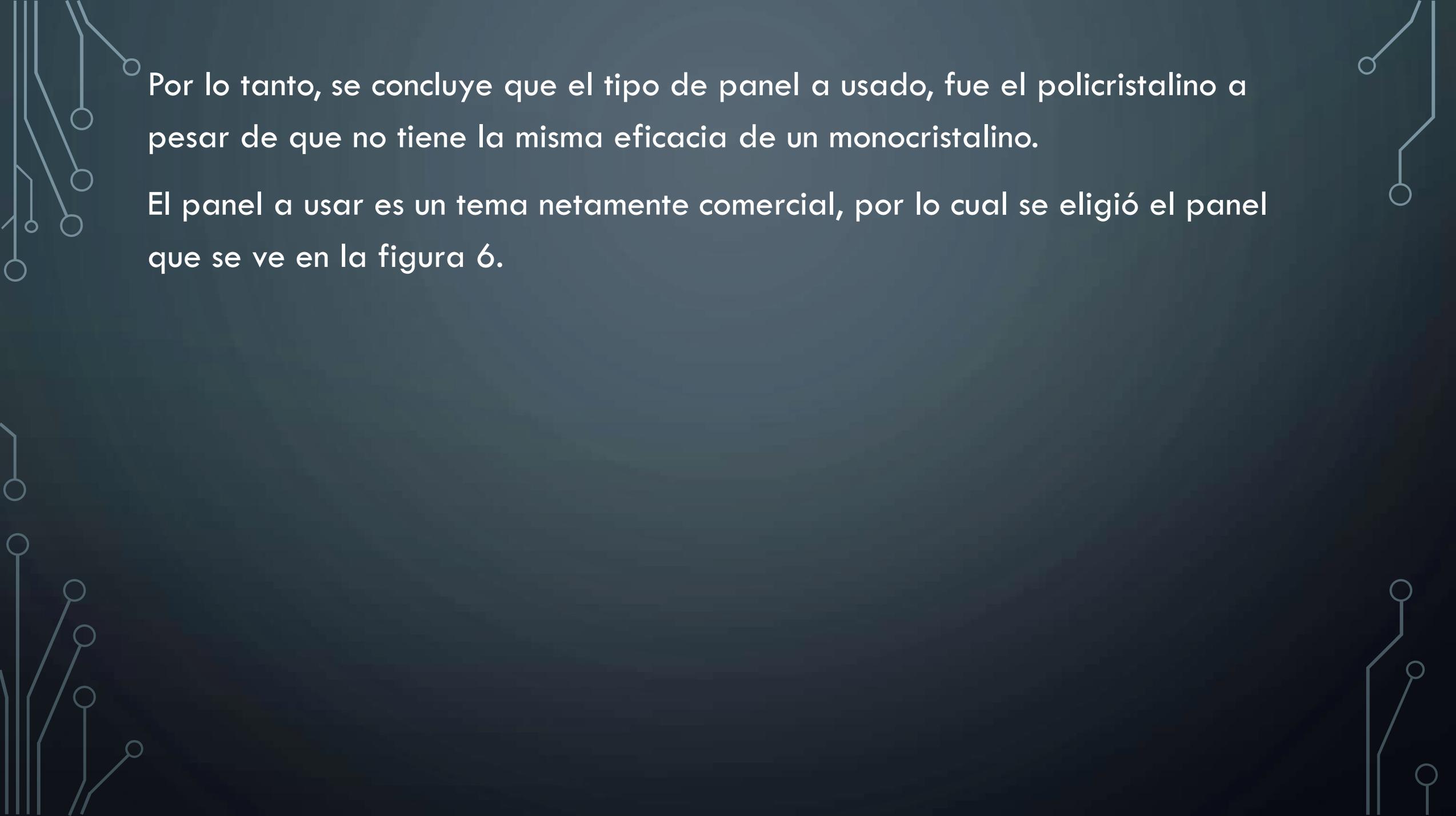
$$\text{Consumo efectivo (Ah)} = \frac{4241Wh}{12V} = 353.416 \approx 354$$

De la ecuación (3) se obtiene que 354Ah es el consumo efectivo que tendrá nuestro sistema.

En el dimensionamiento de paneles, primero se tiene que tener en cuenta que, para sistemas solares, hay dos tipos de paneles. Policristalino y monocristalino, ambos con sus propias características y propiedades. A continuación, en la tabla 5, se hace un cuadro comparativo de diversas propiedades.

Panel	Ambiente de operación	Eficiencia	Calentamiento	Precio
Policristalino	Climas cálidos	Resulta ligeramente menos eficiente	Rapidez en el proceso de calentamiento	Costo bajo
Monocristalino	Climas más fríos y con tendencia a tormentas y niebla	Resulta ligeramente más eficiente	Lentitud en el proceso de calentamiento	Costo Alto.

Tabla 5: Cuadro comparativo de paneles



Por lo tanto, se concluye que el tipo de panel a usado, fue el policristalino a pesar de que no tiene la misma eficacia de un monocristalino.

El panel a usar es un tema netamente comercial, por lo cual se eligió el panel que se ve en la figura 6.



Panel Solar 200W 12V



Especificaciones

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm ²
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg



Figura 6: Panel Solar ERA 200W

Según la figura 6, su potencia máxima es de 200W y trabaja a una tensión de 12V. Entonces en la ecuación (4) tenemos:

$$\text{Número de Paneles} = \frac{4241}{5.45 * 200} = 3.89 \approx 4$$

Se van a utilizar 4 paneles. Como la tensión del sistema será de 12 V, el arreglo de paneles será en paralelo.

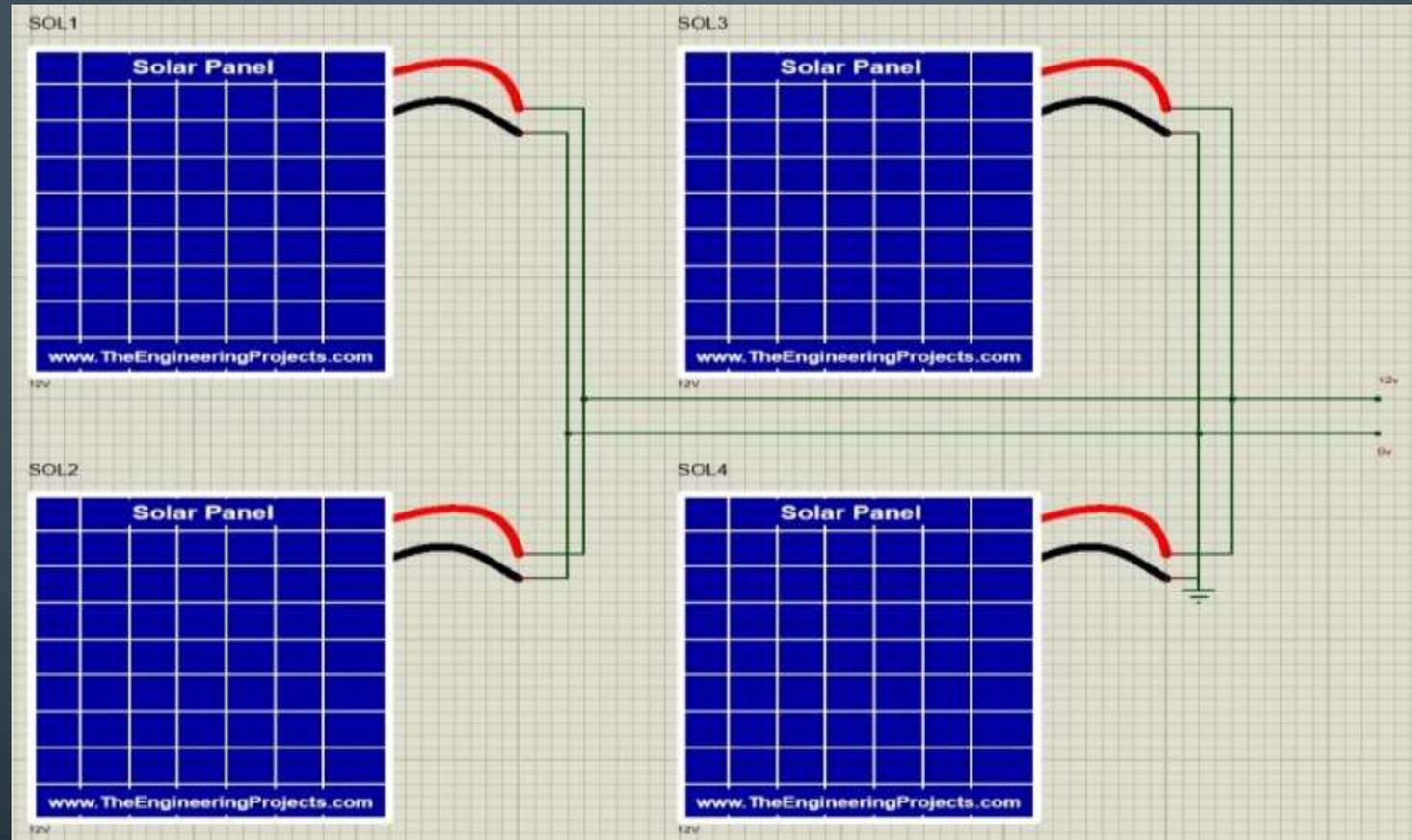


Figura 7: Arreglo de Paneles

De la Figura 6, obtenemos la corriente de cortocircuito (I_{sc}) del panel que es de 11.86A, Por lo tanto, reemplazando esos valores para la ecuación (7):

$$I \text{ de Controlador} = 4 * 11.86 * 0.731 = 34.678A \approx 35A$$



PC1500B Series
PWM - Regulador carga solar

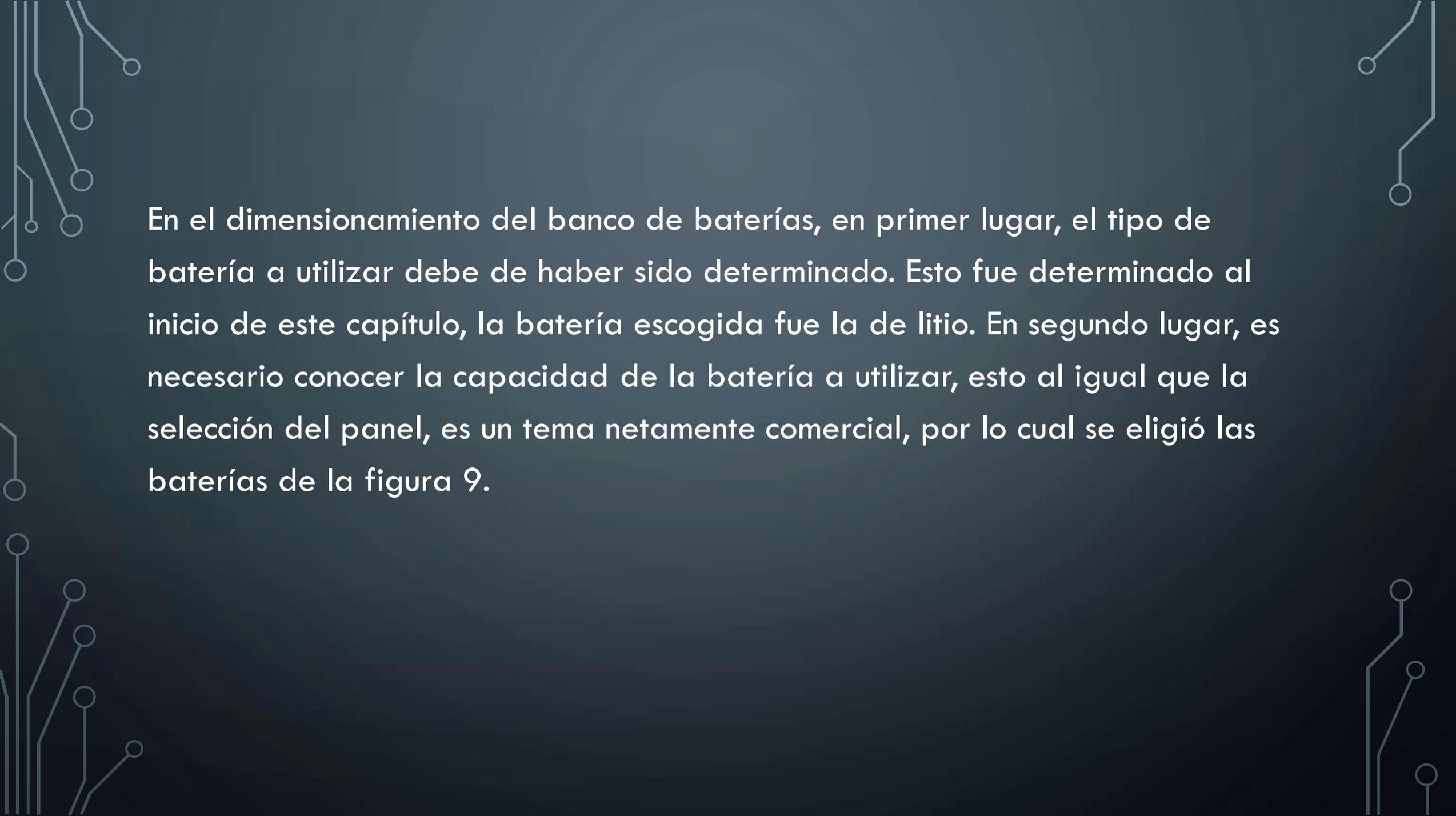
Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Modelo: PC1500B-60DU

Introducción:

Figura 8: Controlador de Carga PC1500B



En el dimensionamiento del banco de baterías, en primer lugar, el tipo de batería a utilizar debe de haber sido determinado. Esto fue determinado al inicio de este capítulo, la batería escogida fue la de litio. En segundo lugar, es necesario conocer la capacidad de la batería a utilizar, esto al igual que la selección del panel, es un tema netamente comercial, por lo cual se eligió las baterías de la figura 9.

Multi-application - LiFePO4 Power

CE **UE-12Li200BL**

Issued Date > 2017-07-26

Issued Version > V00



LITHIUM IRON PHOSPHATE BATTERY



1. General Information

This specification defines the performance of rechargeable LiFePO4 battery pack **UE-12Li200BL**, manufactured by MASTER BATTERY, S.L., describes the type, performance, technical characteristics, warning and caution of the battery pack. The battery pack support Bluetooth communication function. Through Android and IOS APP, can read the battery status and information. Especially due to the Android system's openness, different smart phone manufacturer will have their own different Bluetooth hardware version and customized feature Android systems. So the APP may not work well on some smart phones (with Android system) due to compatible issue. It is necessary for the customer to confirm whether the phone is compatible for the APP.

2. Specification (@Battery initial Temp $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$)

NO.	Items	Description
1	Rated Capacity	200Ah
	Minimum Capacity	190Ah
2	Energy	2.56KWh
3	Nominal Voltage	12.8V
4	Outgoing Voltage	$\geq 12.8\text{V}$
5	Internal resistance	$\leq 200\text{m}\Omega$
6	Series parallel application	Series connection is prohibited
7	Limited charge voltage	$14.6 \pm 0.2\text{V}$
8	Floating charge voltage	$13.8 \pm 0.2\text{V}$
9	Standard charge current	60A
10	Maximum charge current	80A

Figura 9: Batería de Litio Upower 12 V 200Ah

Según la figura 9, esta batería tiene una capacidad de 200Ah, por lo que el número de baterías en paralelo a utilizar según la ecuación (7) es:

$$\text{Número de Baterías en Parelelo} = \frac{354 * 4}{200 * 0.8} = 8.85 \approx 9$$

Se utilizará 9 baterías en paralelo. Para hallar el número de baterías en serie, se necesita conocer la tensión de trabajo de la batería. Según la figura 8, la tensión de trabajo de la batería es de 12V. Por lo que la ecuación (8) es reemplazada por los valores obteniendo:

$$\text{Número de Baterías en serie} = \frac{12}{12} = 1$$

Calculo del inversor de corriente.

$$Potencia\ de\ Inversor = 1.25 * 600W = 750W$$

De la ecuación (9) obtenemos el valor de la potencia del inversor necesario para el sistema es de 750W y una entrada DC de 12V.

El inversor escogido es el que se aprecia en la Figura 10.

Must Solar 1000W - 12V - PWM 50A



PV1800 PK Series Inversor de Alta Frecuencia

Características:

- Potencia Nominal de 1000W
- Onda Senoidal Pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador de carga PWM de 50A
- Nuevo modo de Trabajo SUB combinando la carga solar y la carga desde generador o de red eléctrica al mismo tiempo y manteniendo la potencia de salida
- Protección contra sobretensión y contra sobrecarga
- Formato compacto y ligero
- Función de arranque en frío
- Con programa para PC (CD Incluido) para programación del Inversor
- Pantalla LCD para monitorización directa

Figura 10: Inversor de 1000W PV1800

$$\text{Corriente máxima} = \frac{600W}{12V} = 50$$

En la tabla 6 se observan los calibres de los tipos de conductores y el amperaje que soporta cada uno de estos.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máx		
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	Tipo	Tipo	Tipo
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW
	Cobre		
18	----	----	14
16	----	----	18
14	15	20	25
12	20	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	115

Tabla 6: Amperaje de cables por calibre y aislamiento

Según la tabla 6, se concluye, que el calibre a utilizar es el 8 AWG con asilamiento THW.

El actuador a utilizar tiene que tener un par de considerado para poder mover la estructura.

En la tabla 6, se muestra un cuadro comparativo de los actuadores considerados para el sistema.

Características	Motor paso a paso	Servomotor	Motor DC con caja de engranajes y encoder
Controlador de posición	Externo, drivers	Incluidos	Incluido
Grados de Rotación	360°	90°/180°/270°/360°	360°
Par	Alto	Moderado	Alto
Precisión de movimiento	Superior al Sevomotor	Alto	Moderada
Consumo energético	Alto	Moderado	Moderado
Costo	Alto	Alto	Moderado

Tabla 7: Cuadro comparativo de actuadores

Se concluye, que el actuador a utilizar será un motor DC con caja de engranajes y encoder.



Figura 11: Motor DC

Para el control de cambio de giro de estos motores necesitamos un puente H de alta potencia. La facilidad utilizar el Arduino, nos da soluciones modulares como lo es el módulo Puente H de alta potencia BTS7960 que soporta hasta 43A.



Figura 12: Modulo BTS760

El sistema netamente eléctrico estaría conectado de la siguiente forma como se puede observar en la figura 13 y figura 14.

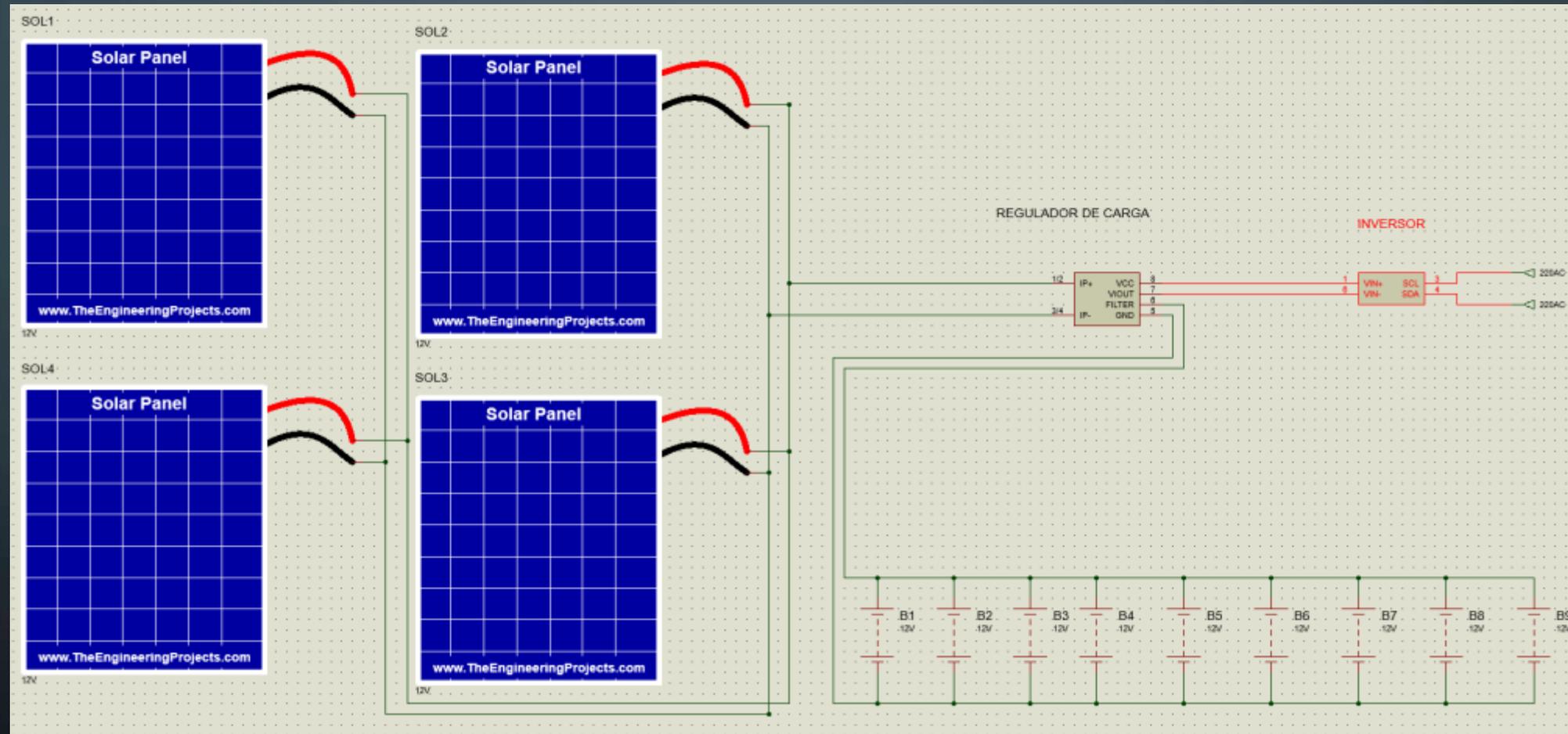


Figura 13: Circuito Eléctrico

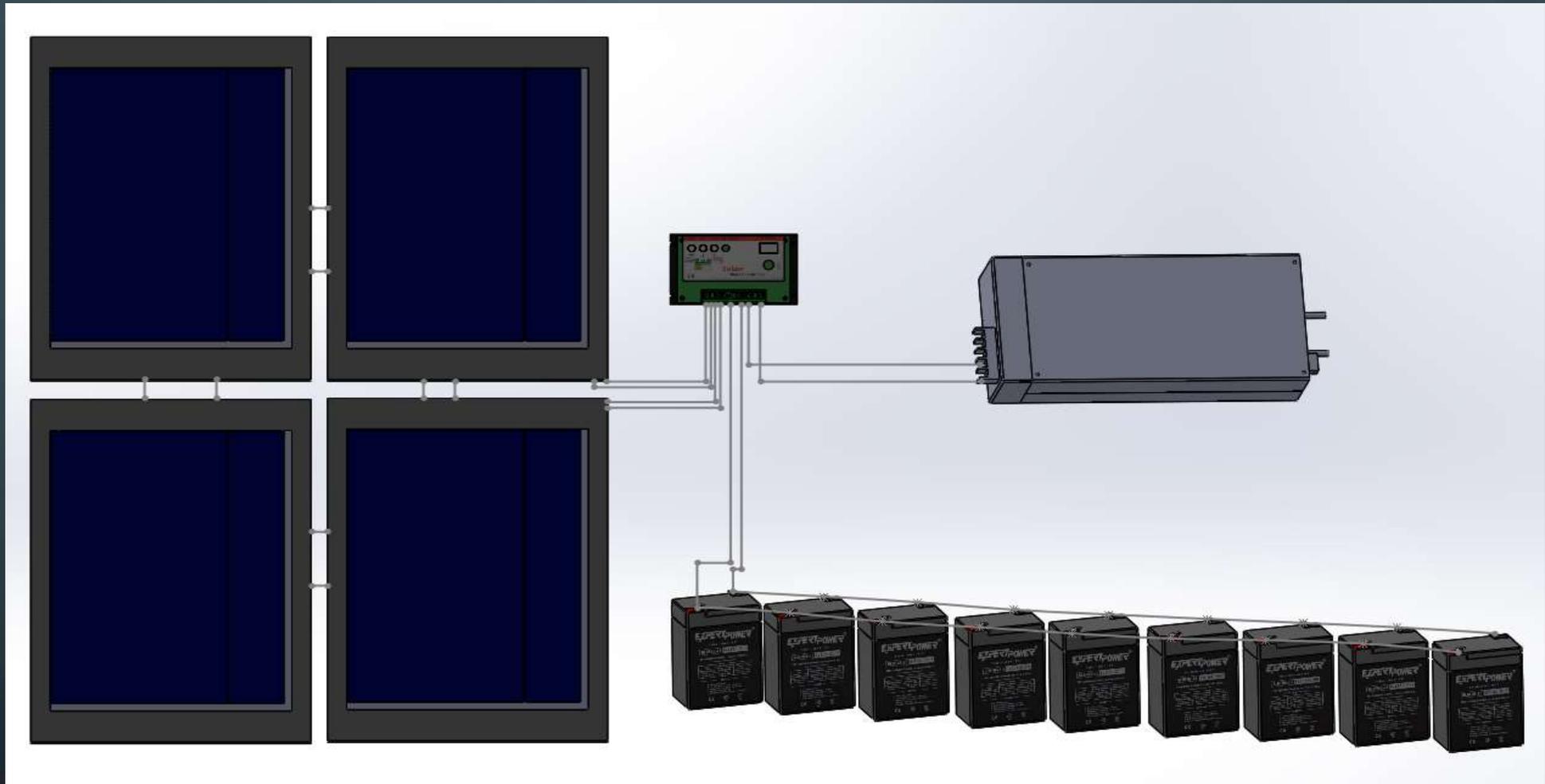


Figura 14: Circuito Eléctrico en 3D

SISTEMA MECÁNICO

En la tabla 8 los diferentes tipos de seguidores según el tipo de movimiento que realicen y según su algoritmo de seguimiento. Se determinará cual es el más óptimo según las características requeridas.

Características	Seguidor de 1 eje	Seguidor de 2 ejes
Rotación de la superficie de captación	Angulo azimutal 30% más de producción de electricidad respecto a instalaciones fijas	Angulo de elevación y Angulo azimutal 40% más de producción de electricidad respecto a instalaciones fijas
Costo de Mantenibilidad	Media	Alto
Capacidad de giro	Menos de 180°	360°
Rendimiento respecto a un eje fijo	Rendimiento de 10 a 25%	Incremento de rendimiento de un 30 a 45%

Tabla 8: Cuadro comparativo de seguidores solares

Visto la tabla anterior se pudo determinar que las características según la rotación de la superficie de captación en el seguidor de 2 ejes es el más óptimo para el diseño, ya que cumple los requisitos que es tener el ángulo de elevación y el ángulo azimutal.



Figura 15: Rendimiento de eje fijo con respecto a 2 ejes

Para la elección de materiales se ha elegido a comparación los materiales más utilizados en estructuras metálicas como se puede ver en la tabla 9.

Características	Aluminio	Hierro	Cobre	Acero	Titanio
Ligereza(densidad kg/m ³)	2700	7874	8960	7850	4507
Dureza HB	20	175	35	120	200
Velocidad de corrosión kg/Amp-año	3.0	9.1	20.8	9.1	4.3
Conductividad eléctrica S/m	37,7x10 ⁶	9,93x10 ⁶	58,108x10 ⁶	3x10 ⁶	2,38x10 ⁶
Conductividad Térmica W/(K.m)	237	80,2	400	13-17	21,9
Grado de fusión en °C	660	1535	1084	1.400	1668
Modulo elástico GPa	70	200	110	210	105

Tabla 9: Cuadro comparativo de materiales

El material seleccionado para los pernos fue el acero inoxidable, mientras que el de la estructura será de aluminio.

Dimensionamiento del Soporte de panel

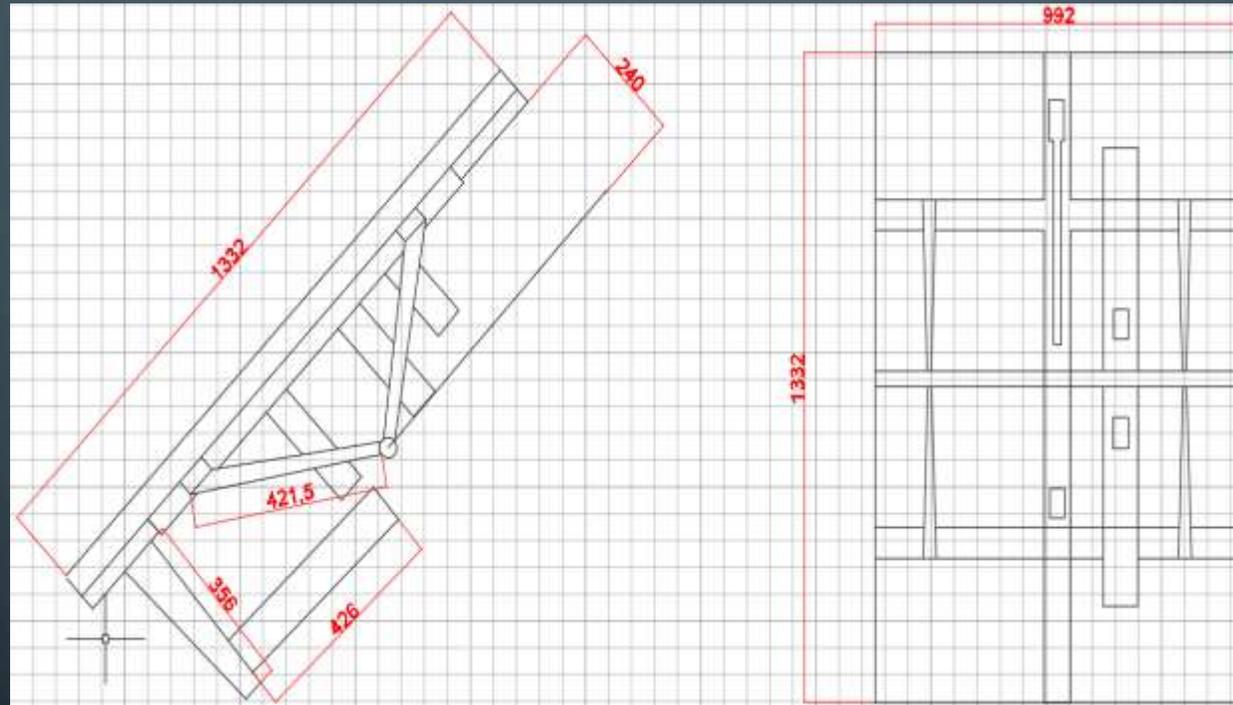


Figura 16: Planos de la estructura realizados en AutoCAD

- Dimensionamiento del soporte de panel y soporte vertical

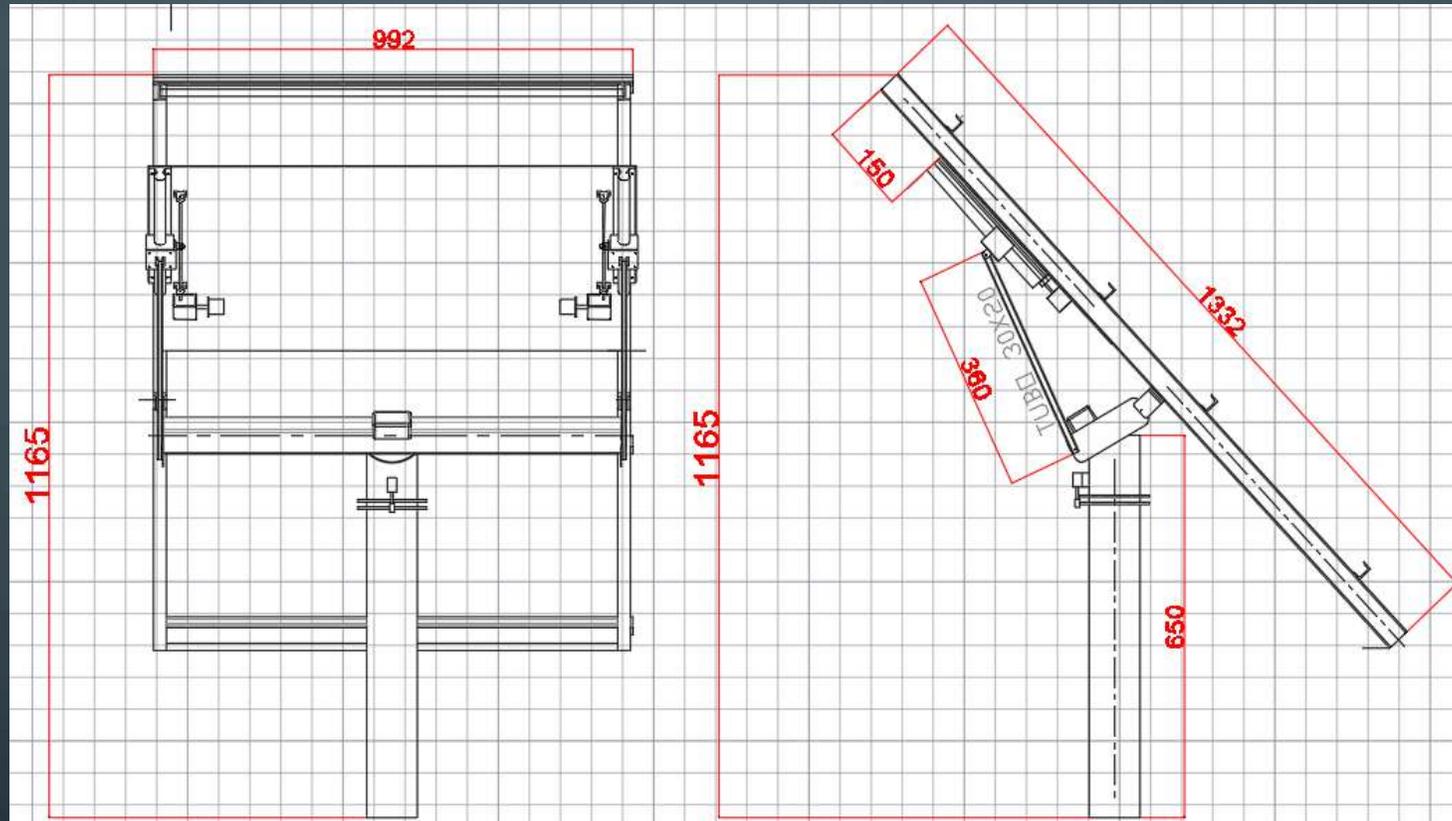


Figura 17: Planos de la estructura realizados en AutoCAD

Soporte de panel en 3D.

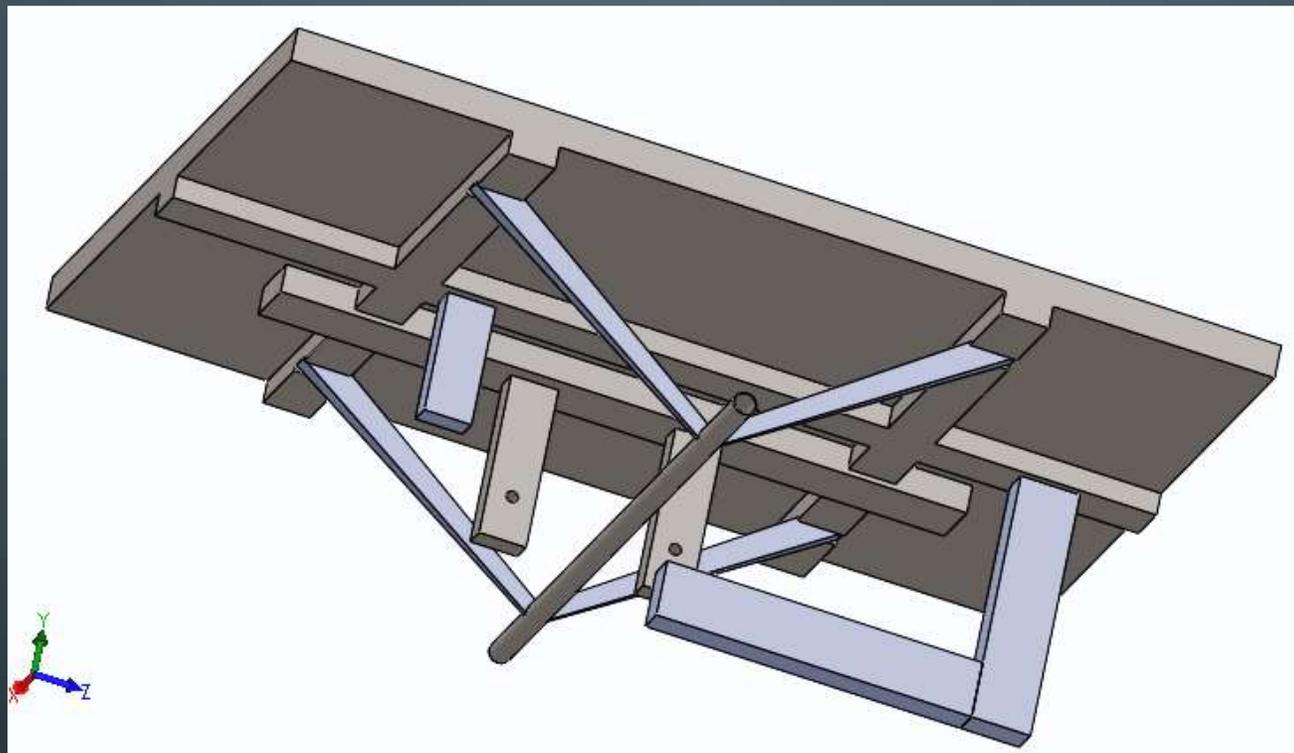


Figura 18: Solido de la estructura realizado en SolidWork

- Soporte Base

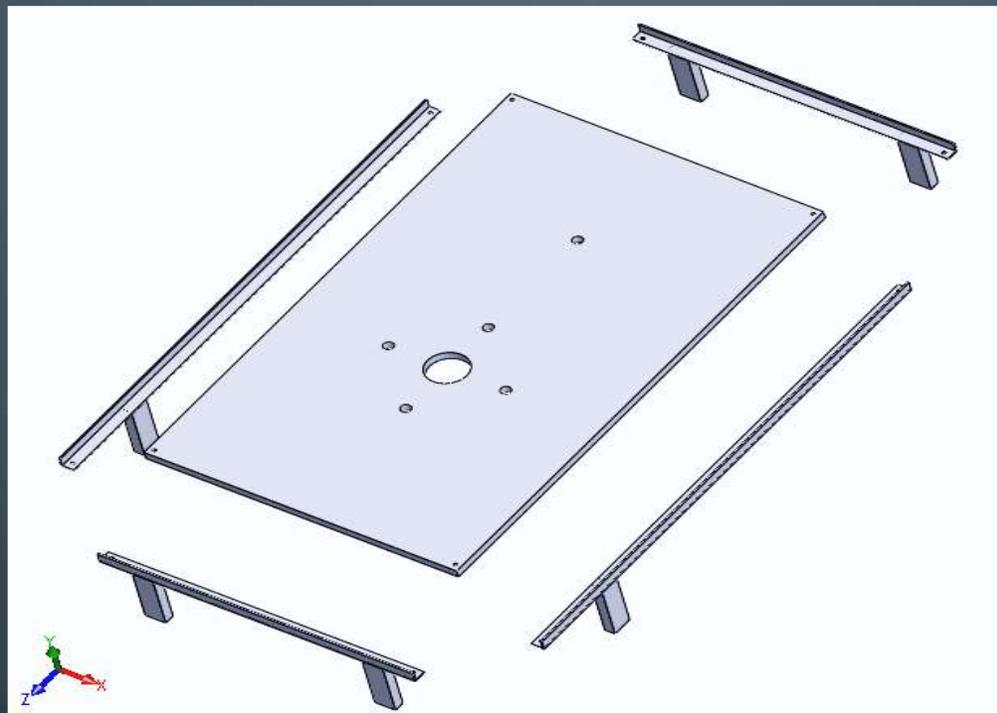


Figura 19: Solido del soporte base realizado en SolidWorks

Soporte tipo V

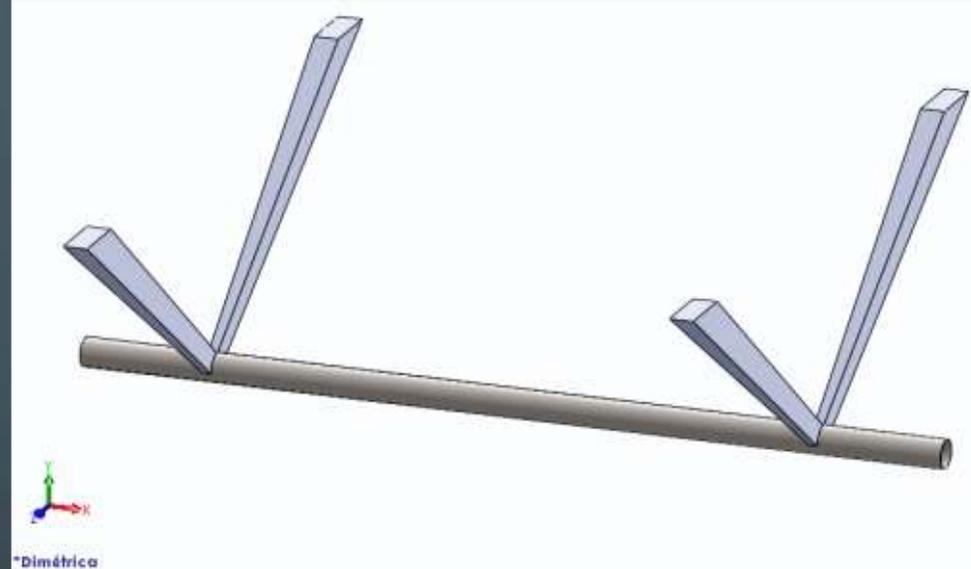


Figura 20: Solido del soporte tipo v realizado en SolidWork

Se utilizará piñones o engranajes para el movimiento de la estructura que junto a los actuadores dará lugar al movimiento esperado. Ver figura 21.

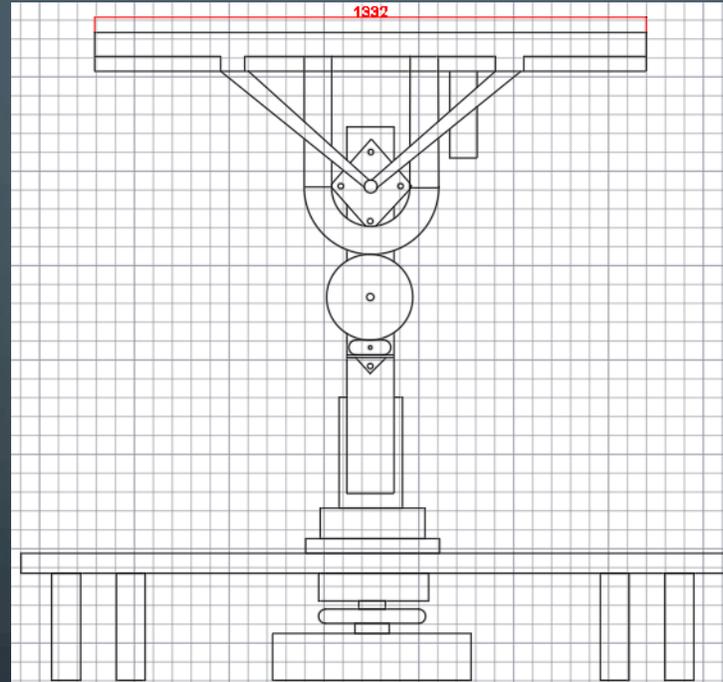


Figura 21: Plano de la estructura realizado en AutoCAD

Los cálculos de los piñones

Sistema de elevación:

Relación de transmisión

$$r = \frac{z1}{z2} = \frac{34}{68} = \frac{1}{2}$$

Sistema de azimut:

Relación de transmisión

$$r = \frac{z1}{z2} = \frac{16}{32} = \frac{1}{2}$$

Para analizar los esfuerzos y las tensiones, se tiene que considerar la estructura en su forma más crítica, la cual es la siguiente. Ver figura 22.

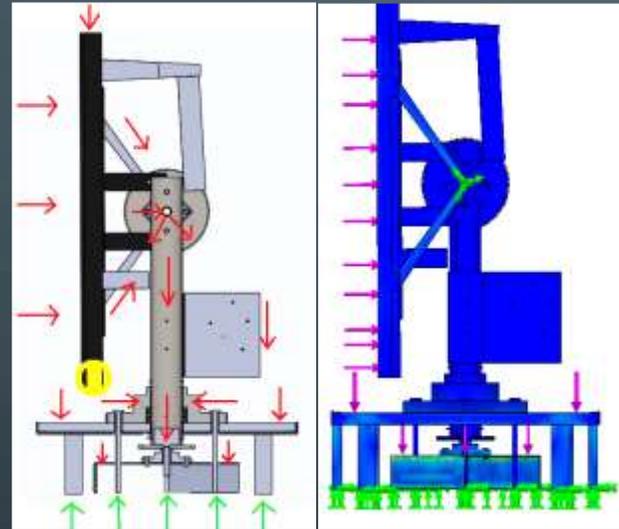


Figura 22: Estructura en posición crítica

El resultado de tensiones en Solidworks Simulation donde se vio que no hay deformación por tensiones como se puede apreciar en la siguiente figura 23.

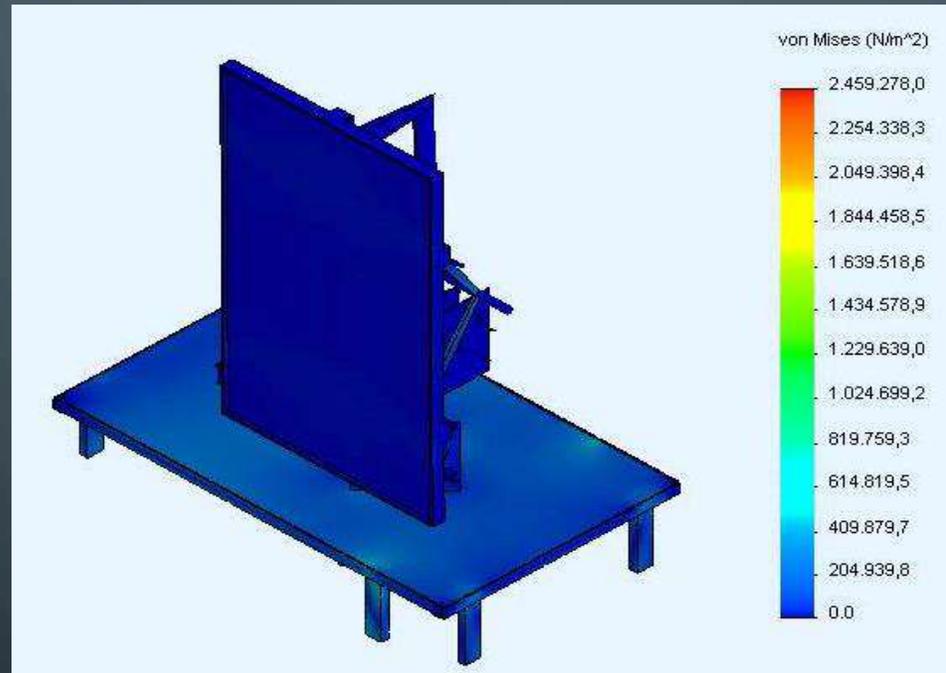


Figura 23: Análisis de tensiones SolidWorks Simulation

Resultado del análisis de desplazamiento en Solidworks Simulation como se puede ver en la siguiente figura 24.

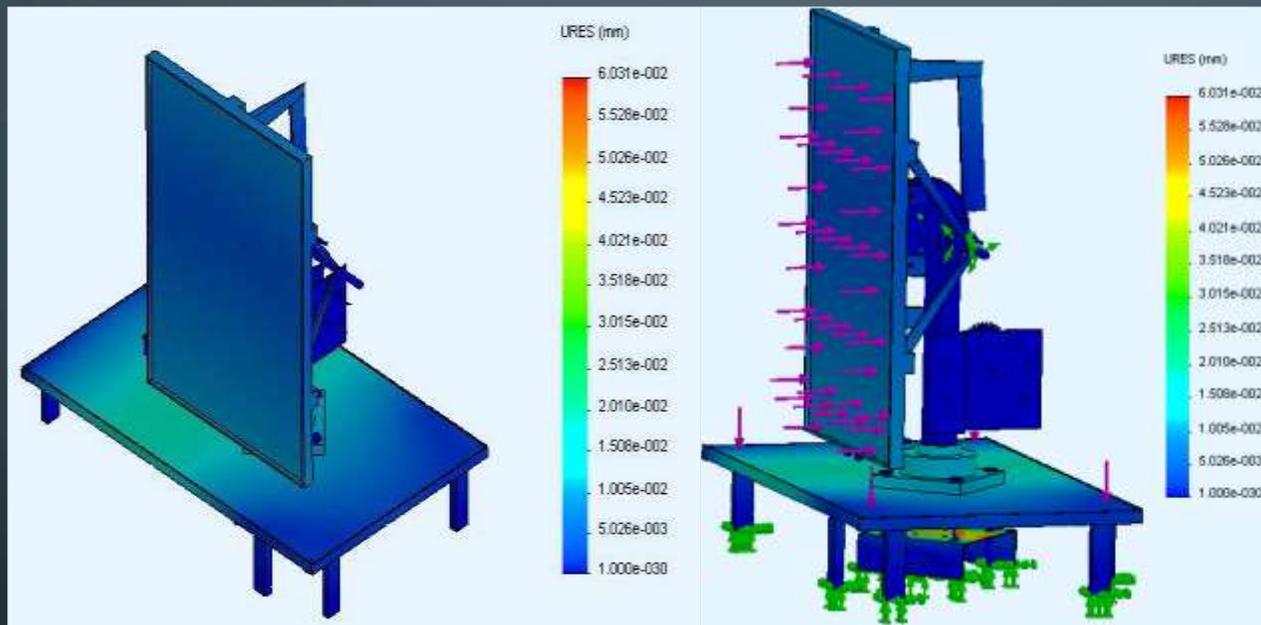


Figura 24: Análisis de desplazamiento en SolidWorks Simulation

A continuación, se presenta una animación en SolidWorks del movimiento del panel.



SISTEMA ELECTRÓNICO

Tras un análisis comparativo entre microcontroladores se llegó a la conclusión que se usará el Arduino Mega 2560 para el presente trabajo de investigación.
Ver figura 25

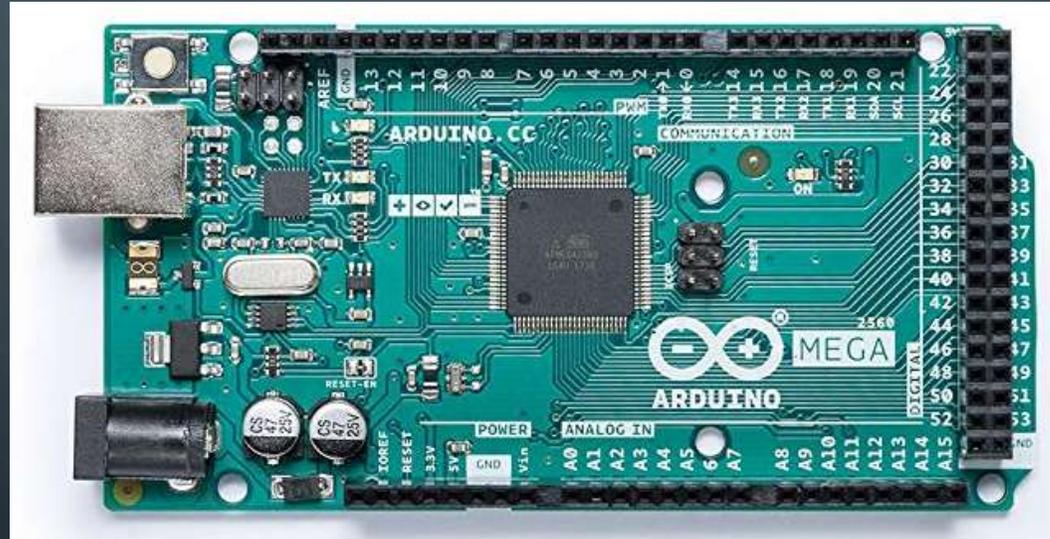


Figura 25: Arduino MEGA 2560

De igual manera, se concluyó que el sensor adecuado fue el módulo sensor LDR por sus prestaciones analógicas y digitales. Ver Figura 26.

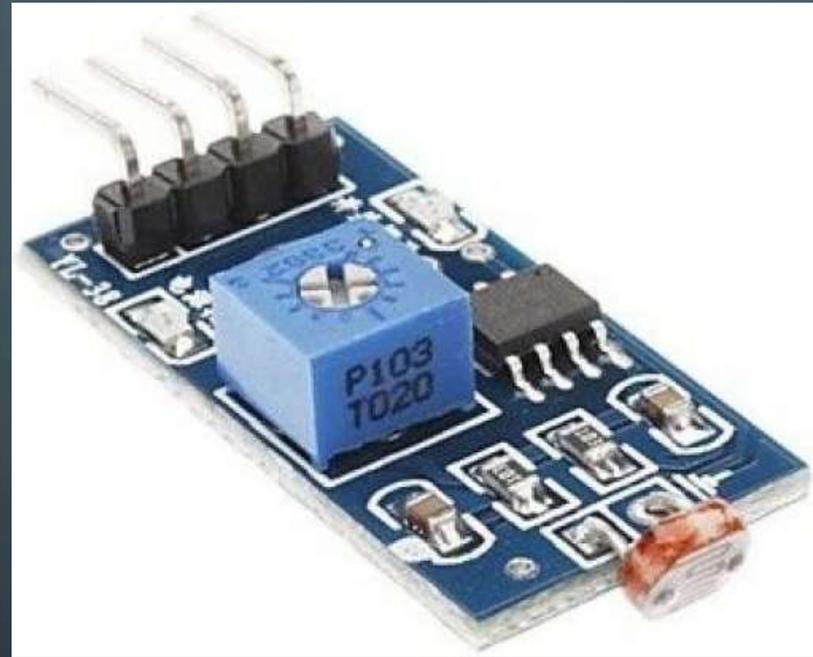


Figura 26: Módulo Sensor LDR

- En las figuras 28, 29 y 30 se podrá observar el diagrama Circuital del sistema electrónico, de igual manera la PCB y el esquema en 3D.

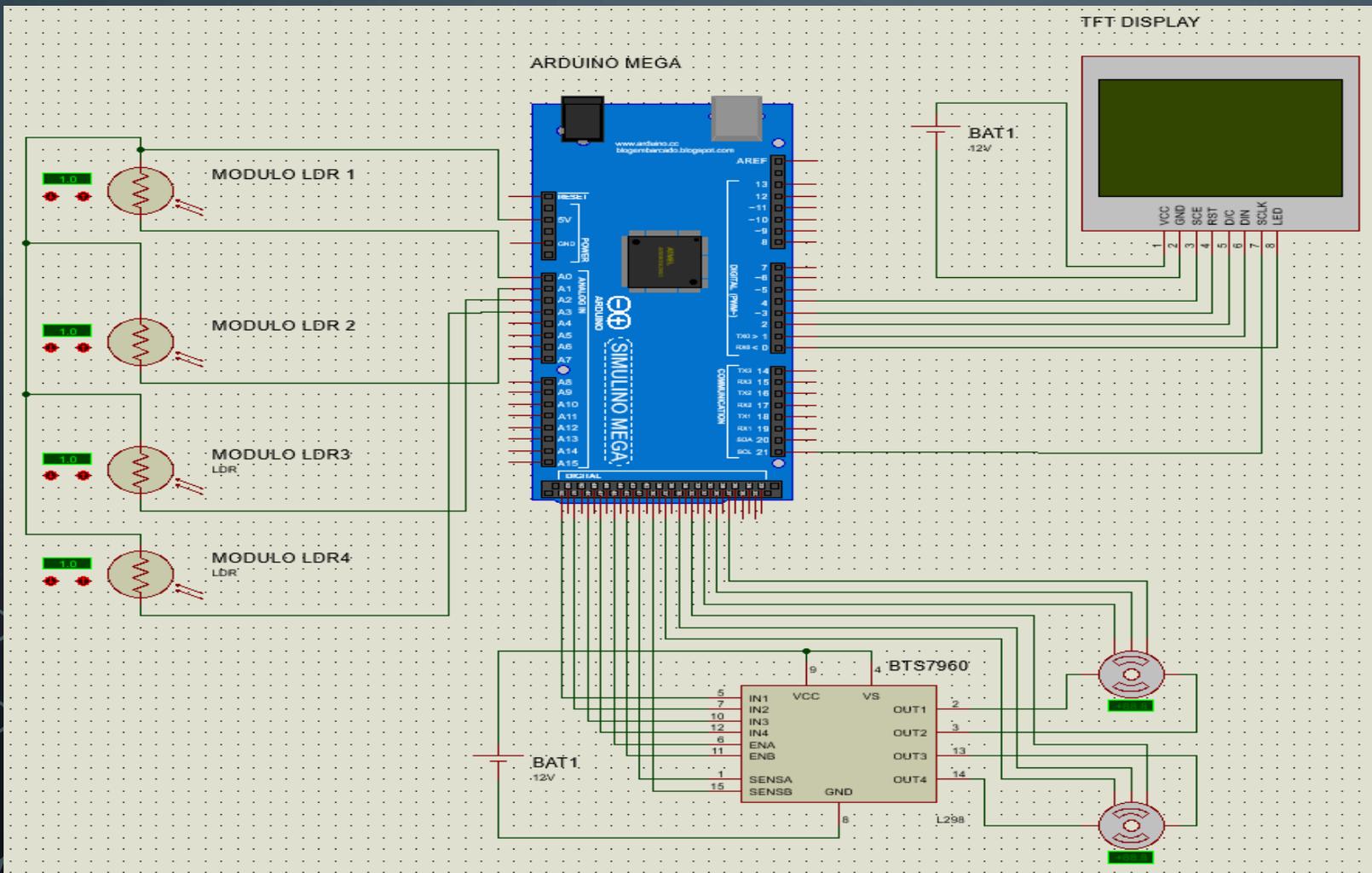


Figura 27: Circuito electrónico

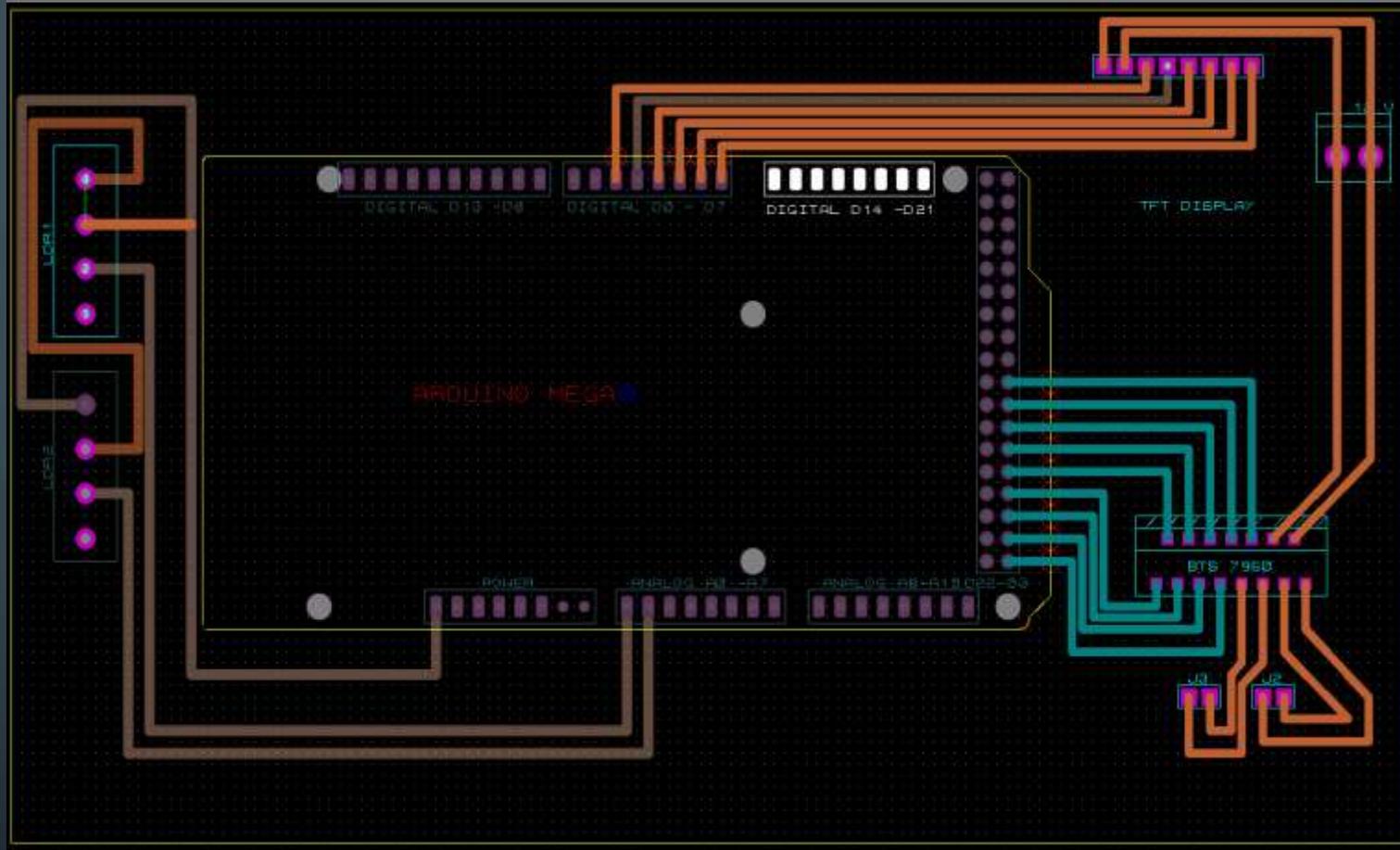


Figura 28: PCB del Circuito electrónico

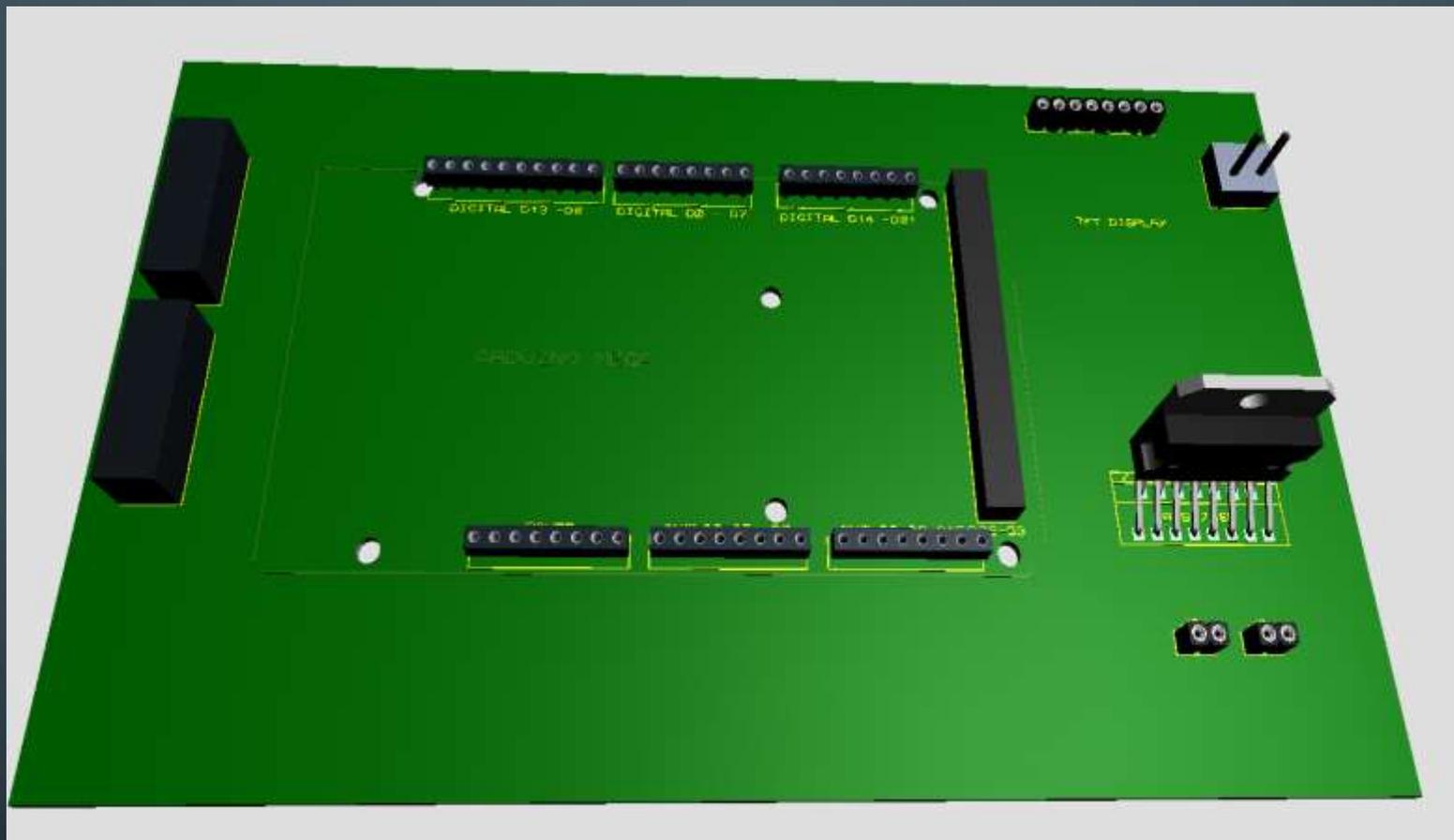


Figura 30: PCB en 3D del Circuito Electrónico

SISTEMA INFORMÁTICO

El panel de control fue realizado en LabVIEW y se puede ver en la figura 31.

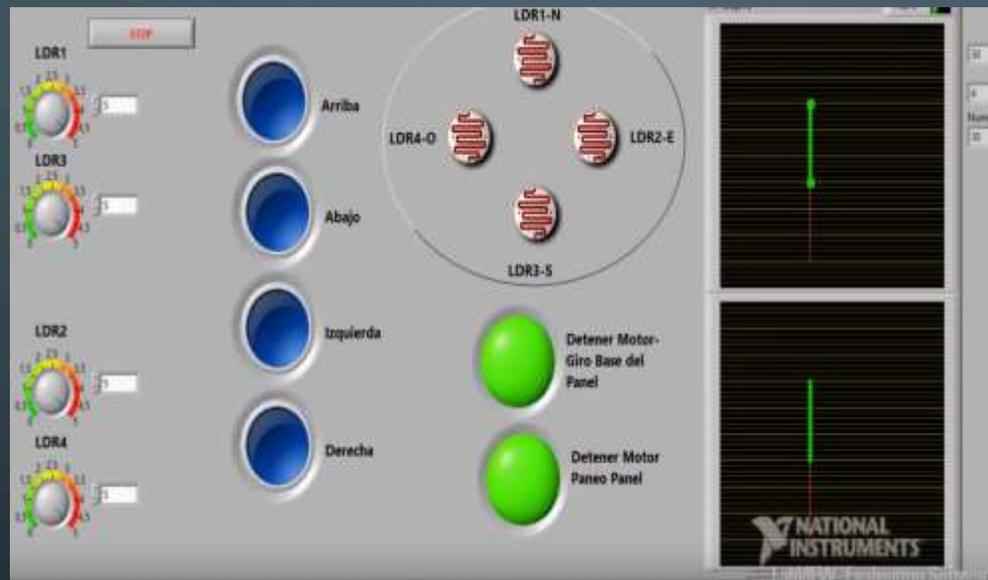


Figura 31: Interfaz desarrollada en LabVIEW

En el sistema informático se espera tener una programación en bucle, por la cual se realizó el siguiente diagrama de flujo donde se puede apreciar el bucle en sí.

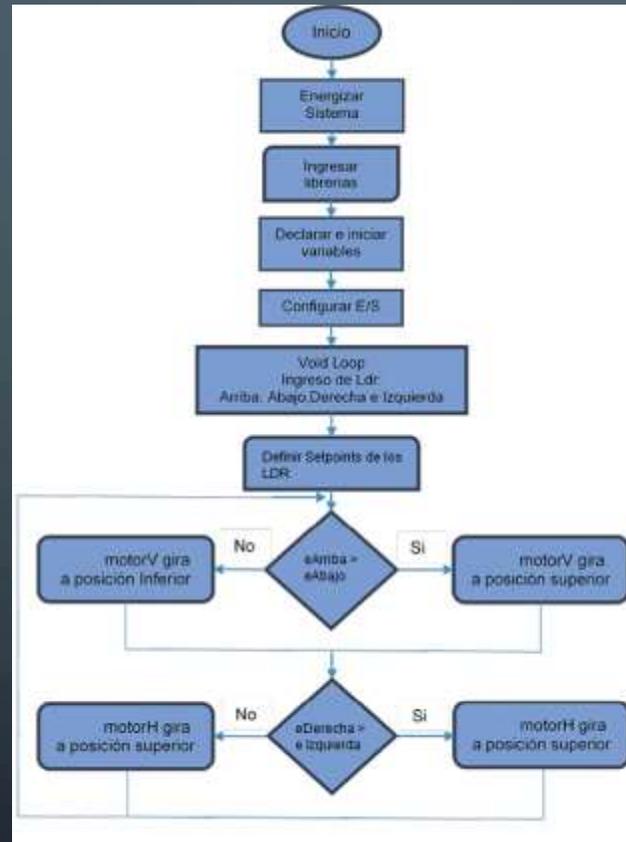


Figura 32: Diagrama de flujo del redireccionamiento

PRUEBAS Y RESULTADOS

El diseño mecánico fue realizado a una escala de 1:5, inicialmente, se empezó con la base del sistema. Como se puede apreciar en la figura 33 esto son los planos en escala 1:1 utilizados.

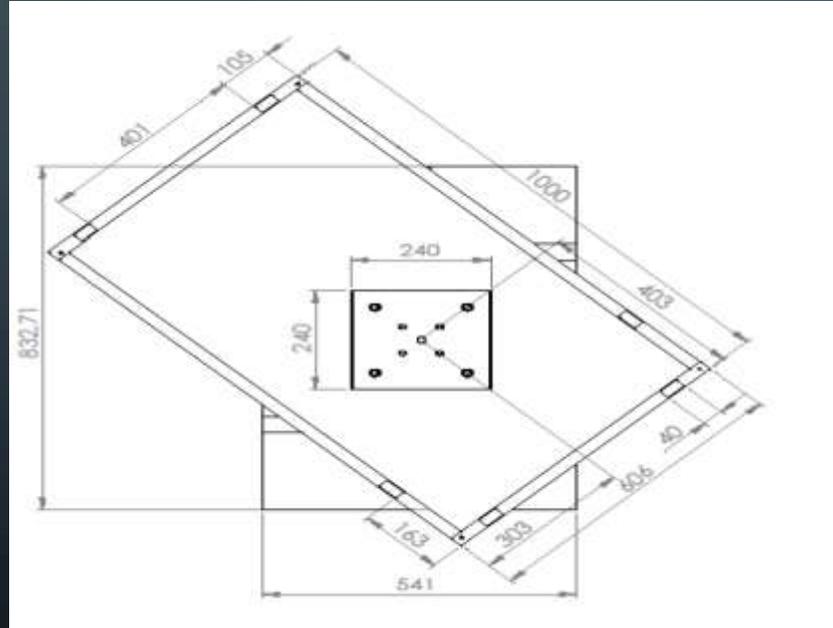


Figura 33: Plano de la base del sistema escala 1:1

- Una vez escalado el dibujo fue mandado a cortar en una máquina Láser CNC en una lámina de aluminio 4mm, este proceso fue realizado en la empresa Yohersa.



De igual manera, se realizó el corte del soporte del panel y el soporte en V.



Se puede apreciar el resultado de los cortes en la figura 36.



Figura 36: Resultado de la base y del soporte



Observamos que el acabado es muy brusco, el corte realizado no deja una superficie lisa por lo que se decidió darle un mejor acabado en una pulidora.

El soporte del panel, como se puede apreciar en la figura 16 y 17, también fue cortado por láser en la misma lamina de aluminio y de la misma manera con los soportes tipo V como se muestra en la figura 20 con los teniendo los cortes obtenidos como se puede apreciar en la figura 37.





Figura 37: Resultado soporte del panel

El soporte vertical que unirá a la base con el soporte de panel fue cortado por medio de una cierra industrial de corte de tubos.



Posteriormente pasamos a soldar algunos componentes, pero lamentablemente no pudimos tomar fotografías en el área de soldado por la misma razón que no contaban con suficientes equipos de seguridad. El presente trabajo fue realizado en horas de trabajo por lo cual la empresa Yohersa no podía darse el lujo de prestarnos los implementos de seguridad de unos de sus trabajadores en horario de trabajo. En la figura 39 y 40 mostramos la soldadura de la base.



Figura 39: Base el sistema soldado



Figura 40: Base el sistema

Posteriormente, se pasó a soldar el soporte V y acoplarlo en el soporte del panel como se puede apreciar en la figura 41.



Figura 41: Base el sistema

- Por último, se unió todos los soportes momentáneamente para observar las dimensiones y ver que las piezas estuvieran bien planteadas como se puede ver en la figura 42.



Figura 41: Soporte vertical, soporte en V y base

- A partir de este punto surgieron problemas que nos complicaron con el avance del diseño. El principal problema fue el maquinado de los piñones. Como se propuso en el capítulo 3, en el diseño mecánico, el sistema utilizará piñones que junto a los actuadores iban a darle movimiento del sistema mecánico. El alto coste del maquinado de estos nos obligó a demorarnos un buen tiempo cotizando en distintas empresas. Algunas de ellas no queriendo realizar el trabajo por el hecho de que iban a ser relativamente pequeños ya que el sistema estuvo siendo a escala, otras aceptando hacer el trabajo, pero cobrando un precio absurdamente alto. Se llegó a encontrar una empresa la cual accedió a realizarnos el trabajo, pero dijeron que iban a demorar unas semanas porque su máquina CNC estaba en mantenimiento. El hecho que, hasta la fecha de la presentación del trabajo de investigación, los piñones aún no han sido maquinado por la misma razón dada.