

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES
DE CHIAPAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES**

TESIS PROFESIONAL

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA UN
SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR
FOTOVOLTAICO EN EL IIER**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES**

PRESENTA:

ENRIQUE CANCINO LÓPEZ

DIRECTOR:

**M. EN C. LUIS ALBERTO HERNÁNDEZ
DOMÍNGUEZ**



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Abril, 2019

DEDICATORIA.

El presente trabajo de tesis va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO.

Agradesco principalmente a Dios porque durante este tiempo lo conocí y aprendí a dejar mi vida en sus manos, me ayudo a crecer y a saber que no hay nada imposible y que las únicas barreras que hay en nuestras vidas son las que podemos nosotros mismos y como dice su palabra (todo lo puedo en cristo que me fortalece filipense 4:13).

Agradesco a mis padres que durante estos años me apoyaron incondicionalmente, siempre estuvieron al pendiente de mí y todas las cosas que necesitaba o que me faltaba hacían un sacrificio por brindármelo. No hay palabras exactas para agradecer lo que hacen por mi.

Al maestro Luis Alberto Hernández Domínguez me brindo su amistad, sus consejos académicos y personales del cual aprendí muchas cosas que serán muy significativas en mi vida y me apoyo a desarrollar y mejorar este trabajo, y a mis sinodales Pascual Lopez de Paz, Nein Farrera Vázquez por su dedicación y tiempo.

No solo durante el desarrollo de mi tesis hubo personas que estuvieron conmigo apoyándome, ya sea dando buenos consejos o regañando cuando me salía del camino. También a mis amigos que me apoyaron durante mi desarrollo como profesionista con los cuales compartimos momentos inolvidable. Les agradezco a Alondra R. Hernandez Santiz, Evelyn C. Espinosa López, Mario A. Garcia Estrada, Giselle Hernández Brenes, Paola J. Juárez Gutiérrez, Jose Enrique Vázquez López.

CONTENIDO

RESUMEN	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. PROBLEMÁTICA	8
1.2.1. PRINCIPAL PROBLEMA:	8
1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	8
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.4. OBJETIVO	9
1.4.1. OBJETIVOS GENERALES	9
1.4.2. OBJETIVO PARTICULARES	9
1.5. HIPÓTESIS	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. INTRODUCCIÓN	10
2.2. ENERGÍA SOLAR	10
2.3. CARTA SOLAR	11
2.4. ECUACIÓN DEL TIEMPO	13
2.4.1. ANGULO HORARIO ω	14
2.4.2. ALTURA Y AZIMUT SOLAR	14
2.5. CELDAS FOTOVOLTAICAS	15
2.6. PANELES FOTOVOLTAICOS	15
2.7. PANEL O MÓDULO FOTOVOLTAICO	16
2.7.2. TIPOS DE MÓDULOS	17
2.8. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR.	18
2.9. MICROCONTROLADORES	19
2.9.1 MICROCONTROLADOR ARDUINO UNO	19
2.9.2. HARDWARE	21
2.10. DISEÑOS ASISTIDOS POR PROGRAMAS DE 3D	21
2.10.1. CARACTERÍSTICAS	21
2.11. SERVOMOTORES	22
2.11.1. CARACTERÍSTICAS	22

2.11.2. TIPOS DE SERVOMOTORES	23
2.11.3. PARTES DE UN SERVOMOTOR	23
2.11.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	24
2.12. SENSORES LDR	25
2.12.1. CARACTERÍSTICAS	25
2.12.2. FUNCIONAMIENTO	25
2.12.3. MATERIALES COMPUESTA DEL LDR.....	26
2.13. CONCLUSIÓN.....	26
CAPITULO 3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE SEGUIDOR SOLAR.	27
3.1. INTRODUCCIÓN.....	27
3.2. DISEÑAR EN 3D EL SOPORTE DE MOVIMIENTO.....	27
3.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	28
3.3.1. SISTEMA MECÁNICO.....	28
3.4. ESTRUCTURAS.....	29
3.4.2. BASE FIJA	29
3.4.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL PANEL	29
3.4.4. ESTRUCTURA DE BASE DE LOS SENSORES LDR.	30
3.4.5. SERVOMOTOR	32
3.5. TARJETA ELECTRÓNICA	35
3.5.1. PROGRAMACIÓN Y CONTROL	36
3.6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	39
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
4.1. INTRODUCCIÓN.....	40
4.2. VOLTAJE	40
4.3. CORRIENTE	43
4.4. RADIACIÓN	46
4.5. TEMPERATURA	49
4.6. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA	51
4.6.1. BENEFICIOS DEL SISTEMA.....	53
CONCLUSIÓN.	54
REFERENCIAS	55
ANEXO	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1 Movimiento del sol a lo largo del día.	11
Figura: 2 Muestra la latitud y longitud	12
Figura: 3 Ejemplo de ángulo de declinación.	12
Figura: 4 Relación del sol y el movimiento de la tierra	13
Figura: 5 Ángulos de posición solar.	14
Figura: 6 Efecto fotoeléctrico.	15
Figura: 7 Componentes del módulo. F.V.	17
Figura: 8 Paneles fotovoltaicos.	17
Figura: 9 Tipo de movimiento mecánico del seguidor solar.	18
Figura: 10 Arduino.	20
Figura: 11 Tipos de Arduino.	21
Figura: 12 Servomotor.	22
Figura: 13 Estructura del servomotor.	23
Figura: 14 Colores de los cables de los servomotores.	24
Figura: 15 Pulsos PWM para controlar servos.	24
Figura: 16 Sensor LDR y el símbolo para los circuitos.	25
Figura: 17 Funcionamiento de las Resistencias LDR.	26
Figura: 18 Diseño de Seguidor Solar y sus componentes.	27
Figura: 19 Seguidor solar Fotovoltaico.	28
Figura: 20 Acople de plástico para Servomotor.	29
Figura: 21 Diagrama y placa de cobre.	30
Figura: 22 placa de cobre dentro del Cloruro Ferrico.	30
Figura: 23 Placa de cobre ya oxidado con el Cloruro Férrico.	31
Figura: 24 Orificio de la placa y colocación de cables.	31
Figura: 25 Zoom del circuito de los sensores.	32
Figura: 26 Servomotor.	32
Figura: 27 Esquema de funcionamiento de los sensores LDR.	34
Figura: 28 Esquema de componentes del seguidor solar y sus conexiones.	35
Figura: 29 Flujo de diagrama asignación de datos.	36
Figura: 30 Flujo de diagrama asignación de datos.	37
Figura: 31 Funcionamiento de los LDR y servomotores.	38
Figura: 32 Evaluacion de los dos sistemas.	39
Figura: 33 Diseño del seguidor solar a mayor escala.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla: 1 Características de Arduino _____	20
Tabla: 2 Características de Servo Hite Hs422 _____	33
Tabla: 3 Salidas de voltaje y entradas _____	35
Tabla: 4 Costo de materiales para prototipo de seguidor solar. _____	51
Tabla: 5 Costo de materiales para Seguidor Solar Mayor escala _____	52

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafica 1 Voltaje de los Sistemas del día 11 de Mayo. _____	¡Error! Marcador no definido.
Grafica 2 Voltaje de los Sistemas del día 12 de Mayo. _____	41
Grafica 3 Voltaje de los Sistemas del día 12 de Mayo. _____	41
Grafica 4 Voltaje de los Sistemas de día 15 de Mayo _____	42
Grafica 5 Voltaje de los Sistemas de día 17 de Mayo _____	42
Grafica 6 Corriente de los Sistemas del día 11 de Mayo. _____	43
Grafica 7 Corriente de los Sistema del día 12 de Mayo _____	44
Grafica 8 Corriente de los Sistema del día 14 de Mayo. _____	44
Grafica 9 Corriente de los Sistema del día 15 de Mayo. _____	45
Grafica 10 Corriente del Sistema del día 17 de Mayo. _____	45
Grafica 11 Radiacion de los Sistemas del día 11 de Mayo _____	46
Grafica 12 Grafica de los Sistemas del día 12 de Mayo _____	47
Grafica 13 Radiacion de los Sistemas del día 14 de mayo _____	47
Grafica 14 Radiacion de los Sistemas del día 15 de Mayo. _____	48
Grafica 15 Radiacion de los Sistema del día 17 de Mayo _____	48
Grafica 16 Temperatura del sistemas fijo. _____	49
Grafica 17 Temperatura con el seguidor solar. _____	50
Grafica 18 Rendimiento de los dos sistemas el fijo y con el seguidor solar _____	53

RESUMEN

Para lograr la optimización de la energía obtenida de una instalación fotovoltaica existen varios metodologías. Unas de estas consiste en mejorar los componentes internos de un panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente. Y otra optimización consiste en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel.

El trabajo de tesis esta relacionado con el diseño y construcción de un prototipo de seguidor solar fotovoltaico, aquí realizado se enfoca en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel. Para esto se busca que el área del panel fotovoltaico permanezca en posición perpendicular a la radiación lumínica de la fuente de luz, lo cual se logra mediante un programa en un Microcontrolador Arduino.

Como resultado se obtiene un sistema que se posiciona en forma automática en el punto de máxima irradiación solar obteniendo valores de hasta el 36% de incremento al rendimiento mayor los sistemas fijos

Palabras clave Fotovoltaico, seguidor, Solar.

ABSTRACT

To achieve the optimization of the energy of a photovoltaic installation there are several methodologies. The internal components of a photovoltaic panel so that its performance increases. And another optimization is to increase the amount of solar radiation received by the panel.

The thesis work is related to the design and construction of a prototype photovoltaic solar tracker. For this, the area of the permanent photovoltaic panel is perpendicular to the light radiation of the light source, which refers to a program in an Arduino microcontroller. As a result, a system is obtained that is positioned automatically at the point of maximum solar irradiation, obtaining values of up to 36% of performance at the highest performance of fixed systems.

Keywords Photovoltaic, follower, solar.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se evidencia como el desarrollo industrial y económico de gran parte de las empresas con lleva a una expansión de los sistemas eléctricos de potencia. En países en donde se requiere la utilización de recursos no renovables o la combustión de materiales tales como el carbón, gas natural, derivados del petróleo, se encuentran diferentes inconvenientes, entre los que se cuentan principalmente el impacto ambiental y la limitada duración. La repercusión de la generación de energía eléctrica de manera convencional sobre el medio ambiente, además se genera un efecto de calentamiento del planeta, conocido como efecto invernadero. El otro gran inconveniente es el agotamiento de las principales fuentes de generación de energía convencionales, ya que el carácter de no renovables del gas, carbón, petróleo entre otros. Afrontar las necesidades energéticas de manera sostenible contribuirá en gran medida a la solución de los retos de principio de siglo, como la pobreza, el cambio climático, la seguridad alimentaria, etc. La convergencia actual de diversas crisis (económica, junto con la continua volatilidad de los precios del petróleo) configura un escenario adecuado para plantear una nueva formulación de las políticas, así como para destinar mayores inversiones hacia un proceso de desarrollo más seguro y sostenible.

La energía solar se presenta como una alternativa importante ante el aumento del consumo energético del planeta, debido a que, la cantidad de la energía solar, que llega a la superficie de la tierra en un día, es diez veces más que la energía total consumida en nuestro planeta durante un año. A través del efecto fotovoltaico la energía contenida en la luz del sol puede ser convertida directamente en energía eléctrica.

Las tecnologías fotovoltaicas es potente, pues son dispositivos limpios, silenciosos, totalmente amigables con el medio ambiente y su costo de operación y mantenimiento son relativamente bajos, en virtud de que no tiene partes móviles ni requiere algún insumo adicional a la luz. Sus aplicaciones son escalables, desde sistemas pequeños hasta plantas solares dedicadas a la producción eléctrica, con factibilidad de suministrar energía en áreas remotas a la red eléctrica y con periodos de recuperación energética cortos de alrededor de 3 años.

El gran inconveniente en la utilización de fuentes fotovoltaicas es el costo por kW de potencia, pero gracias a los avances tecnológicos que aumentan tanto la eficiencia de conversión como la del proceso de fabricación, los precios se han reducido considerablemente, si bien en los años 70 el costo de un kWh era de 2 dolares. (Energiasrenovablesinfo, 2017)

Las fuentes fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad mediante semiconductores denominados células fotovoltaicas. A un conjunto de estas células se le conoce como panel solar.

La distribución de estas células caracteriza al panel, de modo que la conexión de células en serie aumenta la tensión y la conexión en paralelo incrementa la capacidad de corriente. Cada célula tiene un solo punto de operación en que la potencia suministrada es máxima, y depende de factores externos como la temperatura y la radiación.

El objetivo es el Desarrollo e implementación de un prototipo que permite realizar el seguimiento de la trayectoria solar. El dispositivo utilizado permite aumentar la radiación captada por el módulo solar mediante el movimiento continuo del panel. Tal movimiento busca mantener el área de este en posición perpendicular a los rayos del sol. El prototipo presentado permite mejorar el rendimiento de una instalación fotovoltaica.

1.1. ANTECEDENTES

1.-Implementación de seguidor solar en dos ejes para el Sistema Fotovoltaico de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES. Presentador: Ing. Mecánico José Beltrán Adán (GUARDADO GUTIÉRREZ , 2012)

- Evalúa el rendimiento de la instalación fotovoltaica luego de la implementación del seguidor solar, y estima el tiempo de recuperación de inversión para sistemas de este tipo en El Salvador.

2.- Universidad Tecnológica de la mixteca tesis de Diseño y construcción de un sistema de seguimiento fotovoltaico, presentador Jonathan Suman Fuentes. (Sumano Fuentes, 2012)

- Implemento técnicas de control para posicionar trayectorias automáticas.

3.- Sistema electrónico para el seguimiento de la trayectoria solar presenta ing. Eléctrica Arturo Pérez Ríos Universidad Autónoma de México (RIOS PERES, s.f.)

- Presenta proyecto de tesis que propone desarrollar un sistema electrónico para un seguidor solar activo de dos grados de libertad.

4.- Evaluación de Sistemas Fotovoltaico con Hidroseguidores, presenta Ing. Eléctrica Pablo Efraín Bueno Guartazaca. Universidad de Cuenca. (Guartazaca, 2014)

- Presenta una Tesis orientada a demostrar la potencialidad de estos recursos renovables creando un prototipo de una pequeña central de generación de energía eléctrica basando en el movimiento de los paneles solares para seguir el recorrido del sol durante el día.

5.- Prototipo Fotovoltaico con seguimiento del sol para procesos electroquímicos, presenta ing. Mecánico José Beltrán Adán. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. (Adán, 2007).

- Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para alimentación de energía a procesos de electrólisis

6.- Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico, presenta Andrés Escobar Mejía ingeniero electricista, m. sc. Universidad Tecnológica de Pereira. (ANDRES ESCOBAR MEJIA Ingeniero Electricista, 2010).

- Presentar el desarrollo e implementación de un prototipo que permite realizar el seguimiento de la trayectoria solar. El dispositivo utilizado permite aumentar la

radiación captada por el módulo solar mediante el movimiento continuo del panel. Tal movimiento busca mantener el área de este en posición perpendicular a los rayos del sol

7.- Diseño y construcción de un seguidor solar para aumentar el rendimiento energético en paneles fotovoltaicos de un sistema de bombeo, presento Denis Javier Arrieta Morelo Ingeniero mecánico de la Universidad de Córdoba. (MORELO, 2015).

- Este proyecto se encaminó al diseño y construcción de un prototipo de seguimiento solar de dos ejes con el objetivo de automatizar y mejorar el rendimiento de un sistema de bombeo fotovoltaico.

8.- Seguidor solar de paneles fotovoltaicos para electrificación rural aislada con aviso preventivo de mantenimiento presenta Ingeniero Mecatrónico Paulo Cesar Mancco Leandro, Pontificia Universidad Católica del Perú. (Leandro, 2015)

- El presente trabajo tiene como finalidad, diseñar un sistema mecatrónico que permita situar dos paneles fotovoltaicos en dirección a la posición del Sol.

9.- Análisis, diseño y simulación de sistema solar fotovoltaico para suministro eléctrico en apoyo a programa nutricional presenta andrea Catalina Alvarado Fajardo en la Escuela Rural el Cardonal, Tibaná (Boyacá) – Colombia. (FAJARDO, 2014).

- El presente trabajo se verificar mediante un modelo computarizado de sistema solar fotovoltaico la satisfacción de las necesidades eléctricas básicas de la Escuela Rural El Cardonal, Municipio Tibaná (Boyacá).

10.- Sistema fotovoltaico de seguimiento solar ingeniero en automática y electrónica industrial, Presenta Diego Aragon Rodriguez. Escuela Tecnica Superior de Ingenieria. (Rodríguez, 2014).

- El presente proyecto se parte de una instalacion fotovoltaica formada por un seguidor solar que dispone de una serie de equipos auxiliares de control y supervisión.

11.- Estudio comparativo de la eficiencia energética en seguidores solares, presenta Eduardo Turrillas Solabre Ingeniero Industrial, Informática y de Telecomunicación de la Universidad Publica Navarra. (Solabre, 2014).

- Se presenta un análisis comparativo de la eficiencia energética de los diferentes tipos de paneles que podemos encontrar en la actualidad en el mercado, tanto los sistemas fijos sin sistema de seguimiento como los que tienen sistemas de uno y dos ejes de movimiento.

12.- Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para incrementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras, Presenta Mario Alexander Vela Ruiz de la Universidad Nacional abierta y a distancia (RUIZ, 2015).

- El objetivo de esta tesis es desarrollar un proyecto de energía alternativa, que permita mejorar las condiciones de vida de los amazonenses en la comunidad de Palmeras y analizar los efectos sociales y tecnológicos que tendrá frente a cada uno de los habitantes.

13.- Diseño e implementación de un sistema automático de seguimiento solar para un generador termo solar. Presenta Gerson Bolívar Camacás Pérez Ingeniero en mantenimiento eléctrico de la Universidad Técnica del Norte. (PÉREZ, 2016).

- Este proyecto fue implementado en las instalaciones de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

14.- Diseño y Simulación en Software de Mecanismo de Posicionamiento Angular de Doble Ejes para Aumentar la Captación de Energía Solar Sobre Paneles Fotovoltaicos. Presenta ingeniero Mecánico Benicio Fernando Fuentes Caicedo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. (Caicedo, 2012).

- Se presentó los fundamentos de la tecnología fotovoltaica, haciendo un estudio de los diferentes sistemas existentes y sus elementos constitutivos, analizando por medio del conocimiento teórico los diferentes factores que involucran el aprovechamiento de la energía solar en la producción de energía eléctrica con un seguidor Solar.

15.- Diseño y construcción de un prototipo de seguidor solar de dos ejes para la escuela tecnológica instituto técnico central. presentado por Ing. Electromecánica Alexandra Avilán Nova de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central Facultad de Electromecánica. (Nova, 2015).

- Diseñar y construir un seguidor solar de dos ejes con sistema de medición y análisis de datos para el laboratorio de energías alternas, robótica y automatización de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

16.- Implementación de un microcontrolador para el control y comunicación de un seguidor solar óptico de dos ejes en la empresa Bezanilla. Autor Ingeniero Mecánico Olmos Soto, Cristián Ignacio (Olmos Soto, 2014).

- El siguiente trabajo tiene como objetivo cambiar el microcontrolador de un seguidor solar existente en la empresa Bezanilla para mejorar su funcionamiento para condiciones normales de luz y programado para condiciones de poca luz.

17.- Diseño de un sistema de seguimiento solar de un eje para el aprovechamiento de la energía solar en sistemas fotovoltaicos. Presenta Ing. Manuel Benigno Gonzales Gámez Colegio de ingenieros del Perú (Gámez, 2015).

- En el presente trabajo de Investigación se construyó un sistema electrónico-mecánico que permite optimizar este proceso, orientando de manera automática paneles solares hacia la región de mayor incidencia de radiación e incrementando la eficiencia.

18.- Propuesta de Diseño de un Seguidor Solar de Dos y Tres Ejes. Presentado por ingeniero Noé Alvarado Tovar de la Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (Tovar, 2016).

- El objetivo primordial de este trabajo es el desarrollo de una propuesta de diseño de seguidor solar de dos o tres ejes que permitan generar energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en celdas fotovoltaicas.

19.- Diseño de un sistema de control difuso de seguimiento solar de dos ejes. Presentado por Ing. Montalvo Jaramillo Pablo Ernesto de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ernesto, 2017).

- Se diseñó un sistema de seguimiento solar de dos ejes con control difuso, la propuesta tecnológica y de innovación implementa un sistema de seguimiento solar de dos ejes controlado por un algoritmo difuso, el mismo permite seguir al sol en toda su trayectoria durante el día.

20.- Comparación de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar. Presentado por Ingeniero Químico del Gas Natural y Energía Beltrán Lázaro Enrique Moisés de la Universidad Nacional del Centro del Perú (Moisés, 2017).

- Este trabajo presenta el desarrollo de la comparación sistemas fotovoltaicos de dos ejes, un eje e inclinación fija y un grupo de control que es el panel fotovoltaico en posición horizontal. Que tiene como principal objetivo de comparar la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante sistema de seguimiento solar.

21.- Diseño, análisis e implementación de un sistema de control para seguimiento solar en dos ejes. Presenta Herrera Medina José Ismarth de la Universidad Don Bosco (Ismarth, 2010).

- El sistema de seguimiento propuesto consta de dos partes: una mecánica y un circuito electrónico de control; las que orientan al panel para lograr mayor incidencia de los rayos solares en el transcurso del día, esta idea hace más eficiente al SFV ya que aumenta el aprovechamiento de la energía.

22.- Diseño y automatización de un sistema de seguimiento solar astronómico para la generación eléctrica mediante un motor Stirling. Presenta Toledo Gómez José Iván Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables - Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables – UNICACH (Toledo Gómez, 2016).

- En este trabajo se presenta el diseño y automatización de un sistema de seguimiento solar astronómico, capaz de realizar la trayectoria del sol de manera autónoma. Con el cual se realizó la implementación y evaluación de un sistema que funciona con energía térmica solar como es el caso de un concentrador con generador Stirling.

1.2. PROBLEMÁTICA

1.2.1. PRINCIPAL PROBLEMA:

El bajo rendimiento de los paneles solares fijos

1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los paneles fotovoltaicos tienen una baja eficiencia de conversión de energía solar a electricidad, debido a que la radiación solar captada por el panel varía con el tiempo si el sistema fotovoltaico está fijo, esta propuesta da a conocer el diseño y construcción de un prototipo que pueda posicionarse, en forma automática, en el punto de máxima irradiación solar durante el día. Se propone desarrollar un prototipo de sistema de seguimiento solar en el IIIER

1.3. JUSTIFICACIÓN

El sol es la fuente de energía más grande conocida por el hombre, es una solución de energía alternativa limpia, segura y abundante, capaz de cubrir todas las necesidades energéticas..

De allí parte la idea de generar nuevos proyectos que estén dirigidos al aprovechamiento de las energías alternas.

El propósito de los sistemas fotovoltaicos es el aprovechamiento de la radiación solar con el objetivo de producir energía eléctrica. El panel fotovoltaico es totalmente dependiente de la posición solar teniendo en cuenta que el sol toma una posición diferente según la época del año.

Es por todo lo anterior que se busca implementar herramientas útiles y pertinentes en el desarrollo académico, y de esta manera que el proyecto esté disponible para los estudiantes de la institución; ilustrando así de una manera didáctica los diferentes conocimientos adquiridos. El prototipo servirá de modelo para que el estudiante se familiarice con este tipo de investigaciones ya sea a nivel educativo o empresarial obteniendo mayores conocimientos y destrezas.

Con base a lo planteado anteriormente se realizará un prototipo de seguidor solar con dos ejes. Se consigue con esto una mejora en la eficiencia del prototipo al obtener un mejor posicionamiento del panel fotovoltaico frente al sol, suministrando una herramienta útil para la realización de distintos estudios y análisis de la producción de energía solar.

Realmente se tienen muchas regiones del estado y no se ha aprovechado como debería. Por tanto este trabajo es una forma de incursionar en las posibles aplicaciones de esta tecnología y realizar un seguidor solar.

Para la realización del proyecto se tiene que llevar una serie de pasos que conllevarán hacia nuestros objetivos

1.4. OBJETIVO

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

Análisis, diseño y construcción de un sistema de seguimiento solar fotovoltaico para mejorar la captación solar

1.4.2. OBJETIVO PARTICULARES

- Análisis del proyecto
- Diseño en 3D del seguidor solar
- Construcción del prototipo
- Análisis de costo-beneficio del sistema.
- Evaluación del proyecto

1.5. HIPÓTESIS

El modelo diseñado de un sistema de seguimiento solar para dar una mayor eficiencia de este, para satisfacer los requerimientos eléctricos este dispositivo mecánico es capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares. Cuando esto ocurre, la radiación solar captada es máxima.

El Modelo del seguidor se hará con programas de 3D y en su mecanismo de movimiento se usara microcontroladores

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Existen fuentes de energía que por su carácter de renovables, o por la enorme cantidad de reserva de la que se dispone pueden ser consideradas ilimitadas, es el caso del sol.

El sol es la principal fuente de energía para los procesos biológicos del planeta, de esta manera el ser humano ha dependido de éste sin darle la importancia que representa en las actividades humanas.

La cantidad de energía solar recibida anualmente por la tierra $1,5 \times 10^{18}$ KWh, representa 10.000 veces el consumo de energía en ese mismo periodo, esto se interpreta como que además de que el sol es el actor principal de los procesos biológicos en la tierra, este puede ser considerado una fuente inagotable de energía la cual puede ser aprovechada mediante un adecuado sistema de captación y conversión a otro tipo de energía, por ejemplo energía eléctrica, térmica, entre otras.

2.2. ENERGÍA SOLAR

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Se trata de un tipo de energía renovable ya la energía contenida en el Sol es tan abundante que se considera inagotable. El Sol lleva 5 mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su existencia. (Energía solar, 2005)

El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar.

Los paneles solares pueden ser de distintos tipos dependiendo del mecanismo escogido para el aprovechamiento de la energía solar.

En la actualidad existen formas para aprovechar la energía solar.

La energía solar fotovoltaica aprovecha las propiedades del silicio para generar una corriente eléctrica, que tratada correctamente, se puede utilizar para suministrar electricidad en instalaciones autónomas o se puede utilizar para suministrarla (venderla) directamente a la red eléctrica. (Energía solar, 2005)

2.3. CARTA SOLAR

Las cartas solares son instrumentos auxiliares de suma importancia ya que a través de ella se puede saber que sucede en términos de sol y de sombras en un determinado momento para una posición geográfica específica. Estas proyecciones exponen gráficamente el movimiento del sol en relación a un punto determinado de la tierra. (Beltrán Adán , 2007)

Cada día, el sol, para un observador situado en la tierra, sigue una trayectoria circular a través del firmamento alcanzado su punto más alto al mediodía. Por otras partes, esta trayectoria circular aparente se mueve hacia puntos más altos en el firmamento a medida que el invierno se acaba este esquema, durante el verano, el amanecer acontece más temprano, y el atardecer más tarde. (Beltrán Adán , 2007)

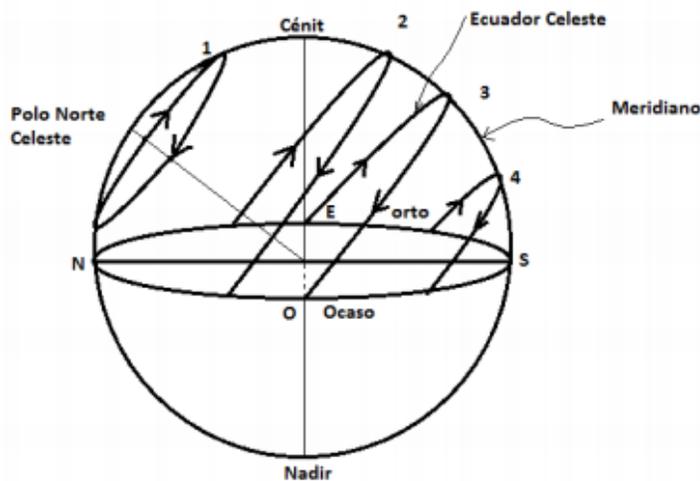


Figura: 1 Movimiento del sol a lo largo del día. (Beltrán Adán , 2007)

De la misma manera que para determinar la posición de un punto cualquiera sobre un plano se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, para localizar con exactitud cualquier punto de la superficie terrestre, se emplea el sistema de coordenadas geométricas expresadas mediante una pareja de números denominados latitud y longitud, los cuales expresan mediciones angulares sobre la superficie de una esfera.

La tierra tiene forma de esfera y como tal, lo mismo que los ángulos o los círculos, sus dimensiones se pueden medir en grados; así, representada como mapa, tierra se divide en 360°. La ventaja que tiene emplear expresiones angulares, es que, el ángulo formado por dos rectas es independiente de la longitud de estas. (Beltrán Adán , 2007)

Cualquier lugar de la tierra puede ser situado exactamente por la intersección de dos coordenadas que representan la latitud y la longitud de ese lugar, indicando cada numero la cantidad de grados norte o sur desde el ecuador (latitud) y este u oeste desde el meridiano (longitud).

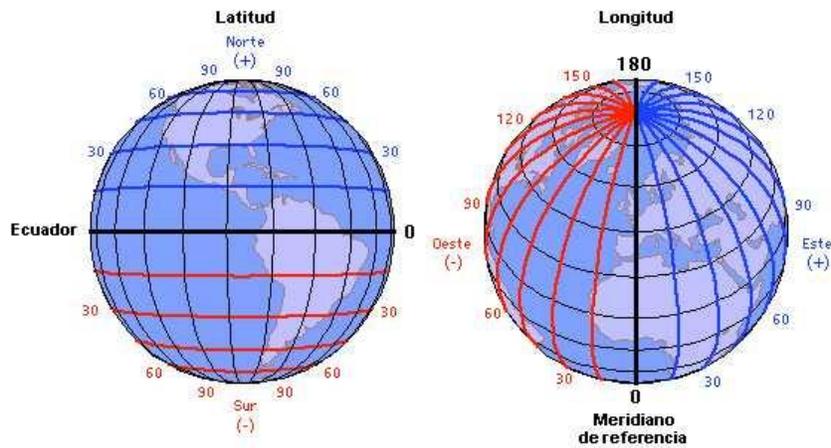


Figura: 2 Muestra la latitud y longitud (Beltrán Adán , 2007)

Angulo de declinación. La declinación define la posición angular de sol al mediodía solar, es decir, en el momento en que el sol está más alto en el firmamento con respecto al plano ecuatorial. (Beltrán Adán , 2007)

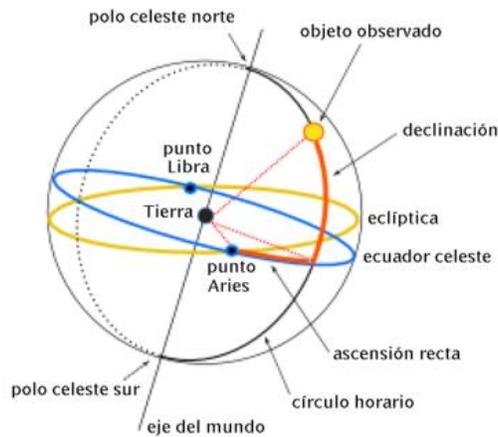


Figura: 3 Ejemplo de ángulo de declinación. (Hards, 2016)

La declinación es un índice del alejamiento que experimenta el sol hacia el norte o hacia el sur del ecuador. Este parámetro, depende del día y año, y puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left(360 \frac{284+n}{365} \right)$$

Donde n es el día del año. Cada grado se divide en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos.

Posición solar en relación a la tierra. La órbita de la tierra del sol es elíptica, el eje de rotación de la tierra (eje polar) está siempre inclinado un ángulo de 23.4° en relación con el eje elíptico, el cual es normal al plano elíptico.

Mientras la tierra hace su rotación diaria y revolución anual, el sol también rota aproximadamente una vez en su propio eje cada mes terrestre.

Los círculos árticos y antárticos y los trópicos de cáncer y capricornio en relación al sol las cuatro estaciones. En el solsticio invernal (aproximadamente el 22 de diciembre), el polo norte está inclinado a 23.5° fuera del sol de esta manera todos los puntos sobre la superficie de la tierra al norte del círculo polar ártico está en completa oscuridad, considerando que todos los puntos al sur del círculo polar antártico reciban continuamente la luz del sol. En el solsticio de verano (aproximadamente el 22 de junio) y en los equinoccio de primavera y otoño (aproximadamente el 21 de marzo y el 23 de septiembre, respectivamente), el polo norte y sur son equidistantes del sol; así todo los puntos en la superficie de la tierra tienen 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. (Beltrán Adán, 2007)

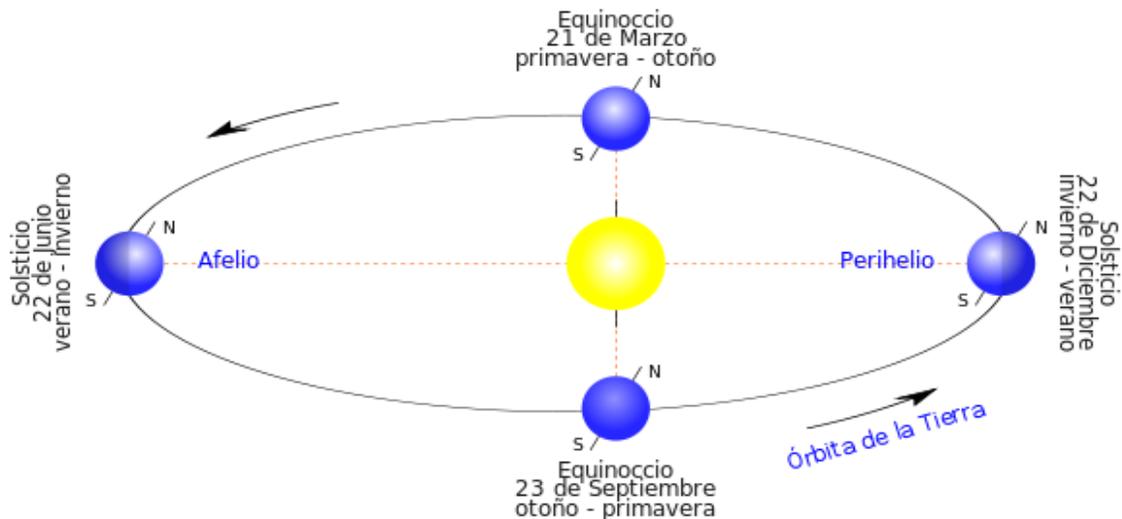


Figura: 4 Relación del sol y el movimiento de la tierra (Hards, 2016)

2.4. ECUACIÓN DEL TIEMPO

Un parámetro importante que tiene que ser considerado en este análisis es la hora solar, la cual difiere de la hora oficial que indica un reloj exacto.

$$\text{Hora solar} = \text{Hora oficial} + E + 4(L_{ref} - L_{loc})$$

Donde E es la ecuación del tiempo mostrado en minutos; L_{ref} es la longitud del meridiano de referencia horario oficial para la zona en cuestión, y L_{loc} es la longitud del meridiano del lugar. Una forma de evaluar el valor de la ecuación del tiempo E, en minuto es mediante la siguiente ecuación:

$$Ecuacion\ del\ tiempo = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B$$

Donde: $B = \frac{360}{364} (n - 81)$ $n = \text{dia del año } (1 \leq n \leq 365)$ (Beltrán Adán , 2007)

2.4.1. ANGULO HORARIO ω .

El Angulo de horario (ω) es igual a cero al medio día solar y adquiere un valor de 15° de longitud por cada hora, siendo positivo en la mañanas y negativos por las tardes, así $\omega = 30^\circ$ que sería las 10:30 y $\omega = -15^\circ$ que sería las 13:00.

Una forma de calcular el Angulo horario (ω), considerando que a las 6:00, 12:00 y 18:00 se tienen ángulos des 90° , 0° y -90° respectivamente por la siguiente ecuación:

$$\omega = -\left(\frac{15^\circ}{Hr}\right) \cdot (Hora\ solar) + 180^\circ \text{ (Beltrán Adán , 2007)}$$

2.4.2. ALTURA Y AZIMUT SOLAR

Dado que los movimientos de la tierra y el sol son relativo entre sí, en este análisis se supondrá que la tierra esta fija en el espacio, que el sol describe un movimiento virtual alrededor de esta, y que el origen del sistema de coordenadas se localiza en el lugar de interés situado en la tierra. Desde este punto de vista, el sol está restringido a moverse con dos grados de libertad en la esfera celeste. (Beltrán Adán , 2007)

En consecuencia, su posición en el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares: la altura solar y el azimutal solar.

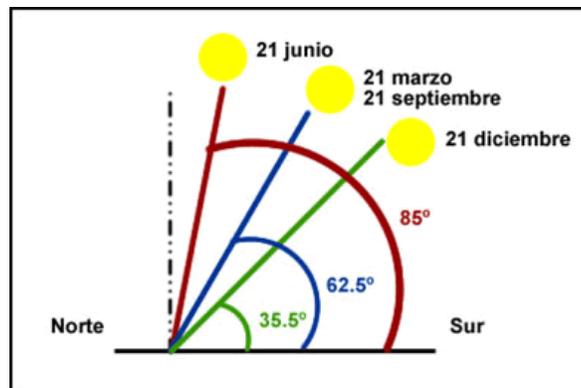


Figura: 5 Ángulos de posición solar. (Beltrán Adán , 2007)

Una vez determinada la latitud del lugar φ , la declinación δ y el Angulo de horario ω , la altura α y el azimut solar γ , se puede calcular con esta ecuación:

$$\sin \alpha = (\cos \varphi)(\cos \delta)(\cos \omega) + (\sin \varphi)(\sin \delta) \qquad \sin \gamma = \frac{(\cos \delta)(\cos \omega)}{\cos \alpha}$$

(Beltrán Adán , 2007)

2.5. CELDAS FOTOVOLTAICAS

La celda fotovoltaica o también llamadas célula fotoeléctrica, célula, fotocélula, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico. En la actualidad el material fotosensible más utilizado es el silicio, que produce corrientes eléctricas mayores. (Energía solar, 2005)

Hoy se utilizan diferentes tecnologías en la producción de las celdas fotovoltaicas con el fin de aumentar su producción y reducir su coste.

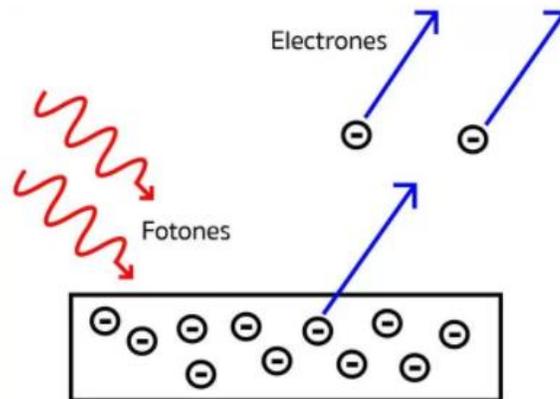


Figura: 6 Efecto fotoeléctrico. (Energía solar, 2005)

El trabajo de la celda es provocar que los electrones libres vayan de un material semiconductor a otro en busca de un “hueco” que llenar. Esto produce una diferencia de potencial y por tanto una corriente eléctrica, es decir, que se producirá un flujo de electricidad del punto de mayor potencial al de menor potencial hasta que en los dos puntos el potencial sea el mismo. (Energía Solar, 2017)

2.6. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles solares son dispositivos que se encarga de transformar parte de la radiación solar que incide en ellos en energía eléctrica y su principal componente son las celdas de silicio. Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad, las cuales comúnmente son llamadas celdas fotovoltaicas y dependen del efecto fotovoltaico para transformar la energía del sol y hacer que una corriente pase entre dos placas con cargas eléctricas opuestas. (Energía solar, 2005)

La conversión es un proceso por el cual la energía solar se transforma directamente en electricidad. El dispositivo o elemento que media en el proceso es la célula solar o célula fotovoltaica. A esta conversión fotovoltaica se le llama efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887. Cuando la energía luminosa, principalmente la radiación solar, incide en la célula fotoeléctrica, existe un desprendimiento de electrones de los átomos que comienzan a circular libremente en el material. Si medimos el voltaje existente entre los dos extremos del material, observamos que existe una diferencia de potencial entre 0,5 y 0,6 voltios.

Los sistemas de generación de energía basados en energía solar son hoy en día la solución más prometedora para requerimiento de baja y mediana potencia con la finalidad de reducir el consumo de energía producida por el petróleo y el gas. Sin embargo, la relación costo-beneficio de las celdas solares basadas en silicios es aun elevado y su eficiencia es baja, en comparación con otras fuentes de energía. Independientemente de la elección del tipo de celdas solar, los módulos fotovoltaicos deben estar conectada a un sistema de conversión de energía, con el fin de gestionar la energía producida y proporcionar una interfaz adecuada a la carga como lo son convertidores electrónicos no lineales esa que operan en modo de conmutación. (Energía Solar, 2017)

2.7. PANEL O MÓDULO FOTOVOLTAICO

Al grupo de células fotoeléctricas o celdas fotovoltaicas se le conoce como panel fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (se utilizan 12V a 36V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo. La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. (Energía solar, 2005)

2.7.1 elementos de los módulos fotovoltaicos

Cubierta frontal: Ha de poseer una elevada transmisión en el rango de longitudes de onda que puedan ser aprovechadas por una célula solar fotovoltaica (350 a 1200 nm en caso de células de silicio), y una baja reflexión de la superficie frontal, para aprovechar al máximo la energía solar incidente. Además, el material ha de ser impermeable al agua, deberá tener una buena resistencia al impacto, deberá ser estable a la exposición prolongada de rayos UV y contará con una baja resistividad térmica

Encapsulante: Se utiliza para dar adhesión entre las células solares, la superficie frontal y la posterior del módulo. Deberá ser impermeable al agua y resistente a la fatiga térmica y la abrasión. El más utilizado es el EVA (etilen-vinil-acetato).

Cubierta posterior: Debe ser impermeable y con baja resistencia térmica. Normalmente se utiliza una película de Tedlar adosada en toda la superficie del módulo, aunque también existen modelos que emplean una nueva capa de Tedlar y un segundo vidrio

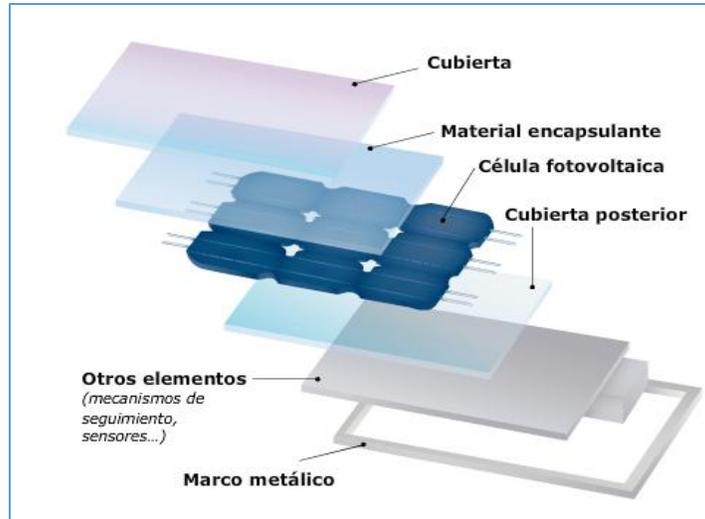


Figura: 7 Componentes del módulo. F.V. (Energía Solar, 2017)

2.7.2. TIPOS DE MÓDULOS

Existen tres tipos de paneles fotovoltaicos:

- **Monocristalinos.** Está formada en secciones con una barra de silicio perfectamente cristalino en una sola pieza. En algunos análisis desarrollados en elaboración se han alcanzado rendimiento máximo del 24% a diferencia de los que actualmente existe en el mercado que alcanzan un 16%.
- **Policristalinos.** Los materiales son semejantes a los monocristalinos sin embargo el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desbordadamente en forma de pequeños cristales.
- **Amorfo.** Basado también en el silicio, pero a diferencia de los anteriores este material no sigue una estructura cristalina. (Energía solar, 2005)

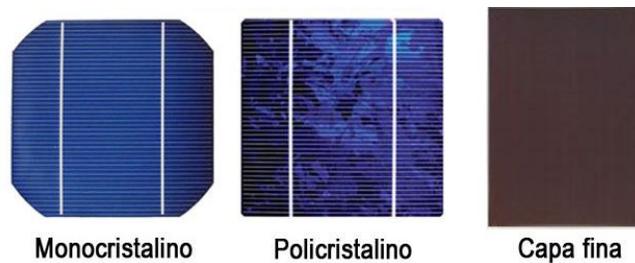


Figura: 8 Paneles fotovoltaicos. (Energía solar, 2005)

2.8. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR.

Un sistema de seguimiento solar es un dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma perpendicular a los rayos solares para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, ya sea siguiendo al sol desde el Este al amanecer hasta el Oeste en la puesta del sol, o bien empleado el punto de máxima potencia.

Los seguidores solares acoplados a los sistemas captadores (sistema de seguimiento solar) se utilizan para posicionar los sistemas captadores de radiación, de forma que éstos permanezcan cercanos a la perpendicular paralela de los rayos solares, para convertir la energía captada en calor o energía eléctrica y ser utilizada en viviendas, complejos urbanísticos o en la industria. (Beltrán Adán , 2007)

2.8.1 EXISTEN DOS TIPOS DE SEGUIDOR SOLARES:

Seguidores de un eje. La superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. El seguidor solar estacional de un eje incrementa la producción de energía eléctrica en un 28% más respecto a una instalación fija.

Seguidor a dos ejes. La superficie se mantiene siempre perpendicular al sol. Poseen dos grados de libertad, capaces de hacer un seguimiento solar más preciso. Este tipo de seguidor está en capacidad de realizar un seguimiento total del Sol, tanto en altura como en azimut, aunque el rendimiento de la instalación puede ser superior en comparación con los de un solo eje.

Los seguidores a dos ejes permiten incrementar aproximadamente la eficiencia hasta un 35% la producción de energía de los paneles solares fotovoltaicos. (Sumano Fuentesvilla, 2012)

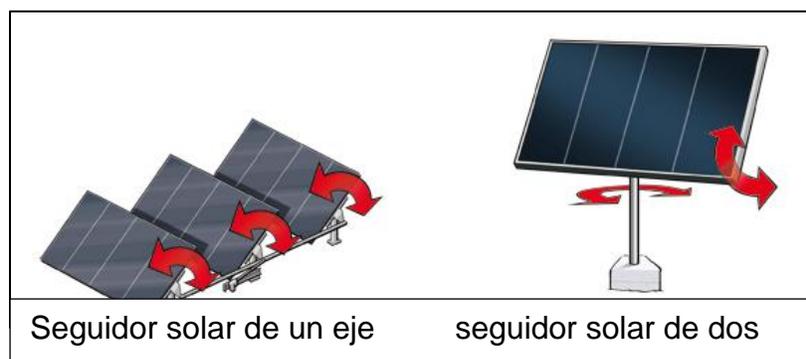


Figura: 9 Tipo de movimiento mecánico del seguidor solar. (Sumano Fuentesvilla, 2012)

2.8.2. SEGUIDORES SOLARES SEGÚN SU ALGORITMO DE SEGUIMIENTO.

- **Seguidores por punto luminoso:** Este tipo de seguidores poseen un sensor que les indica cual es el punto del cielo más luminoso y al que deben apuntar
- **Seguidores con programación astronómica:** Se trata de seguidores que mediante un programa y de acuerdo con las ecuaciones solares conocen en qué punto debería estar el sol a cada hora y apuntan a dicha posición.

Si se comparan estos seguidores puede notarse que los seguidores por punto luminoso presentan una mayor facilidad para implementar el algoritmo de seguimiento, pero presentan poca fiabilidad; mientras que con una programación astronómica se presenta una mayor fiabilidad, pero es más difícil la implementación del algoritmo de seguimiento (Sumano Fuentes, 2012)

2.9. MICROCONTROLADORES

Un Microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. (Sumano Fuentes, 2012)

Un Microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. (Sumano Fuentes, 2012)

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o microvatios). Por lo general, tendrá la capacidad de mantenerse a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción; así, el consumo de energía durante el estado de reposo (reloj de la CPU y los periféricos de la mayoría) puede ser sólo de nanovatios, lo que hace que muchos de ellos sean muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración. (Sumano Fuentes, 2012)

2.9.1 MICROCONTROLADOR ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un Microcontrolador de la marca Atm él y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el Microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip. Un Arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V. (PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM. (PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

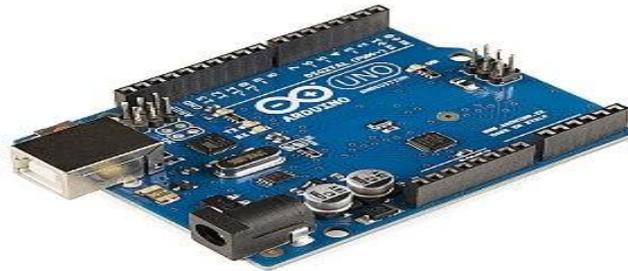


Figura: 10 Arduino. (PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

RESUME DE CARACTERÍSTICAS DE TÉCNICAS

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 v. También dispone de entradas y salidas analógicas. mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales pwm.

Tabla: 1 Características de Arduino

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Limite)	6-20V
Pines para la entrada-salida digital	14 (se usan como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40mA
Memoria Flash	32KB

(Características técnicas del ARDUINO UNO, 2017)

2.9.2. HARDWARE

Los modelos de Arduino se categorizan en placas de desarrollo, placas de expansión (shields), kits, accesorios e impresoras 3d. (PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

Placas

Arduino Galileo,16 Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Yún, Arduino Tre (En Desarrollo), Arduino Zero, Arduino Micro, Arduino Esplora, Arduino Mega ADK, Arduino Ethernet, Arduino Mega 2560, Arduino Robot, Arduino Mini, Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Fio, Arduino Pro, Arduino MKR1000/Genuino MKR1000, (PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

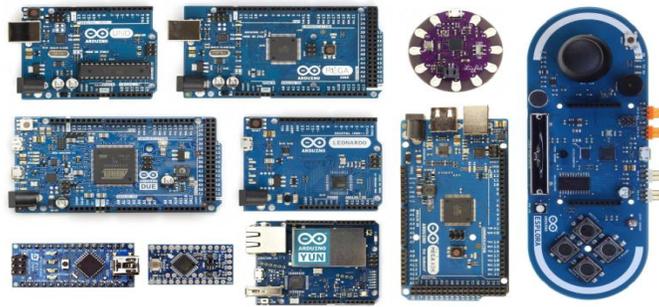


Figura: 11 Tipos de Arduino. (Arduino General, 2017)

2.10. DISEÑOS ASISTIDOS POR PROGRAMAS DE 3D

SketchUp es una herramienta que permite conceptualizar rápidamente volúmenes y formas arquitectónicas de un espacio. SketchUp es un software de modelado 3D que permite modelar en 3D de edificios, paisajes, escenarios, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Diseñado con el objetivo de que pudiera usarse de una manera intuitiva y flexible. El programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar. (Wikipedia la enciclopedia libre, 2018)

2.10.1. CARACTERÍSTICAS

Característica es poder realizar diseños en 3D de forma sencilla. El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para aprender paso a paso cómo se puede diseñar y modelar el propio ambiente. Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante, además de que el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar. (Wikipedia la enciclopedia libre, 2018)

2.11. SERVOMOTORES

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos. (FM, 2003)

2.11.1. CARACTERÍSTICAS.

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado. (FM, 2003)

En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes. Con anterioridad los servomotores no permitían que el motor girara 360 grados, solo aproximadamente 180; sin embargo, hoy en día existen servomotores en los que puede ser controlada su posición y velocidad en los 360 grados. Los servomotores son comúnmente usados en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección. (FM, 2003)



Figura: 12 Servomotor. (FM, 2003)

2.11.2. TIPOS DE SERVOMOTORES

-Clasificación según su topología:

- Motor Inducido de Tres fases AC
- Motor Tipo Brush DC Brushless Servo Motor (AC & DC)
- Motor Paso a Paso

Clasificación según el tipo de movimiento:

- Motores rotativos
- Motores lineales
- Motores Angulares

Motores aptos para Servo sistemas. Estos son los diferentes devices que son usados en muchos motores inducidos de AC y motores Brush DC. (FM, 2003)

2.11.3. PARTES DE UN SERVOMOTOR

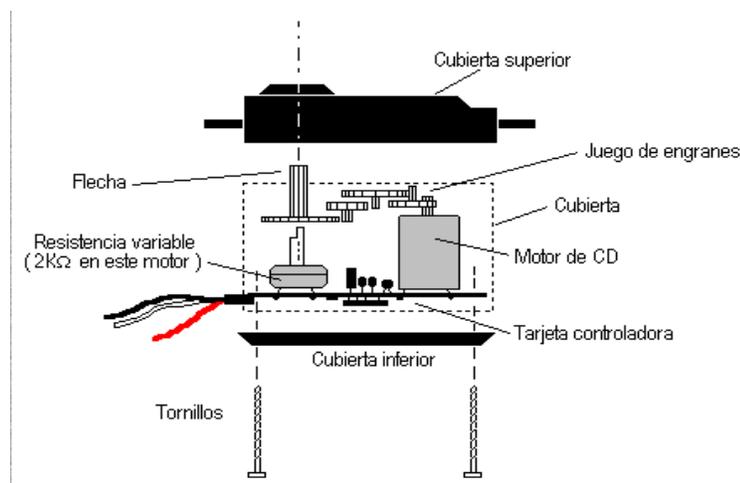


Figura: 13 Estructura del servomotor. (FM, 2003)

- **Motor de corriente continua.** Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima.
- **Engranajes reductores.** Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.
- **Sensor de desplazamiento.** Suele ser un potenciómetro colocado en el eje de salida del servo que se utiliza para conocer la posición angular del motor.
- **Circuito de control.** Es una placa electrónica que implementa una estrategia de control de la posición por realimentación. Para ello, este circuito compara la señal de entrada de referencia (posición deseada) con la posición actual medida por el potenciómetro.

2.11.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos. (FM, 2003)

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)
- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor

Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante: el cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.



Figura: 14 Colores de los cables de los servomotores. (FM, 2003)

Las señales PWM utilizadas para controlar los servos están formadas por pulsos positivos cuya duración es proporcional a la posición deseada del servo y que se repiten cada 20ms (50Hz). Para mantener fijo un servo en una posición habrá que enviar periódicamente el pulso correspondiente. (FM, 2003)

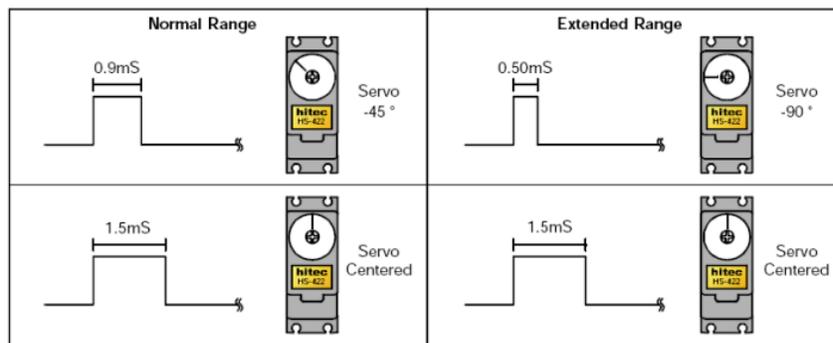


Figura: 15 Pulsos PWM para controlar servos. (FM, 2003)

2.12. SENSORES LDR

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms). (TECNOLOGÍA, 2016)

Los LDR se fabrican con un cristal semiconductor fotosensible como el sulfuro de cadmio (CdS). Estas celdas son sensibles a un rango amplio de frecuencias lumínicas, desde la luz infrarroja, pasando por la luz visible, y hasta la ultravioleta.

La variación de valor resistivo de un LDR tiene cierto retardo, que es diferente si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro. (TECNOLOGÍA, 2016)

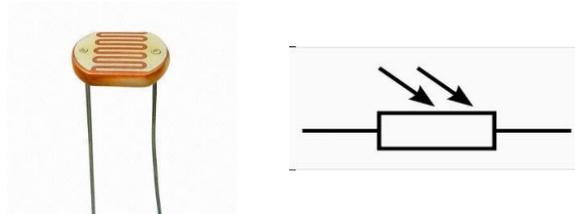


Figura: 16 Sensor LDR y el símbolo para los circuitos. (TECNOLOGÍA, 2016)

2.12.1. CARACTERÍSTICAS

Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia como el sulfuro de cadmio, CdS. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por las elasticidades del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción.

Otra característica de los LDR es que solo se recomienda su uso para la detección de señales luminosas que no varíen con rapidez, esto debido a que el LDR posee un tiempo de respuesta de una décima de segundo, esto en algunos casos puede no tener los resultados deseados si se trabajan con tiempos más cortos.

Los valores de la resistencia para estos dispositivos varían dependiendo del uso que le demos y la luz disponible, los valores típicos varían entre 1 M Ω , o más, en la oscuridad y 100 Ω con luz brillante. (TECNOLOGÍA, 2016)

2.12.2. FUNCIONAMIENTO

Cuando incide la luz en el material fotoconductor se generan pares electrón - hueco. Al haber un mayor número de portadores, el valor de la resistencia disminuye. De este modo, la fotorresistencia iluminada tiene un valor de resistencia bajo. Las células son también capaces de reaccionar a una amplia gama de frecuencias, incluyendo infrarrojo (IR), luz visible, y ultravioleta (UV). (TECNOLOGÍA, 2016)



**Figura: 17 Funcionamiento de las Resistencias LDR. (TECNOLOGÍA, 2016)
(Cancino, 2018)**

Si dejamos de iluminar, los portadores foto generados se recombinarán hasta volver hasta sus valores iniciales. Por lo tanto el número de portadores disminuirá y el valor de la resistencia será mayor. (TECNOLOGÍA, 2016)

2.12.3. MATERIALES COMPUESTA DEL LDR.

Los materiales que intervienen en su construcción son Sulfuro de Cadmio, utilizado como elemento sensible a las radiaciones visibles y sulfuro de plomo se emplean en las LDR que trabajan en el margen de las radiaciones infrarrojas. Estos materiales se colocan en encapsulados de vidrio o resina. (Carletti E. J., 2007).

2.13. CONCLUSIÓN

En este capítulo se analizó e investigó todos los componentes que se utilizaron en el seguidor solar, desde la carta solar donde se encuentran todos los parámetros del movimiento de la tierra y sus ángulos de inclinación del sol, hasta las piezas físicas que tendrá el seguidor como son los sensores LDR, los servomotores y su controlador el Arduino se analizaron sus características.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE SEGUIDOR SOLAR.

3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo realizaremos el diseño de la instalación fotovoltaico, el cual abarca varias etapas hasta la terminación del proyecto y el montaje de los paneles fotovoltaicos, el cual se desarrolla en varias fases. El diseño es un proceso que empieza con la concepción del sistema y termina con la verificación, ensayo y pruebas de admisión de modelo. Pero el propósito de esta tesis es demostrar que haciendo girar los paneles fotovoltaico siguiendo al sol, podemos conseguir un rendimiento mayor de los paneles, que estar los paneles fijos

3.2. DISEÑAR EN 3D EL SOPORTE DE MOVIMIENTO.

El diseño mecánico del seguidor solar se desarrolló considerando las condiciones del lugar de emplazamiento y con componentes que se pudieran adquirir fácilmente, se evitó también la fabricación de componentes mecánicos de difícil manufactura por el aumento del costo que esto significaría en su desarrollo. El software de diseño mecánico usado en la realización del seguidor solar ha sido SketchUp es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones basado en caras. Su principal característica es poder realizar diseños en 3D de forma sencilla. El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para aprender paso a paso cómo se puede diseñar y modelar el propio ambiente. Se trata de un programa con una amplia implantación en diferentes sectores industriales que posibilita al usuario modelar piezas, realizar ensamblajes o llevar a cabo simulaciones entre otras muchas cosas.

En el proyecto se diseñó un modelo de 3D del seguidor solar fotovoltaico junto con sus componentes electrónicos

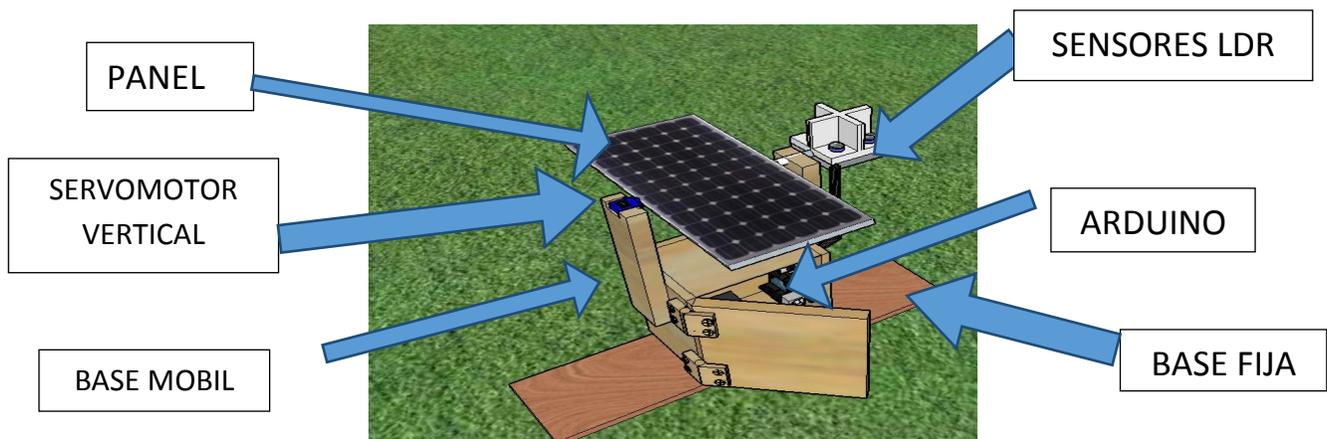


Figura: 18 Diseño de Seguidor Solar y sus componentes. (Cancino, 2018)

3.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

3.3.1. SISTEMA MECÁNICO

Este sistema es el encargado de brindar soporte y movimiento al panel fotovoltaico. Los requerimientos principales para este sistema son:

- Permitir la inclinación del panel fotovoltaico dependiendo del lugar.
- Soportar el peso de todos sus elementos, incluyendo paneles fotovoltaicos.
- Permitir un giro de 180°.

La decisión del tipo de montaje se tomó en cuenta considerando que nuestro prototipo realizará un seguimiento solar de tipo acimutal, de esta manera el montaje de eje central es el que nos permite una mejor captación del sol.

La siguiente figura muestra el diseño final de todo el sistema mecánico y posteriormente se describe cada componente.



Figura: 19 Seguidor solar Fotovoltaico. (Cancino, 2018)

3.4. ESTRUCTURAS

3.4.1. BASE MÓVIL

Consiste en una estructura de madera, esta sostenido por una caja de madera que soporta la carga, dentro de la caja se encuentra el sistema de Microcontrolador y el motor que soporta la base que será el eje central del cual surge el movimiento. El seguidor solar se puede inclinar dependiendo de la latitud del lugar gracias a un servomotor el cual sube o baja dependiendo del ángulo que se quiera alcanzar entre la base móvil y el panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos son soportados por una estructura de plástico que se fijó directamente al servomotor vertical. Cuando un panel solar fijo es instalado, como regla general se considera la inclinación al igual que la latitud del lugar. El prototipo se ajusta a la latitud del lugar y su orientación por la mañana es el oeste, y por la tarde una orientación al este.

3.4.2. BASE FIJA

Este componente es el que le brinda soporte y movimiento al panel fotovoltaico y los sensores LDR. Se compone de los siguientes elementos:

- Estructura de soporte del panel.
- Estructura de base de los sensores LDR
- Servomotor

3.4.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL PANEL

La estructura de soporte del panel se fabricó de plástico de 30 cm de largo y 15 cm de ancho, en la parte central de la base superior se colocó, atornillado la base de los sensores LDR. Para poder mover era necesario tener un componente que soportara el panel al servomotor y que permitiera girarla, así que se buscó un acople de plástico para el servomotor donde se pueda atornillar a la base del panel como la figura siguiente.



Figura: 20 Acople de plástico para Servomotor. (Pulido, 2016)

Acople plástico de alta calidad para servo motores, compatible con servomotores estándar, DF servos y CDS Uptech 5500 Servo. Especificaciones: Diámetro exterior: 20mm, Diámetro del agujero central: 3mm, Orificios de montaje: 1.5mm.

3.4.4. ESTRUCTURA DE BASE DE LOS SENSORES LDR.

Para los sensores LDR se necesitó una placa de cobre para realizar el circuito planeado para los sensores. Primero se dibujó por aparte en hoja milimétrica el circuito requerido y después con un plumón permanente se dibujó en la placa de cobre como se muestra en la figura.

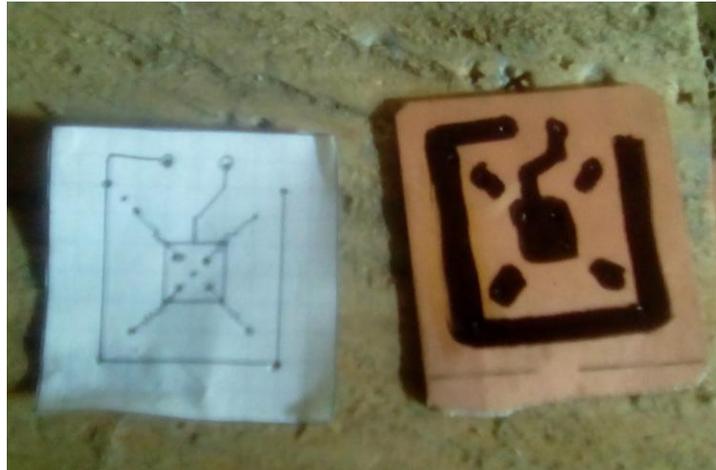


Figura: 21 Diagrama y placa de cobre. (Cancino, 2018)

Una vez el diagrama está adherida al cobre y hemos retocado cualquier defecto que haya quedado, se deberá introducir la placa de cobre en un recipiente no metálico que contenga *cloruro ferrico* disuelto en agua caliente (lo suficiente para cubrir toda la placa de cobre).

La función del cloruro ferrico es la de disolver el cobre que no está cubierto con tinta, dejando al final las pistas de cobre que forman el circuito. Entre menos tiempo tenga que durar la placa de cobre en el cloruro ferrico, la calidad del circuito impreso final será mejor, por esto debemos agitar el recipiente, con la placa de cobre sumergida en el cloruro ferrico, para que de esta manera el químico pueda disolver mas rápido el cobre de la placa.

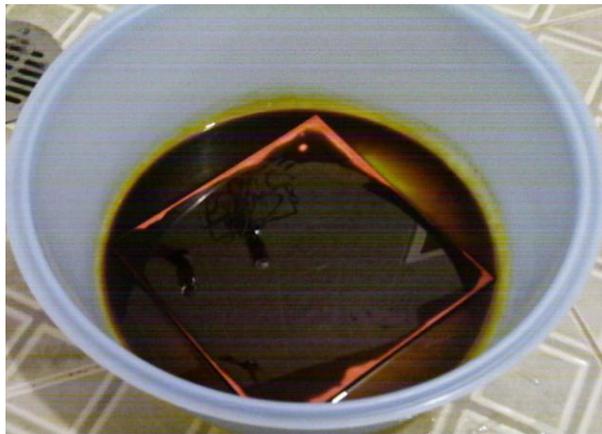


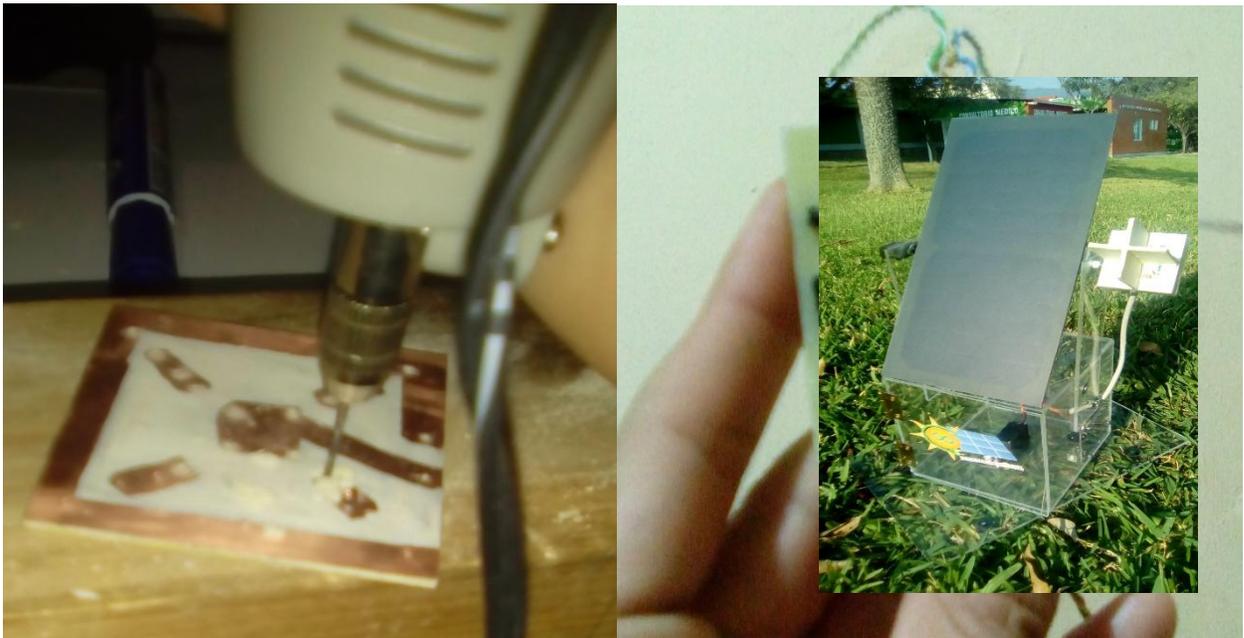
Figura: 22 placa de cobre dentro del Cloruro Ferrico. (Cancino, 2018)

Después de que el cloruro férrico haya consumido todo el cobre sobrante, procedemos a sacar la placa del recipiente y a retirar la tinta con borrador, thinner y un trapo, quedando las pistas de cobre. Como paso final se lava la placa nuevamente con esponjilla y jabón desengrasante de lavaplatos, para dar mayor presentación al circuito impreso final. Puede usar una esponjilla abrasiva de acero para pulir el impreso y darle brillo. Revise a contra luz el circuito impreso, y cerciórese que no hayan quedado pistas colisionadas.



Figura: 23 Placa de cobre ya oxidado con el Cloruro Férrico. (Cancino, 2018)

El tercer paso es abrir los orificios y soldar las resistencias y colocar los cables de datos también los cables de alimentación para los sensores LDR.



Al finalizar el circuito se colocara en la
Figura: 24 Orificio de la placa y colocación de cables. (Cancino, 2018)

base que se atornilla al soporte del panel el cual girará con el Servomotor vertical.

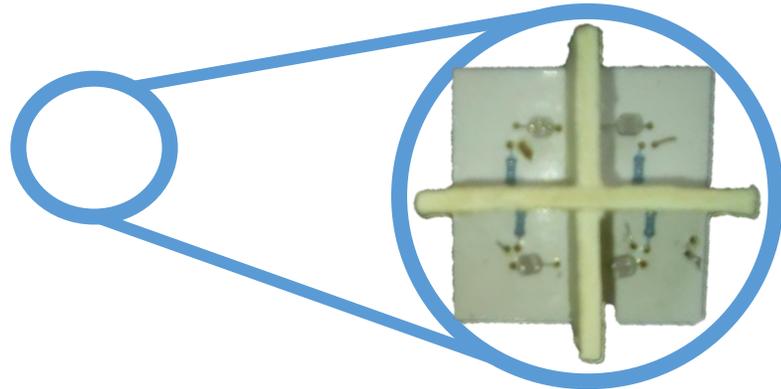


Figura: 25 Zoom del circuito de los sensores. (Cancino, 2018)

3.4.5. SERVOMOTOR

El servomotor que se utilizó para el proyecto es un potente dispositivo que dispone en su interior de un pequeño motor con un reductor de velocidad y multiplicador de fuerza, también dispone de un circuito que controla el sistema.

El ángulo de giro del eje es de 180° en la mayoría de ellos, pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360° . El motor servo es el encargado de dar movilidad al soporte del panel solar. (Carletti E. J., 2007)



Figura: 26 Servomotor. (Carletti E. J., 2007)

Estos servos reciben señal por tres cables: alimentación para el motor y la pequeña plaqueta de circuito del control (a través de dos cables, positivo y negativo/masa), y una señal controladora

que determina la posición que se requiere. La alimentación de estos servos es, normalmente, de entre 4,8 y 6 voltios.

Tabla: 2 Características de Servo Hite Hs422

Servo Hite HS422	
Sistema de Control	Control por Anchura de Pulso. 1,5 ms al centro
Tensión de funcionamiento	4,8V a 6 V
Velocidad a 6V	0,16 Seg /60 grados sin carga
Fuerza a 6V	4,1 Kg · cm
Corriente en reposo	8 mA
Corriente en funcionamiento	150 mA sin carga
Corriente Máxima	1100 mA
Zona Neutra	8 μsec
Rango Trabajo	1100 a 1900 μsec
Dimensiones	40,6 x 19,8 x 36,6 mm
Peso	45,5 g
Rodamiento Principal	Metálico
Engranajes	Plástico
Longitud del cable	300 mm

(Carletti E. J., 2015)

3.4.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVOMOTOR

Sistema electrónico

Este sistema es el encargado de establecer las interfaces entre los dispositivos del sistema, como son sensores. La tarjeta debe ser capaz de comandar al motor a pasos para el seguimiento acimutal del sol y llevar el control. Para el control acimutal del sol será necesario los sensores de luz LDR que se encargan de localizar la mayor cantidad de luz y mandar una señal al Arduino para que lo codifique y se encargue de mover los servomotores al Angulo correcto. Para la alimentación de la tarjeta, se cuenta con una pila recargable, que suministra energía a la tarjeta electrónica.

(RIOS PERES, s.f.)

Se cuenta con 4 sensores de luz (LDR), los requerimientos para estos instrumentos es que se saca un promedio de la cantidad de luz adquirido y que se pueda girar donde haya más luminosidad.

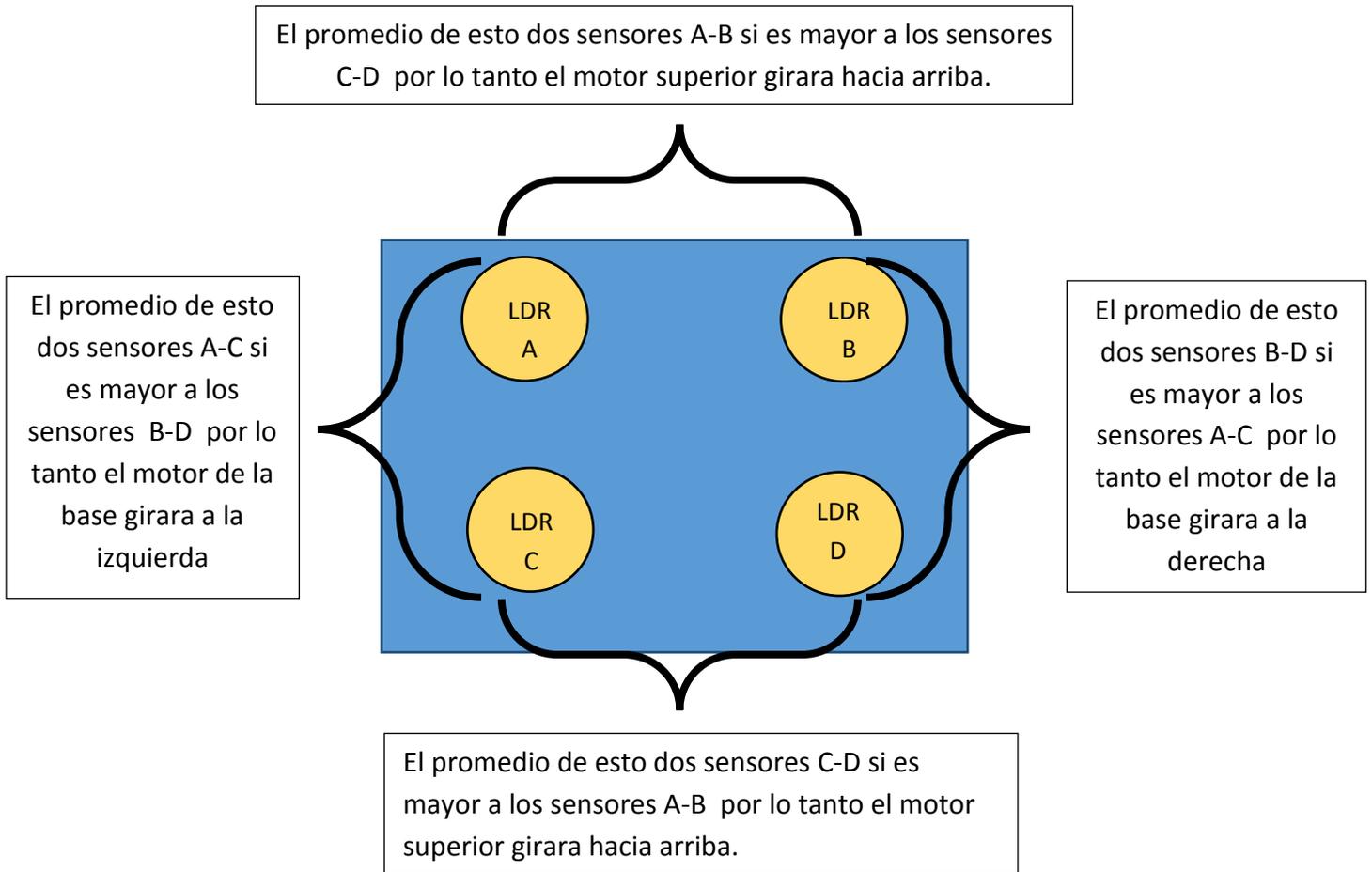


Figura: 27 Esquema de funcionamiento de los sensores LDR. (Cancino, 2018)

3.5. TARJETA ELECTRÓNICA

Un diagrama de Arduino y sus componentes. El motor a pasos que se utiliza es alimentado a 5V y maneja una corriente de 1A estas características la etapa de potencia para este motor es controlada por el dispositivo.

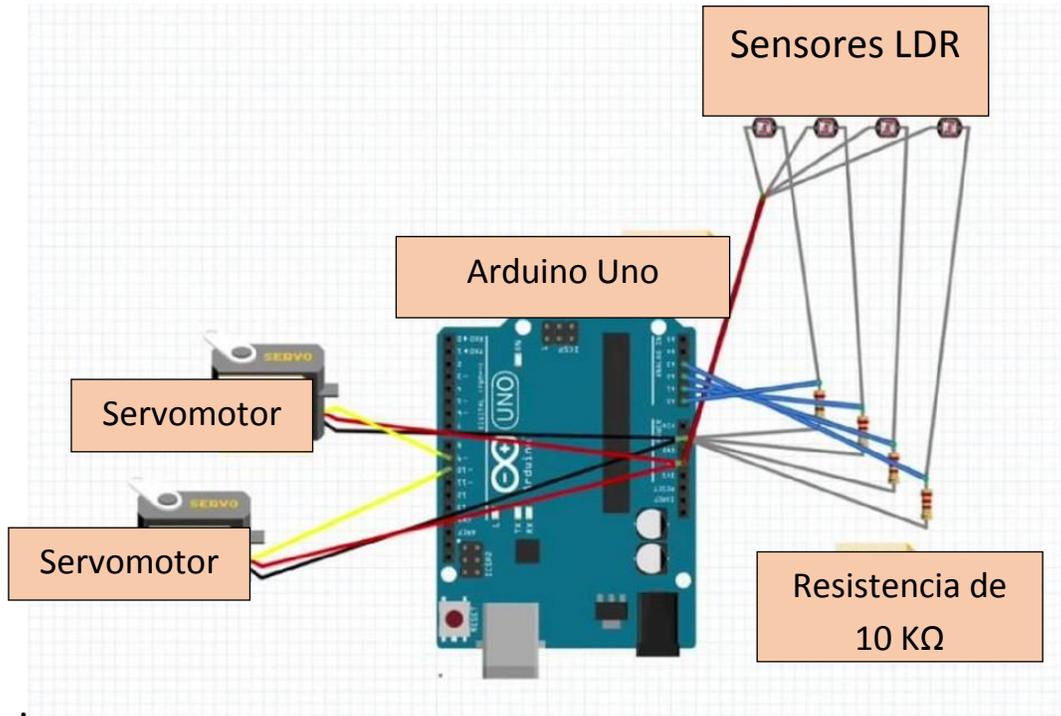


Figura: 28 Esquema de componentes del seguidor solar y sus conexiones. (Características técnicas del ARDUINO UNO, 2017)

Un módulo USB es utilizado para la comunicación entre el Microcontrolador y una PC, este módulo es necesario para la descarga de datos.

Tabla: 3 Salidas de voltaje y entradas

Microcontrolador	Uno
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Limite)	5-20V
Pines para la entrada-salida digital	16 pines

(PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE), 2016)

3.5.1. PROGRAMACIÓN Y CONTROL

La programación del Microcontrolador está basada en la plataforma de Arduino Programa controlador del sistema de movimiento Para las configuraciones sencillas como es nuestro caso es recomendable en general evitar el uso innecesario de controles complejos. El cuerpo principal del programa está en un ciclo infinito esperando a que se active la señal que dé inicio al sistema, una vez recibido la señal de arranque el sistema está esperando una señal del puerto conectado al Arduino. Al activar el Arduino los servomotores se pondrá en su forma inicial, hasta recibir la primera señal de los sensores de luz los LDR, al recibir dicha señal el Arduino lo codifica mandando una señal a los servomotores para que se ubique al Angulo correcto. Y tendrá un tiempo de espera hasta que llegue de nuevo la señal para el Angulo diferente de los servomotores. Para la comunicación Microcontrolador con la PC, se utiliza un cable convertidor USB cable A a cable B, a continuación se presentan los diagrama de flujo del programa primero se muestra el encargado de mover el motor y posteriormente el programa principal. Para mayor referencia en el apartado de anexos es posible ver el código completo para estos diagramas.

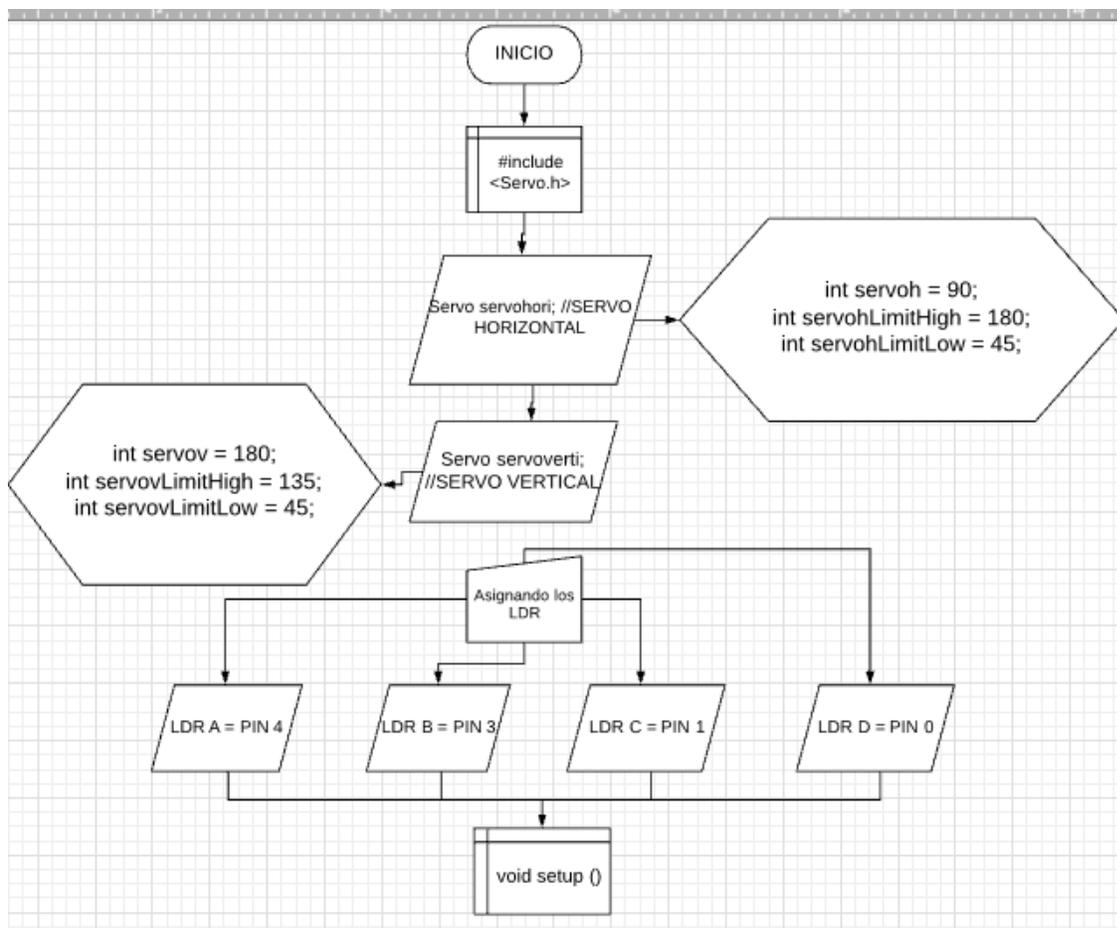


Figura: 29 Flujo de diagrama asignación de datos. (Cancino, 2018)

En el siguiente Diagrama de flujo muestra la ubicación PIN de los Servomotores y su funcionamiento de los demás componentes

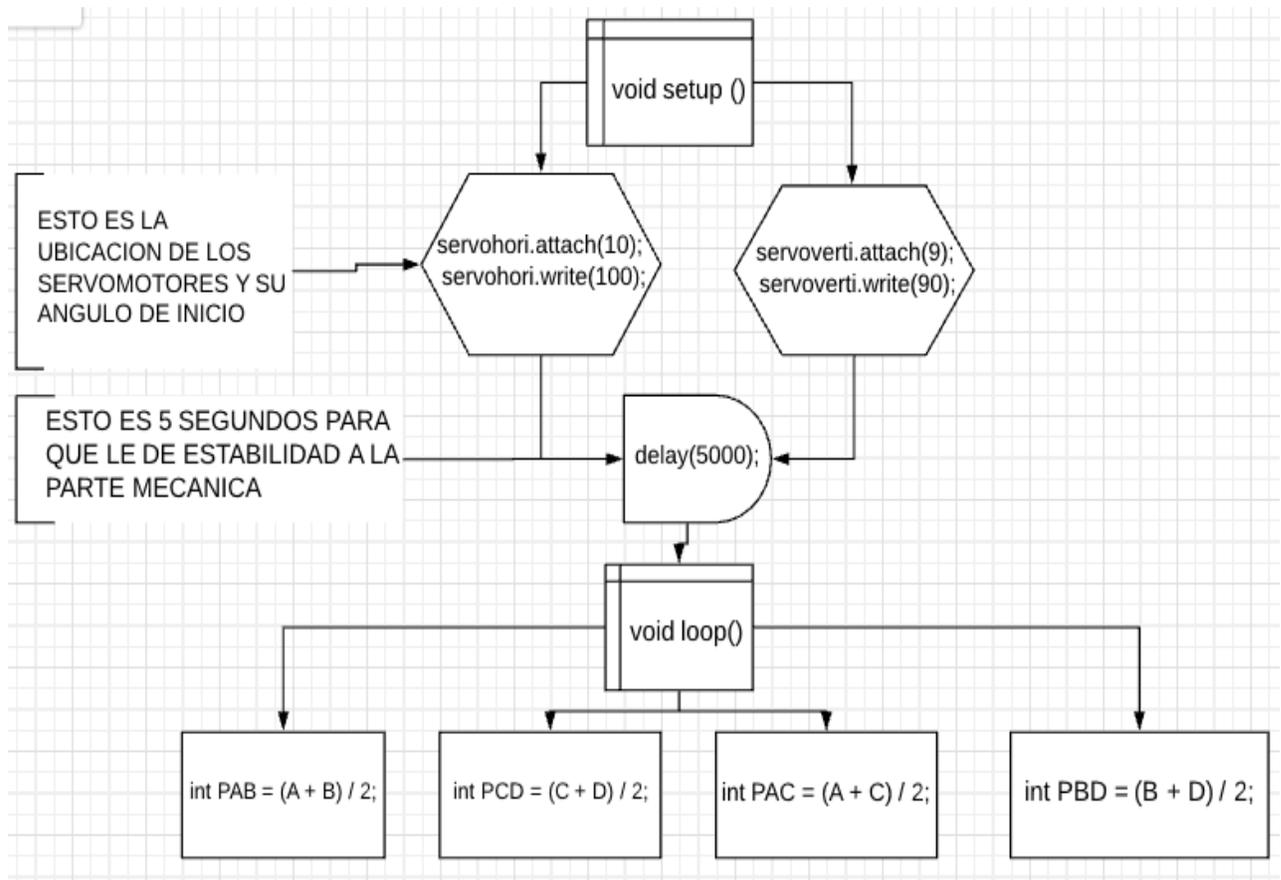


Figura: 30 Flujo de diagrama asignación de datos. (Cancino, 2018)

A continuación se mostrara sus condicionantes de cada sensor LDR para que gire donde haya mayor intensidad luminosa.

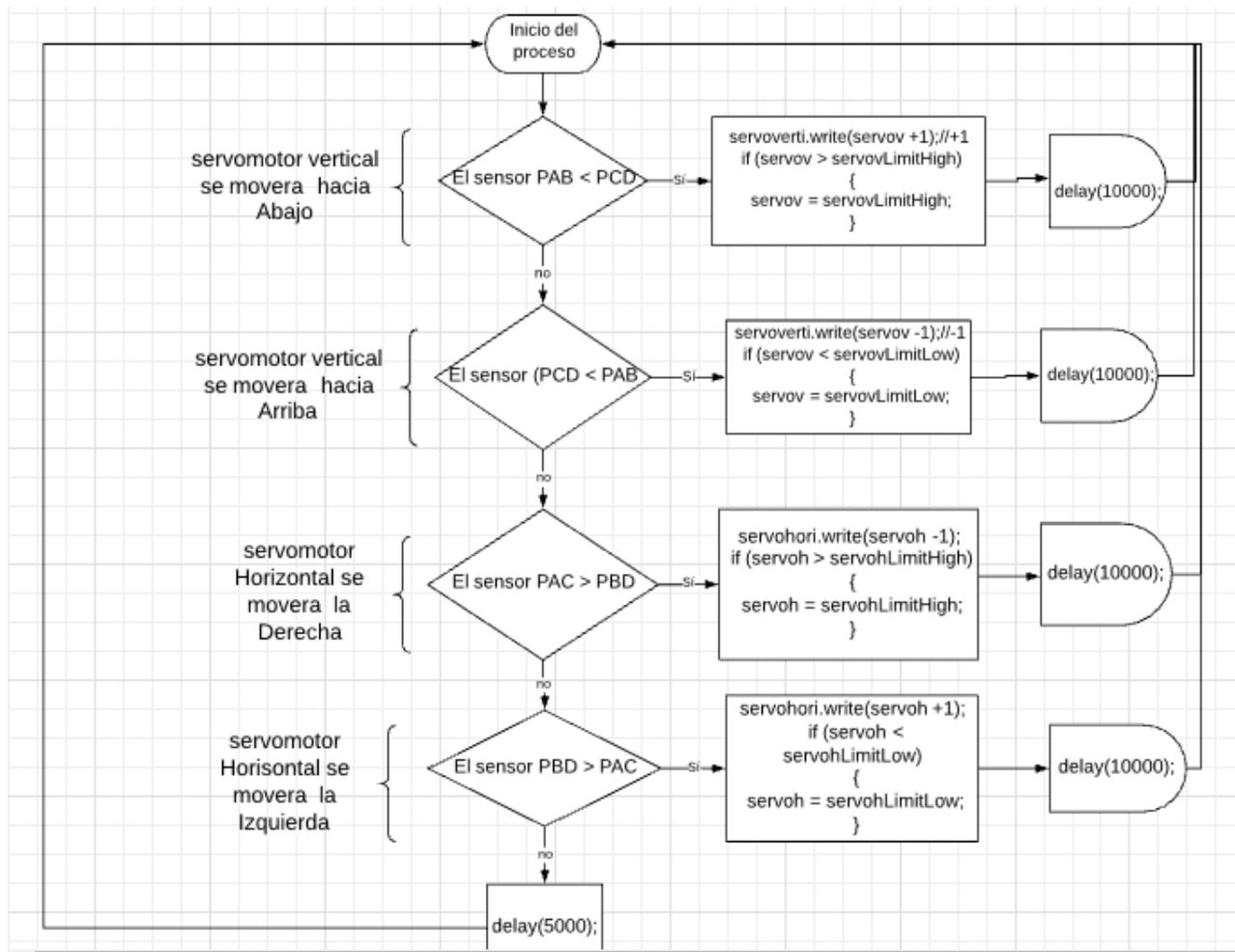


Figura: 31 Funcionamiento de los LDR y servomotores. (Cancino, 2018)

3.6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Este trabajo presenta el diseño y evaluación de un prototipo de seguidor solar para mejorar el rendimiento de los paneles solares.

Mediante los sensores LDR se puede orientar los paneles en forma perpendicular a los rayos del sol. Obteniendo datos bastante considerado de los parámetros de Voltaje, Corriente, Radiación, Temperaturas: ambiente, termopar e infrarrojo del panel



Figura: 32 Evaluacion de los dos sistemas. (Cancino, 2018)

Se evaluó el panel fijo y el de seguidor solar durante 5 días obteniendo datos, y así realizar una comparación de los dos sistemas.

La tabla de parámetros se encontrara en Anexo 2 de cada día evaluado.

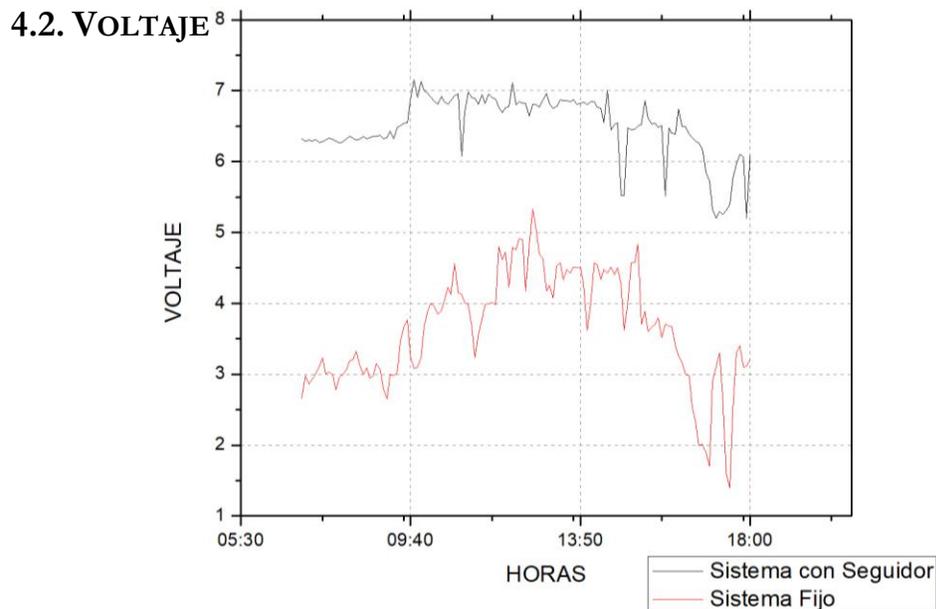
En la evaluación se demuestra claramente la eficiencia del seguidor solar en comparación con el panel

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

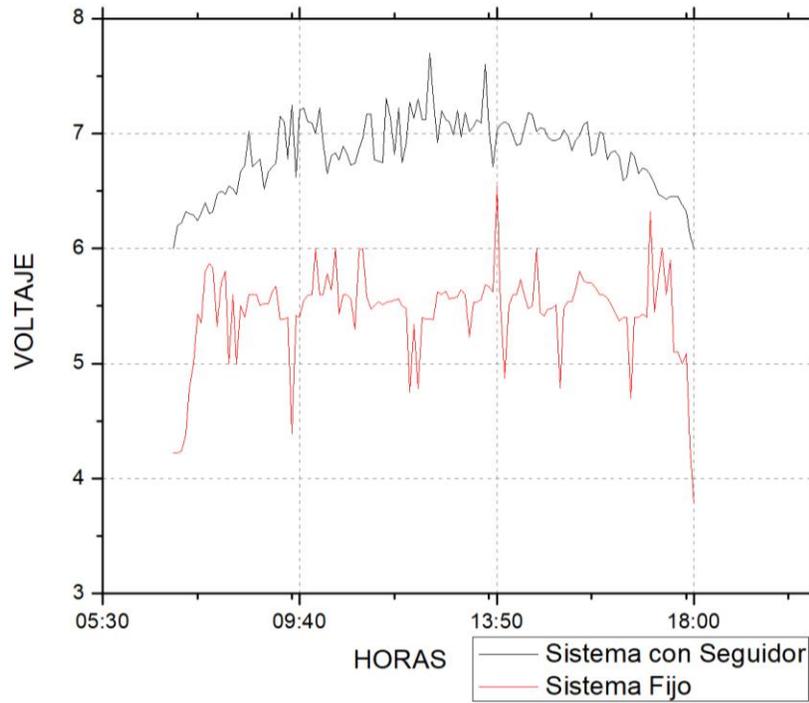
4.1. INTRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos del prototipo se lograron de manera satisfactoria, debido a que todos los dispositivos mecánicos para mover el módulo fotovoltaico, el cual funcionaron correctamente. Una vez que se ha hecho la integración de todos los subsistemas del prototipo parte mecánica y programación, se proponen dos pruebas finales en las cuales se pone a prueba los dos sistema, por un lado se deja funcionar al prototipo de forma estática (sin seguimiento) y reportando los parámetros de corriente, voltaje, radiación y temperaturas. Por otro se hace funcionar al sistema con seguimiento y reportando lo mismo parámetros, una vez realizadas estas pruebas se podrá hacer un análisis y discusión de resultados. Las pruebas finales de los dos prototipos se realizaron los días 11, 12, 14, 15 y 17 mayo del 2018.

A continuación se mostrara las gráficas de los parámetros de medición desde el día 11 de mayo al 17 de Mayo del 2018. La línea Azul en las gráficas correspondiente al módulo fotovoltaico con seguidor y línea Naranja correspondiente al módulo fijo.

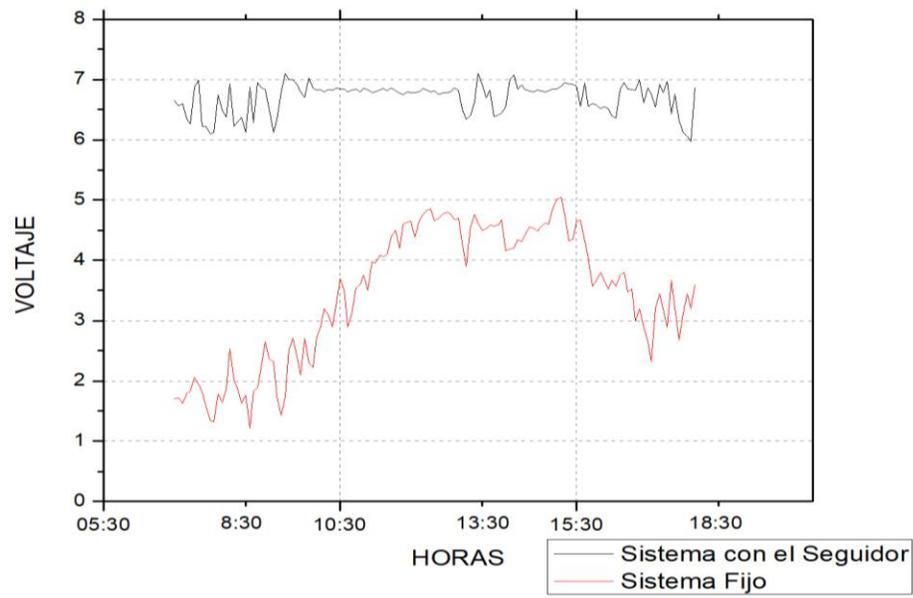


Gráfica 1 Voltaje de los Sistemas del día 11 de Mayo.

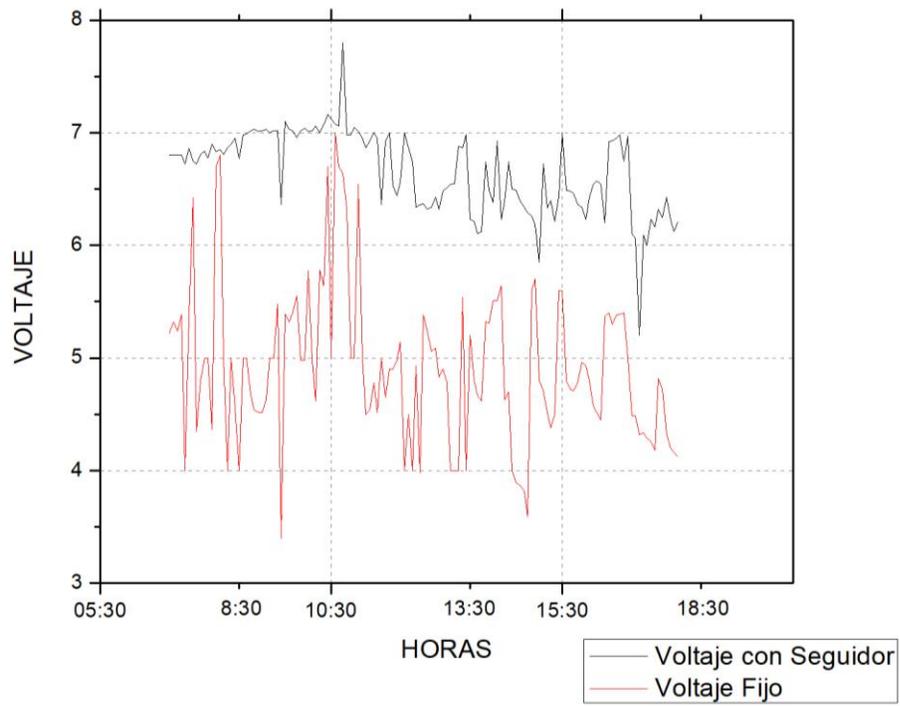


Grafica 2 Voltaje de los Sistemas del dia 12 de Mayo.

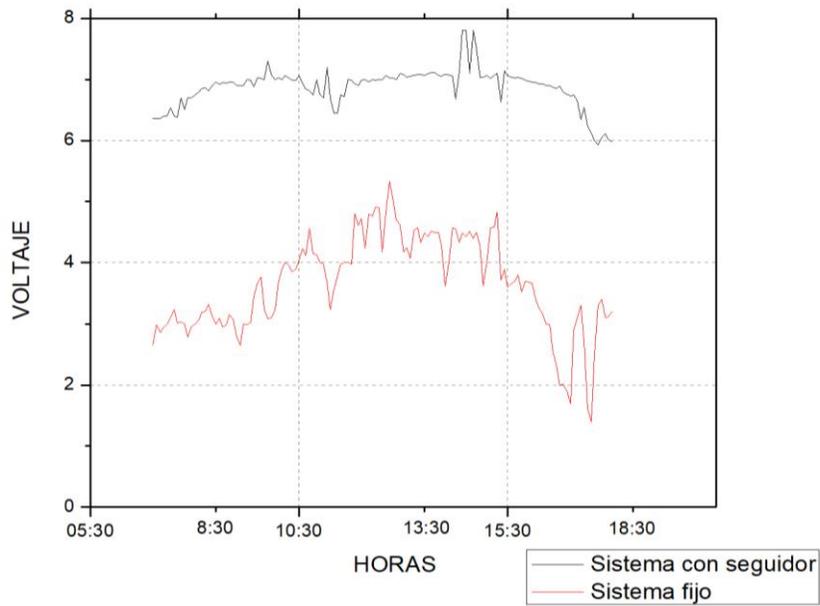
En los primeros días fueron días muy soleados y los valores de voltajes fueron muy constante pero con una gran diferencia en los dos sistemas, en el sistema con el seguidor solar esta de 6v a 7v, mientras que el sistema fijo esta de 3v a 5v.



Grafica 3 Voltaje de los Sistemas del dia 12 de Mayo.



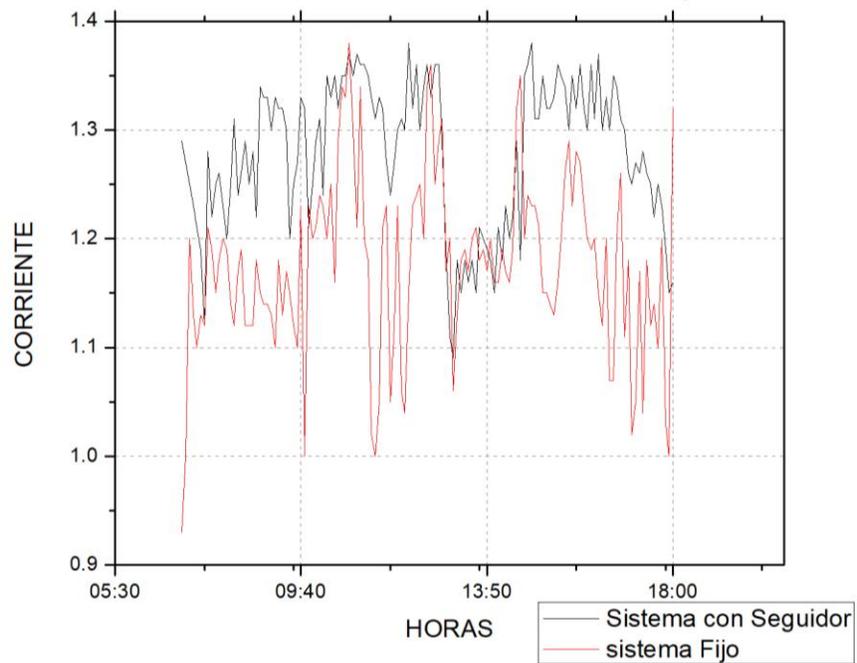
Grafica 4 Voltaje de los Sistemas de día 15 de Mayo



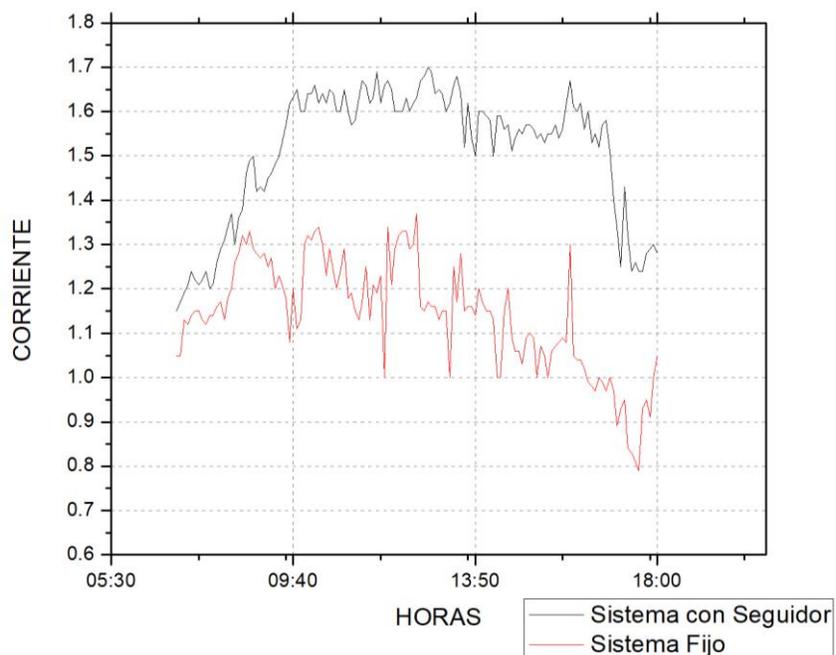
Grafica 5 Voltaje de los Sistemas de día 17 de Mayo

En los siguientes días estuvieron nublado y por ese motivo hubo variaciones de voltaje pero el sistema fotovoltaico con el seguidor a pesar de tener la radiación difusa no hubo mucha variación, un ejemplo claro es el día 15 de mayo donde se muestra que el panel fijo que es de color naranja esta con mucha variación por lo nublado del día

4.3. CORRIENTE

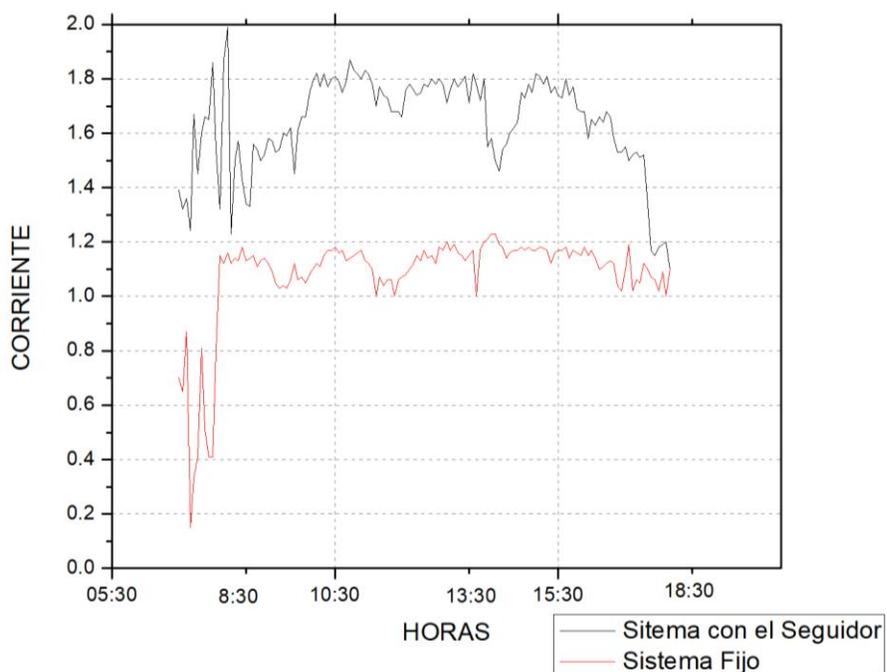


Grafica 6 Corriente de los Sistemas del día 11 de Mayo.

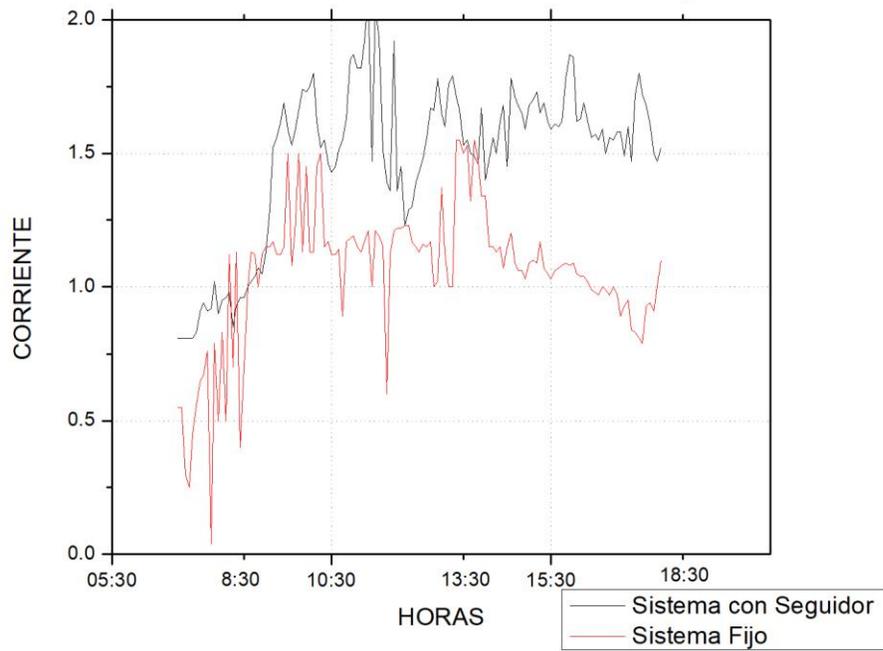


Grafica 7 Corriente de los Sistema del dia 12 de Mayo

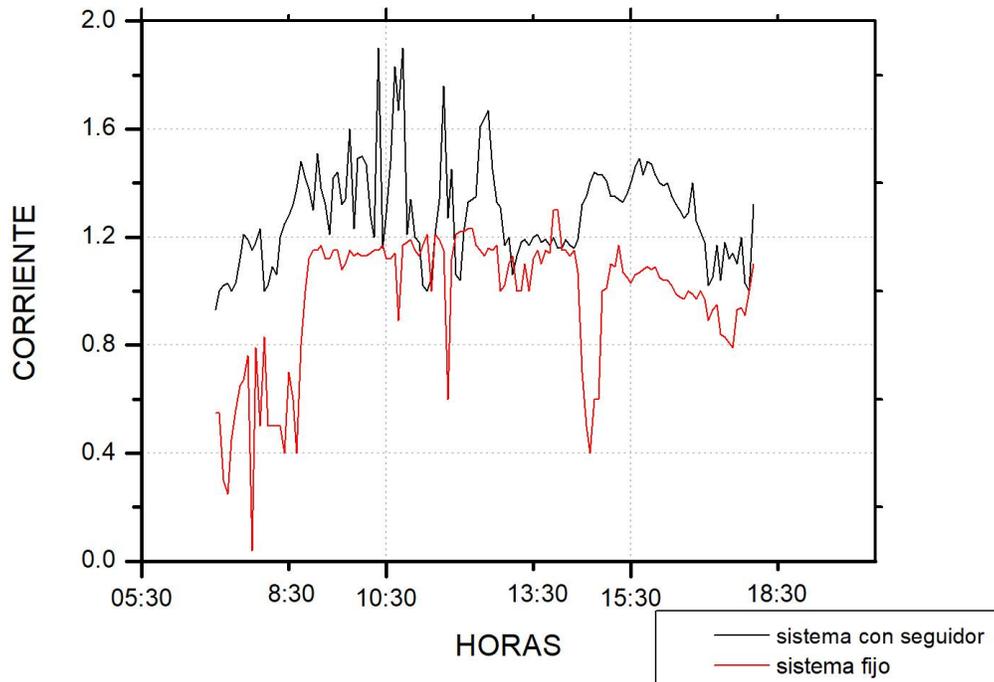
En los dos días que estuvieron soleados se obtuvo una buena eficiencia en la corriente con una corriente de 1.5 Amper para el seguidor solar mientras que el sistema solar estaba de 1 Amper y bajaba a 0.8 Amper.



Grafica 8 Corriente de los Sistema del dia 14 de Mayo.



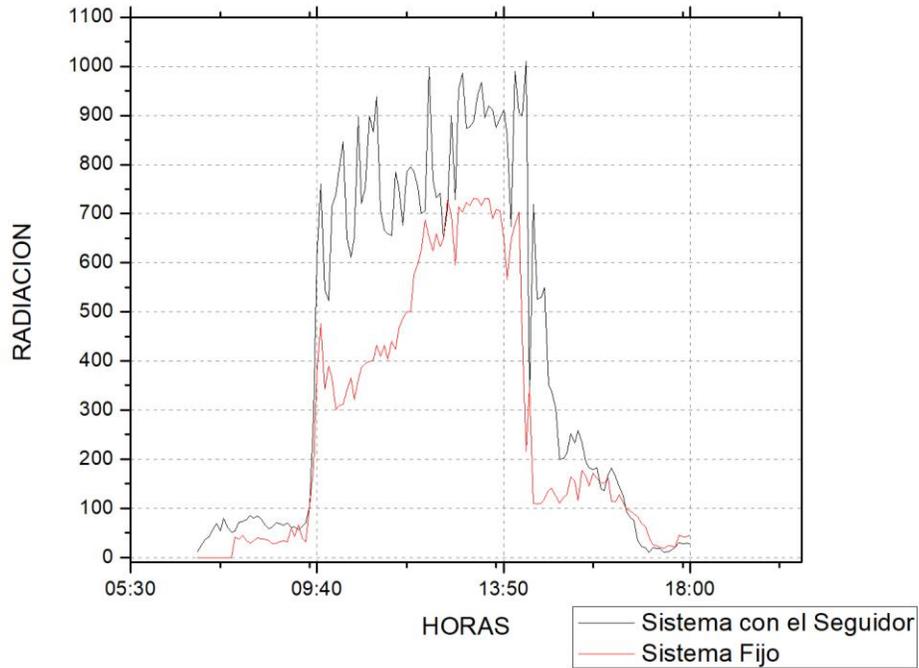
Grafica 9 Corriente de los Sistema del dia 15 de Mayo.



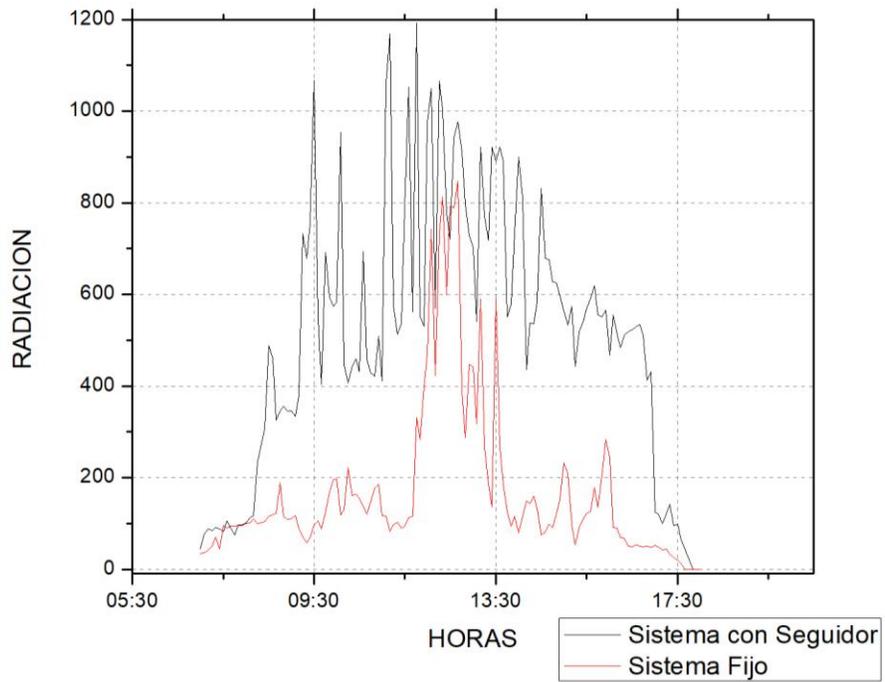
Grafica 10 Corriente del Sistema del dia 17 de Mayo.

Y en los días posteriores como solo se tubo radiación difusa hubo muchas variaciones de corrientes, con bajas de amperajes pero aun así el seguidor solar se mantuvo en 1 Amper y el otro sistema fijo bajo hasta 0.2 Amper

4.4. RADIACIÓN

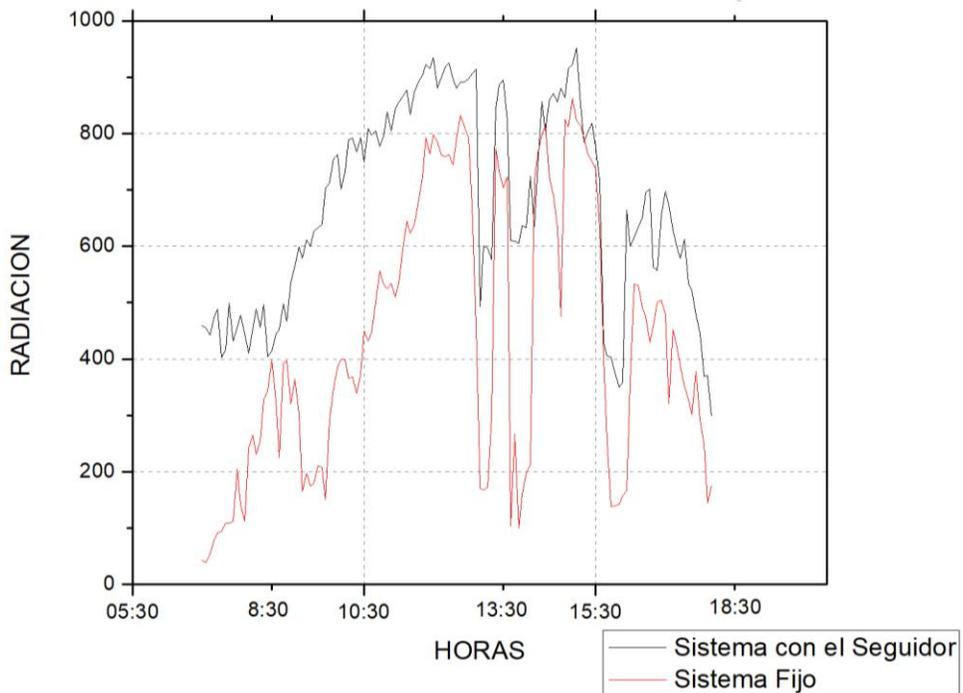


Grafica 11 Radiacion de los Sistemas del dia 11 de Mayo

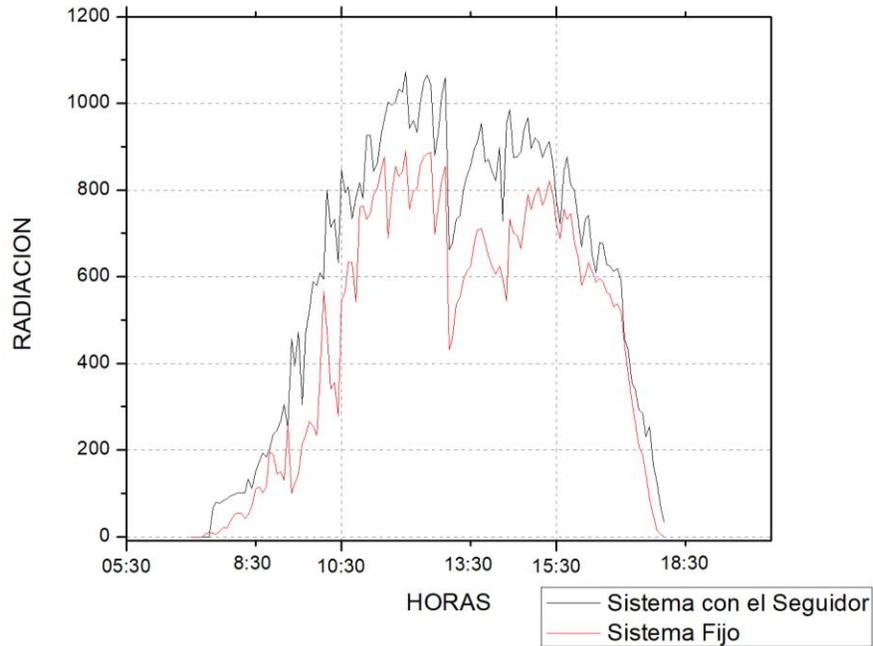


Grafica 12 Grafica de los Sistemas del dia 12 de Mayo

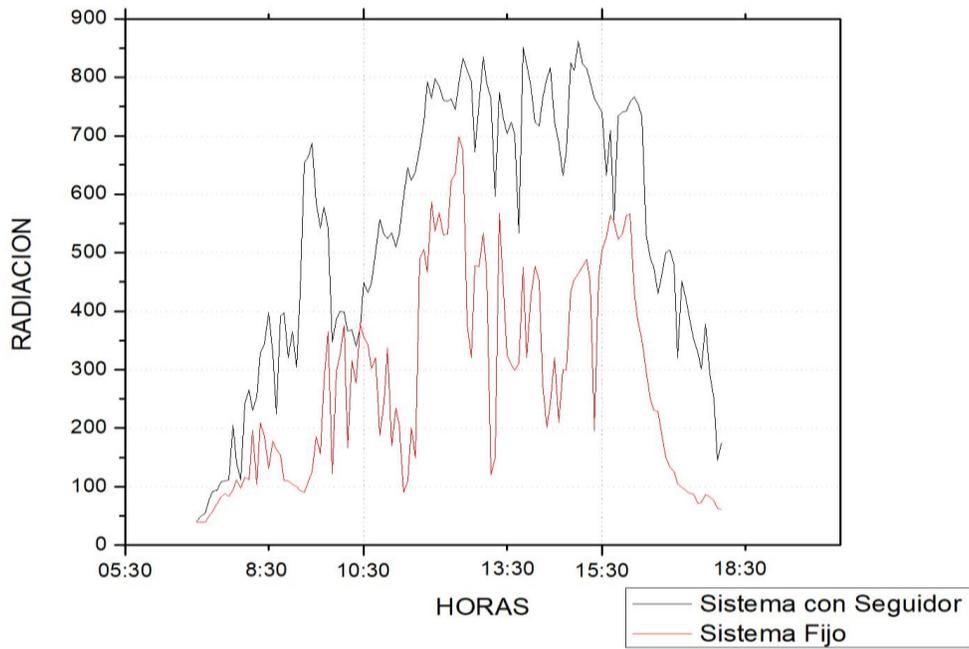
Los primeros días se obtuvo una elevada radiación en el sistema de seguidor solar que marco una gran diferencia que al sistema fijo.



Grafica 13 Radiacion de los Sistemas del dia 14 de mayo



Grafica 14 Radiacion de los Sistemas del dia 15 de Mayo.

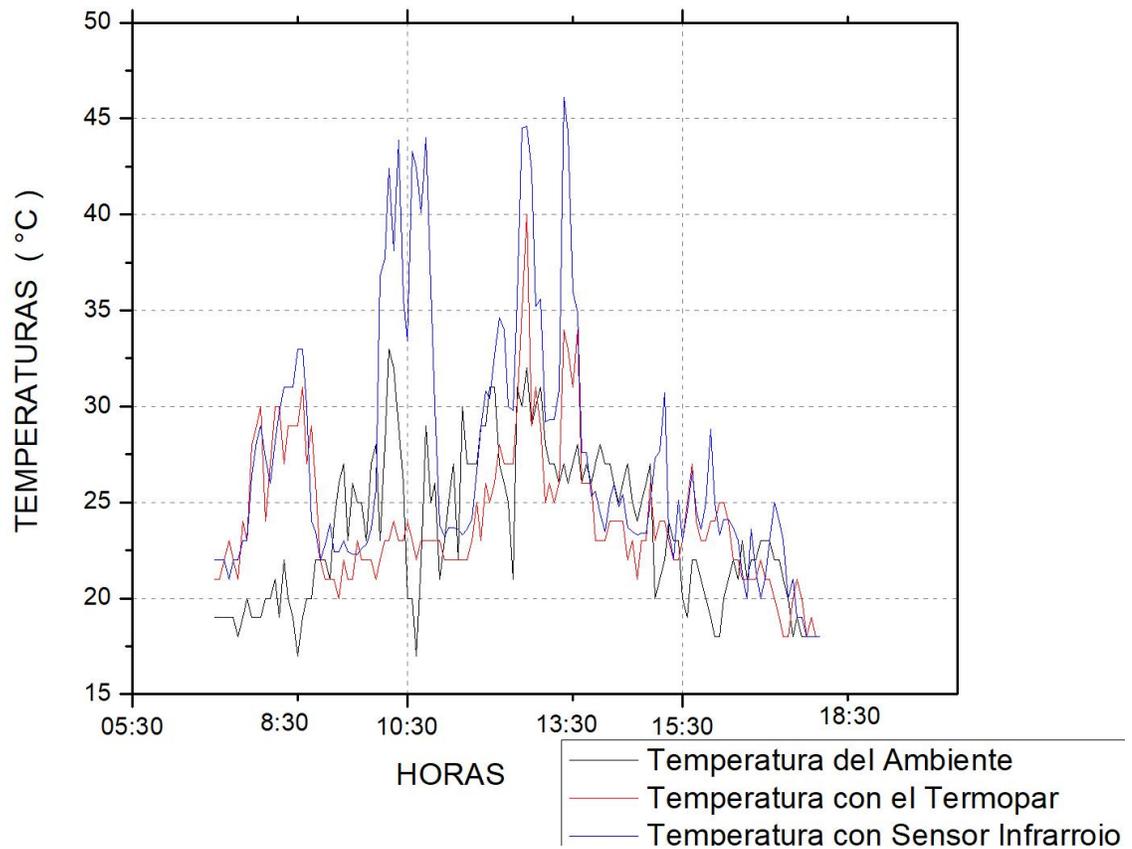


Grafica 15 Radiacion de los Sistema del dia 17 de Mayo

Y en los días posteriores por estar nublado se observa las ondulatorias pero a pesar de eso el seguidor solar siempre se mantiene en un rango superior que el seguidor solar.

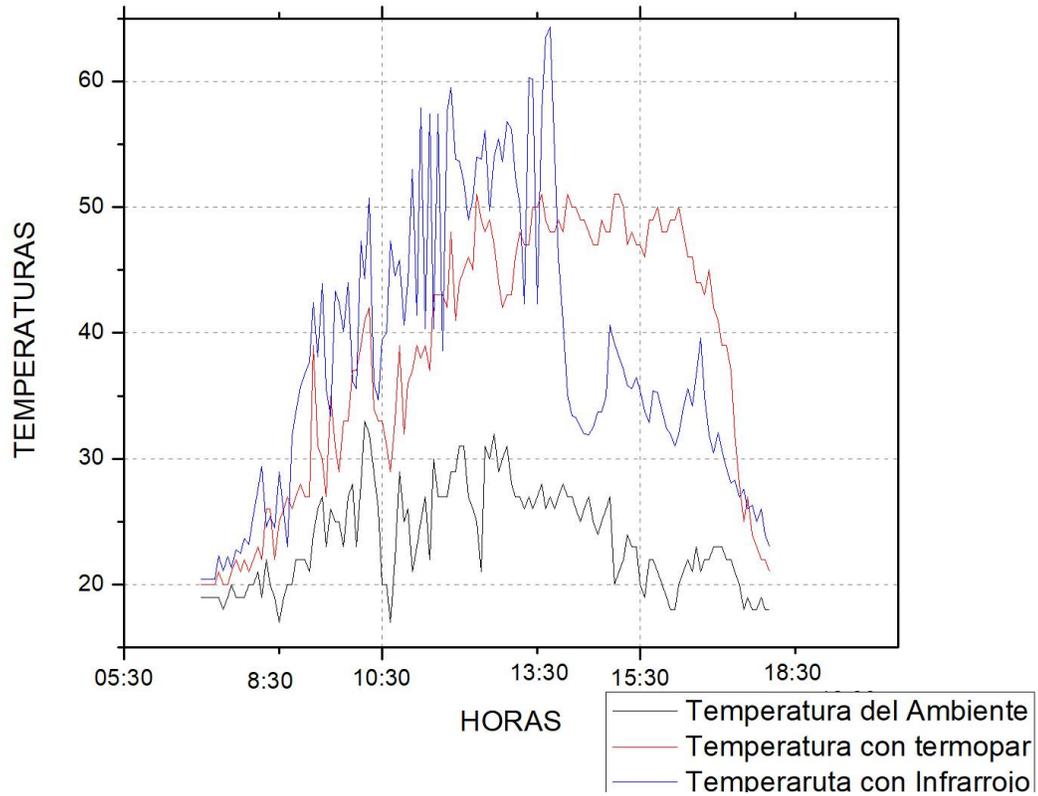
4.5. TEMPERATURA

En esta etapa del parámetro de Temperatura se iba midiendo lo que es temperatura del ambiente, temperatura del panel con infrarrojo y la temperatura del panel con termopar, como se demuestra lo siguiente



Grafica 16 Temperatura del sistemas fijo.

En el sistema del panel fijo se observó que la temperatura del ambiente con el termopar era casi constante y que el sistema fijo no excedida de los 51 °C



Grafica 17 Temperatura con el seguidor solar.

Pero a cambio con el sistema de seguidor solar se muestra que las temperaturas del panel siempre están elevadas por lo mismo que siempre está siguiendo el curso del sol. Las temperaturas del sensor infrarrojo están desde los 50 °C hasta 59°C.

4.6. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA

Enfoques económicos se indican que existen de un 15 a 20% de costo adicional en los seguidores solares de dos grados de libertad comparado con los sistemas fijos el cual se considera que con el aumento de ganancia de productividad de energía eléctrica obtenida con un seguidor solar es rentable en muchas ciudades.

En la siguiente tabla se muestran las listas de materiales utilizados en la implementación de este seguidor que se ha construido, asimismo el coste de los mismos.

Es necesario mencionar que hemos utilizado algunos elementos en el seguidor solar, no precisamente porque sean los ideales para tal fin, sino porque eran con los que contábamos en ese momento.

Tabla: 4 Costo de materiales para prototipo de seguidor solar.

Costo de materiales para prototipo de seguidor solar		
MATERIALES	Cantidad	COSTO
Caja de madera 15X15	1	\$ 15.00
Arduino Uno	1	\$ 90.00
Micro Servomotor MG90	1	\$ 45.00
Servo alta velocidad MG995	1	\$ 100.00
Cables Dupont Arduino	40	\$ 24.00
Switch balancin 20 A	1	\$ 15.00
Broche para batería de 9v con plug para Arduino	1	\$ 12.00
Thermofit de 3/32 2.44Mm	1	\$ 6.00
Pasta para soldar 60g	1	\$ 20.00
Rollo de soldadura 112g	1	\$ 50.00
tabla de madera 60cm X 15cm	1	\$ 10.00
Placa de cobre de 1/2 y 3/8	2	\$ 20.00
Cloruro Férrico	1	\$ 25.00
Resistencia de 10 Kohm	4	\$ 8.00
	TOTAL	\$ 440.00

Es factible continuar la línea de investigación aportando ahora trabajo a futuro se va a planear un diseño a una escala mayor de un panel de se hizo una cotización de materiales para el seguidor solar con su diseño.

Costo de materiales para Seguidor Solar Mayor escala

Materiales	Cantidad	Costo
Sensor de Luz LDR	4	\$ 8.00
Arduino Uno	1	\$ 90.00
perfil tubular rectangular galvanizado	2	\$ 356.00
Angulo Galvanizado	1	\$ 169.00
LAMINA	1	\$ 166.00
Cadenas de Bicicleta fija del engranajes	1	\$ 25.00
Broche para batería de 9v con plug para Arduino	1	\$ 8.00
14th Hilo Bicicleta Diente de rueda Dentada Engranaje de Rueda	1	\$ 60.00
20th Hilo Bicicleta Diente de rueda Dentada Engranaje de Rueda	1	\$ 58.00
Motor Monofásico de 1 Hp Baja U G	2	\$ 1,050.00
Motor eléctrico 1/2 Hp alta	1	\$ 850.00
Displaye LCD 16X2 para Arduino	1	\$ 40.00
cable calibre 12 por metro	3	\$ 24.00
Charofil Tornillo Y Tuerca Milimétricos Mg-66-403ez	8	\$ 26.00
soldadura Electrodo Tipo 30381 3/32	1/4	\$ 40.00
Disco para corte de metal 41/2x3/64	1	\$ 8.00
	TOTAL	\$ 2,978.00

Tabla: 5 Costo de materiales para Seguidor Solar Mayor escala

Este Diseño se hizo a mayor escala, con el propósito de poder cargar módulos fotovoltaicos más grandes y tener una mayor eficiencia en los paneles, en este diseño es ajustable al diferentes tipos de dimensiones de los modulo

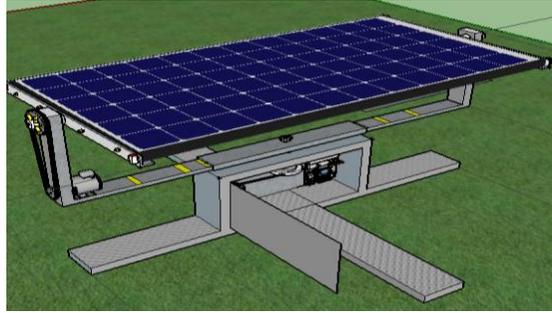
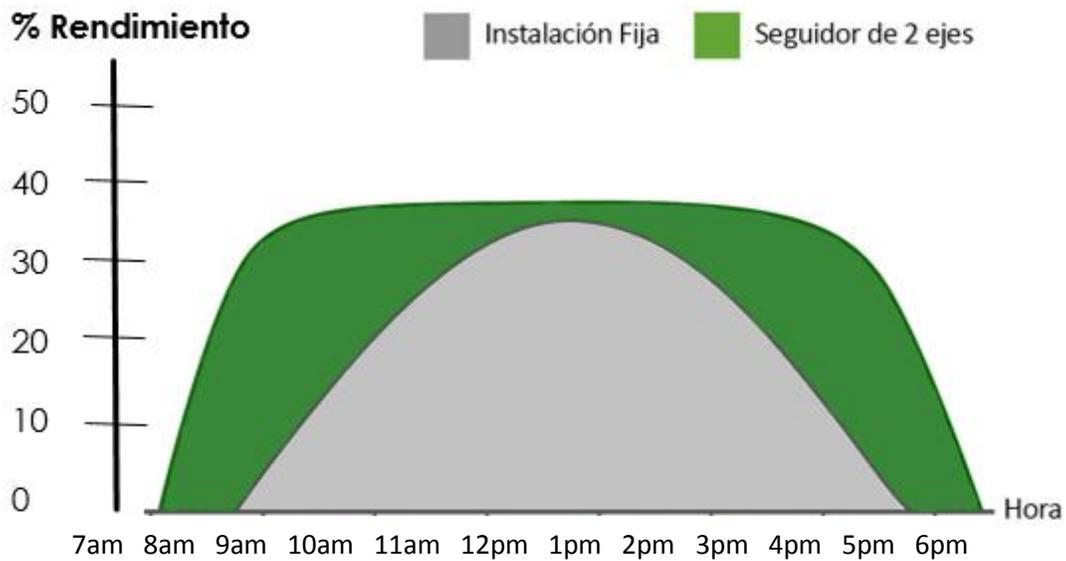


Figura: 33 Diseño del seguidor solar a mayor escala. (Cancino, 2018)

4.6.1. BENEFICIOS DEL SISTEMA

Los seguidores de dos ejes son los que permiten seguir el Sol con mayor precisión. El aumento de rendimiento que da esta estructura es de un 34 % más con respecto a paneles fijos con inclinación óptima.



Grafica 18 Rendimiento de los dos sistemas el fijo y con el seguidor solar

Desde el las primeras horas del día ya se ve un gran cambio en los dos sistemas y cuando las horas de mayor incidencia solar las curvas se aproximan.

Y cuando la incidencia solar es menor las curvas se separan notoriamente. Observamos de esta forma la diferencia de un panel fotovoltaico fijo con el panel fotovoltaico con seguidor solar.

CONCLUSIÓN.

Al finalizar nuestro estudio relacionado con el Diseño y construcción de un seguidor solar en dos ejes para un panel solar fotovoltaico concluimos primeramente que el dispositivo seguidor es funcional tanto en su parte de control y electrónica, como en su parte mecánica. Los resultados muestran que este tipo de seguidor puede incrementar el rendimiento del panel solar al efectuar el seguimiento diario.

Se efectuaron mediciones de irradiación solar diaria durante 5 días en los meses de mayo de 2018 tanto del sistema fijo como del sistema con seguimiento, y se logró obtener un incremento.

El incremento máximo en la insolación por parte del sistema con seguimiento solar se percibe en aquellos días completamente soleados, en los cuales se obtuvieron valores de hasta el 36% de incremento respecto al sistema fijo. En los días con nubosidad alta se percibe un incremento reducido en la insolación, ya que casi no se percibe radiación directa en esos días, que es la que aprovechan mayormente los sistemas con seguidor solar.

Es necesario efectuar mediciones de irradiación durante al menos un año a fin de obtener datos de insolación diaria para los demás meses y el promedio anual. Estos datos pueden servir para calcular más precisamente el beneficio económico potencial relacionado con la implementación de este tipo de seguidor solar.

Todas las partes del sistema de seguimiento solar pueden ser mejoradas en cuanto a diseño e implementación, en especial la estructura mecánica, puesto que es en nuestro caso era un prototipo en escala pequeña.

El sistema de placas fotovoltaicas con seguidor solar es rápido y fácil de instalar y genera rendimientos de hasta un 30% más que los paneles fotovoltaicos fijos, con producciones mayores durante los meses de verano y la inversión se recupera en un corto plazo.

REFERENCIAS

- GUARDADO GUTIÉRREZ , D. H. (MAYO de 2012). *Implementación de seguidor solar en dos ejes para el Sistema Fotovoltaico de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES*. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/2045/1/Implementación_de_seguidor_solar_en_dos_ejes_para_el_Sistema_Fotovoltaico_de_la_Escuela_de_Ingeniería_Eléctrica_de_la_UES.pdf
- Adán, I. M. (noviembre de 2007). *Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos*. Obtenido de <http://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/MK%20Jose%20Beltran%20Adan%202007.pdf>
- ANDRES ESCOBAR MEJIA Ingeniero Electricista, M. S. (abril de 2010). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO*. Obtenido de [file:///C:/Users/ALONDRA%20PC/Downloads/1841-1667-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ALONDRA%20PC/Downloads/1841-1667-1-PB%20(2).pdf)
- Beltrán Adán , j. (Noviembre de 2007). *Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos*. Obtenido de www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/MK%20Jose%20Beltran%20Adan%202007.pdf
- Caicedo, B. F. (2012). *Diseño y Simulación en Software de Mecanismo de*. GUAYAQUIL – ECUADOR.
- Características técnicas del ARDUINO UNO*. (5 de mayo de 2017). Obtenido de <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ravgon/files/2013/05/Características-Arduino.pdf>
- Carletti, E. J. (2007). *ROBOTS*. Obtenido de SENSOR-LDR: http://robots-argentina.com.ar/Sensores_LDR.htm
- Carletti, E. J. (2 de diciembre de 2015). *Robots*. Obtenido de Pasión por la Robotica en Argentina: http://robots-argentina.com.ar/MotorServo_basico.htm
- Energía solar*. (Febrero de 2005). Obtenido de <https://solar-energia.net/>
- Energía Solar*. (16 de febrero de 2017). Obtenido de www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/.../TesisSeguidor.pdf
- Ernesto, M. J. (2017). *Diseño de un sistema de control difuso de seguimiento solar de dos ejes*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- FAJARDO, A. C. (2014). *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO*. COLOMBIA.
- FM, U. (Diciembre de 2003). *Servomotores*.
- Gámez, n. M. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR DE UN EJE*. Peru.

- García González , A. (20 de MAYO de 2015). *PANAMAHITEK*. Obtenido de panamahitek.com/ques-arduino-y-para-que-se-utiliza/
- Guartazaca, P. E. (6 de enero de 2014). *Evaluación de Sistema Fotovoltaicos con Hidroseguidores*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5433/3/TESIS%20PDF.pdf>
- Ismarth, H. M. (2010). *Diseño, análisis e implementación de un sistema de control para seguimiento solar en dos ejes*. Bosco: <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/290>.
- Leandro, P. C. (2015). *SEGUIDOR SOLAR DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA*. Perú.
- Moisés, B. L. (2017). *Comparación de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante seguimiento solar*. Perú.
- MORELO, D. J. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN PANELES FOTOVOLTAICOS DE UN SISTEMA DE BOMBEO*. Monterrey.
- Nova, A. A. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SEGUIDOR SOLAR DE*. BOGOTÁ D.C.
- Núñez, I. R. (2012). *Control de seguimiento solar con comparadores electrónicos*. zacatecas, Mexico: <http://200.79.182.131/art/7.pdf>.
- Olmos Soto, C. I. (2014). *Estudio e implementación de un microcontrolador para el control y comunicación de un seguidor solar óptico de dos ejes en la empresa Bezanilla* . chile.
- PÉREZ, G. B. (2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE SEGUIMIENTO SOLAR PARA UN GENERADOR TERMO SOLAR*. IBARRA-ECUADOR.
- PLATAFORMA ARDUINO (HARDWARE)*. (11 de Diciembre de 2016). Obtenido de http://platea.pntic.mec.es/~mhidalgo/documentos/02_PlataformaArduino.pdf
- RIOS PERES, A. (s.f.). *Sistema electrónico para el seguimiento de la trayectoria solar*. Obtenido de www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/.../TesisSeguidor.pdf
- Rodríguez, D. A. (2014). *RETROFIT DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO*. SEVILLA.
- RUIZ, M. A. (2015). *IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ALTERNATIVA (FOTOVOLTAICA) PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DE VIDA DE SUS MORADORES EN LA COMUNIDAD DE PALMERAS*. BOGOTA D.C.,
- Solabre, E. T. (2014). *Estudio comparativo de la eficiencia energética en seguidores solares*. Navarra.
- Sumano Fuentesvilla, J. (29 de Marzo de 2012). *Diseño y Construcción de un Sistema de Seguimiento Fotovoltaico*. Obtenido de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11479.pdf

TECNOLOGÍA. (23 de ENERO de 2016). Obtenido de SENSOR DE LUZ MEDIANTE LDR:
<http://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/sensor%20de%20luz%20mediante%20LDR%20o%20fotocelula.htm>

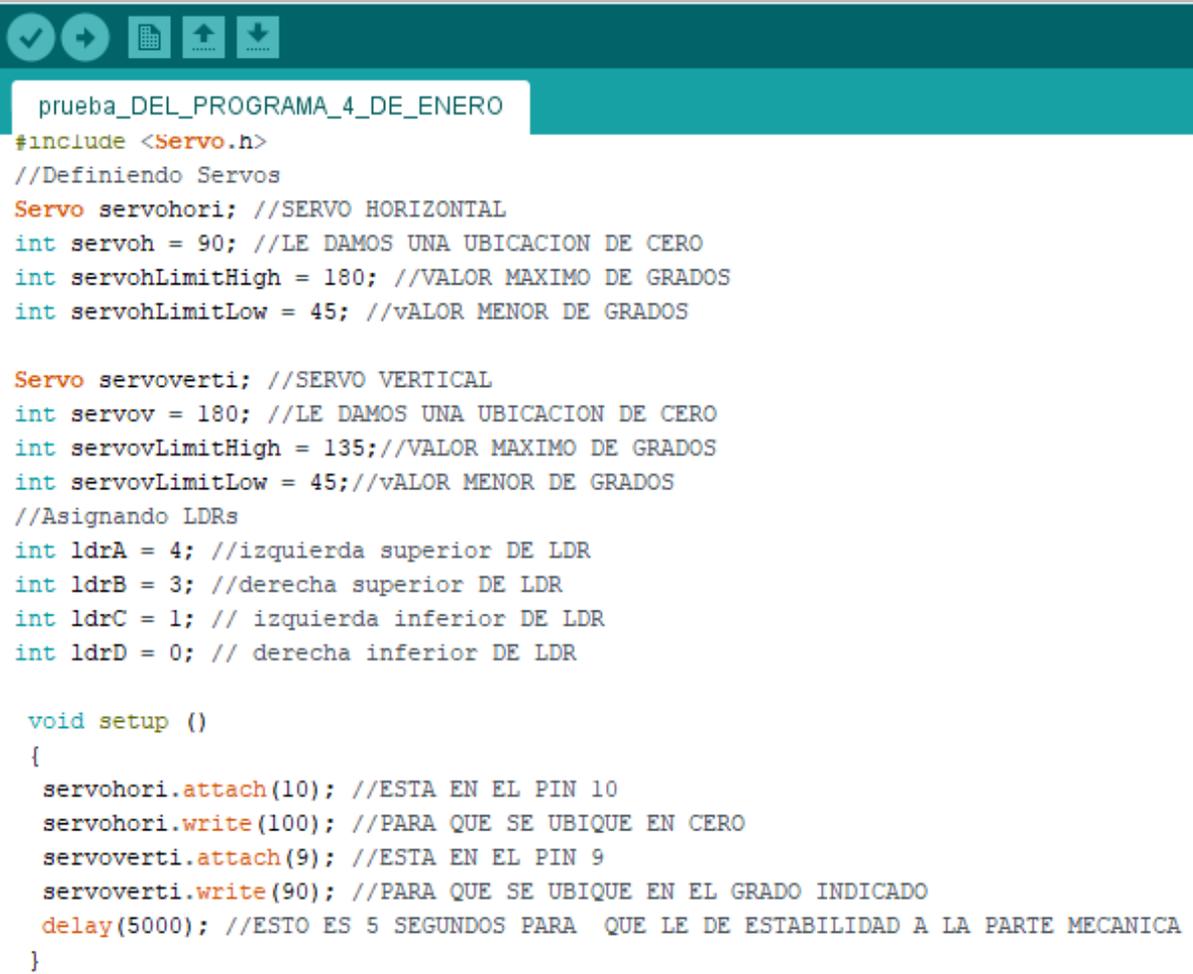
Toledo Gómez, J. I. (2016). *Diseño y automatización de un sistema de seguimiento solar astronómico para la generación eléctrica mediante un motor Stirling*. Tuxtla Gutierrez, Chiapas:
<https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/142>.

Tovar, N. A. (2016). *Propuesta de Diseño de un Seguidor Solar de Dos y Tres*. Torreón, Coah. México.

Wikipedia la enciclopedia libre. (6 de febrero de 2018). Obtenido de sketchUp:
<https://es.wikipedia.org/wiki/SketchUp>

ANEXO

Anexo: 1. Código de programación Arduino para el Seguidor Solar



```
prueba_DEL_PROGRAMA_4_DE_ENERO
#include <Servo.h>
//Definiendo Servos
Servo servohori; //SERVO HORIZONTAL
int servoh = 90; //LE DAMOS UNA UBICACION DE CERO
int servohLimitHigh = 180; //VALOR MAXIMO DE GRADOS
int servohLimitLow = 45; //VALOR MENOR DE GRADOS

Servo servoverti; //SERVO VERTICAL
int servov = 180; //LE DAMOS UNA UBICACION DE CERO
int servovLimitHigh = 135; //VALOR MAXIMO DE GRADOS
int servovLimitLow = 45; //VALOR MENOR DE GRADOS
//Asignando LDRs
int ldrA = 4; //izquierda superior DE LDR
int ldrB = 3; //derecha superior DE LDR
int ldrC = 1; // izquierda inferior DE LDR
int ldrD = 0; // derecha inferior DE LDR

void setup ()
{
  servohori.attach(10); //ESTA EN EL PIN 10
  servohori.write(100); //PARA QUE SE UBIQUE EN CERO
  servoverti.attach(9); //ESTA EN EL PIN 9
  servoverti.write(90); //PARA QUE SE UBIQUE EN EL GRADO INDICADO
  delay(5000); //ESTO ES 5 SEGUNDOS PARA QUE LE DE ESTABILIDAD A LA PARTE MECANICA
}
```

Anexo: 1.1. Código de programación Arduino para el Seguidor Solar

```
prueba_DEL_PROGRAMA_4_DE_ENERO
}

void loop()
{
  servoh = servohori.read(); // HACEN UNA LECTURA DE LOS SERVOMOTORES
  servov = servoverti.read(); // HACEN UNA LECTURA DE LOS SERVOMOTORES
  //capturando valores analogicos de cada LDR
  int A = analogRead(ldrA); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int B = analogRead(ldrB); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int C = analogRead(ldrC); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int D = analogRead(ldrD); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  // calculando el Promedio
  int PAB = (A + B) / 2; //Promedio del LDR AB
  int PCD = (C + D) / 2; //Promedio del LDR CD
  int PAC = (A + C) / 2; //Promedio del LDR AC
  int PBD = (B + D) / 2; //Promedio del LDR BD

  if (PAB < PCD)
  {
    servoverti.write(servov +1);//+1
    if (servov > servovLimitHigh)
    {
      servov = servovLimitHigh;
    }
    delay(100);
  }
  else if (PCD < PAB)
  {
```

Anexo: 1.2. Código de programación Arduino para el Seguidor Solar

```
prueba_DEL_PROGRAMA_4_DE_ENERO
}

void loop()
{
  servoh = servohori.read(); // HACEN UNA LECTURA DE LOS SERVOMOTORES
  servov = servoverti.read(); // HACEN UNA LECTURA DE LOS SERVOMOTORES
  //capturando valores analogicos de cada LDR
  int A = analogRead(ldrA); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int B = analogRead(ldrB); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int C = analogRead(ldrC); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  int D = analogRead(ldrD); //DEFINIMOS VARIABLES CON SU RESPETIVO LDR
  // calculando el Promedio
  int PAB = (A + B) / 2; //Promedio del LDR AB
  int PCD = (C + D) / 2; //Promedio del LDR CD
  int PAC = (A + C) / 2; //Promedio del LDR AC
  int PBD = (B + D) / 2; //Promedio del LDR BD
```

```
if (PAB < PCD)
{
  servoverti.write(servov +1);//+1
  if (servov > servovLimitHigh)
  {
    servov = servovLimitHigh;
  }
  delay(100);
}
else if (PCD < PAB)
{
```

Anexo: 1.3. Código de programación Arduino para el Seguidor Solar

```
  {
    servoverti.write(servov);
  }

  if (PAC > PBD)
  {
    servohori.write(servoh -1);
    if (servoh > servohLimitHigh)
    {
      servoh = servohLimitHigh;
    }
    delay(100);
  }
  else if (PBD > PAC)
  {
    servohori.write(servoh +1);
    if (servoh < servohLimitLow)
    {
      servoh = servohLimitLow;
    }
    delay(1000);
  }
  else
  {
    servohori.write(servoh);
  }
  delay(50);
}
```

Anexo: 2. Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día
11 de Mayo del 2018

PANEL CON SEGUIDOR

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	Temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	1.29	6.32	12	17	16	17
2	07:05	1.27	6.29	25	17	17	17
3	07:10	1.25	6.3	37	17	17	19
4	07:15	1.23	6.29	43	18	18	21
5	07:20	1.21	6.31	56	17	19	19
6	07:25	1.19	6.27	69	18	18	18
7	07:30	1.12	6.28	55	18	20	24
8	07:35	1.28	6.3	80	17	20	27
9	07:40	1.22	6.33	61	18	19	28
10	07:45	1.25	6.31	52	18	19	25
11	07:50	1.26	6.29	53	19	21	21
12	07:55	1.23	6.26	71	18	21	18
13	08:00	1.20	6.28	73	19	20	19
14	08:05	1.25	6.32	77	19	20	20
15	08:10	1.31	6.35	85	20	21	24
16	08:15	1.24	6.33	80	21	21	21
17	08:20	1.26	6.3	86	21	20	25
18	08:25	1.29	6.31	79	19	21	26
19	08:30	1.25	6.35	66.5	20	21	23
20	08:35	1.28	6.32	59	20	21.5	21
21	08:40	1.22	6.34	62	21	21	24
22	08:45	1.34	6.36	70.4	23	22	23
23	08:50	1.33	6.36	69	22	21.3	21
24	08:55	1.33	6.37	65	21	20	20
25	09:00	1.3	6.32	70	22	21	19
26	09:05	1.33	6.34	61.2	22	21.4	24.2
27	09:10	1.32	6.43	62.7	23.5	21	25
28	09:15	1.32	6.32	55.3	23	20	24.3
29	09:20	1.3	6.48	63.8	25.1	21	26
30	09:25	1.2	6.51	70.2	25	22	27
31	09:30	1.25	6.54	105.1	24.2	21	26.6
32	09:35	1.27	6.55	289	25	26.6	28
33	09:40	1.33	6.88	605.1	23	25	35

34	09:45	1.32	7.15	761.2	24	26	38
35	09:50	1.21	6.9	545.6	25	28	30.4
36	09:55	1.25	7.13	522.6	28	29	33.2
37	10:00	1.29	7	715.2	26	28	34.1
38	10:05	1.31	6.96	738.6	24	31	37.1
39	10:10	1.24	6.91	789.8	25	34	51.2
40	10:15	1.35	6.85	845.7	26	30	54.7
41	10:20	1.33	6.81	650.2	26	28	50.6
42	10:25	1.35	6.92	610.8	25.8	27	50.9
43	10:30	1.32	6.84	652.3	26.2	27	48
44	10:35	1.35	6.81	896.2	27	28	48.7
45	10:40	1.35	6.86	720.3	29	36	52.1
46	10:45	1.37	6.93	753.2	24	35	49.5
47	10:50	1.35	6.95	899.3	28	36	51.6
48	10:55	1.37	6.08	865.4	27	31	53.6
49	11:00	1.36	6.7	938.3	28	30	48.9
50	11:05	1.36	6.98	707.2	27	31	46.2
51	11:10	1.35	6.9	665	26	30	40
52	11:15	1.33	6.89	658.8	27	31	45
53	11:20	1.31	6.81	655.4	27	29	41.5
54	11:25	1.33	6.94	784	26	30	44.5
55	11:30	1.32	6.82	751	25	31	42
56	11:35	1.27	6.95	675.9	26	30	40.2
57	11:40	1.24	6.9	784.4	25	30	48
58	11:45	1.27	6.88	795	26	36	46.1
59	11:50	1.3	6.77	786	29	34	43.4
60	11:55	1.31	6.69	753	27	32	31.5
61	12:00	1.3	6.76	700	28	30	39.5
62	12:05	1.38	6.78	706	27	30	36.2
63	12:10	1.32	7.11	997.6	32	34	44.2
64	12:15	1.36	6.8	768	27	35	47.5
65	12:20	1.3	6.84	732.7	30	32	54
66	12:25	1.34	6.83	741.5	34	38	36
67	12:30	1.36	6.82	649.5	33	33	45.2
68	12:35	1.33	6.64	708.3	34	39	49
69	12:40	1.36	6.81	898.7	36	41	52
70	12:45	1.36	6.8	728.7	31	43	49
71	12:50	1.29	6.77	953.3	37	44	50.7
72	12:55	1.19	6.87	986	35	36	54
73	13:00	1.11	6.96	874.4	31	38	53.8
74	13:05	1.09	6.82	875.9	29	37	56.1

75	13:10	1.18	6.75	887.7	33	38	49.7
76	13:15	1.15	6.78	941	28	40	54
77	13:20	1.18	6.87	966.9	30	36	55.4
78	13:25	1.16	6.86	895.4	30	33	53.6
79	13:30	1.18	6.86	919.9	33	38	56.8
80	13:35	1.15	6.84	911.3	29	35	56.2
81	13:40	1.21	6.88	875.4	32	35	52.5
82	13:45	1.2	6.81	894.3	26	36	50.2
83	13:50	1.19	6.82	911.4	26	33	42.3
84	13:55	1.18	6.84	858.4	27	33	50.4
85	14:00	1.15	6.8	673.5	25	34	50
86	14:05	1.21	6.84	990	26	33	42.3
87	14:10	1.18	6.84	906.3	26	37	57.6
88	14:15	1.23	6.77	900	27	40	53
89	14:20	1.2	6.75	1010	26	38	54
90	14:25	1.22	6.55	328.9	26	31	54.2
91	14:30	1.29	7	718.8	28	32	45.9
92	14:35	1.18	6.45	525	26	27	40.9
93	14:40	1.35	6.52	529	26	27	35.1
94	14:45	1.36	6.55	550	27	28	33.4
95	14:50	1.38	5.52	352	27	27	33.3
96	14:55	1.31	5.52	337	26	27	32.5
97	15:00	1.31	6.47	305	29	28	32
98	15:05	1.35	6.45	200.1	26	27	31.9
99	15:10	1.32	6.46	201.4	27	28	32.5
100	15:15	1.32	6.5	211.4	26	28	33.7
101	15:20	1.33	6.52	251.2	27	28	33.7
102	15:25	1.36	6.86	233.1	28	31	35
103	15:30	1.35	6.62	258.8	32	32	40.6
104	15:35	1.34	6.53	234.2	31	32	39.2
105	15:40	1.3	6.54	194.3	28	29	38.1
106	15:45	1.35	6.48	183	29	30	37.1
107	15:50	1.32	6.51	179	30	29	35.8
108	15:55	1.36	5.51	183	28	29	35.6
109	16:00	1.32	6.47	140.3	29	31	36.5
110	16:05	1.3	6.4	135.8	29	29	35.4
111	16:10	1.36	6.39	168.3	28	29	33.8
112	16:15	1.31	6.74	182.4	28	28	32.9
113	16:20	1.37	6.5	165	28	28	35.4
114	16:25	1.3	6.49	144.3	29	30	35.3
115	16:30	1.33	6.39	124.9	27	28	33.8

116	16:35	1.3	6.34	93.8	28	29	32.4
117	16:40	1.35	6.29	81	28	28	31.4
118	16:45	1.34	6.26	75.3	27	27	30.6
119	16:50	1.31	6.18	34.8	28	28	30.1
120	16:55	1.3	5.85	22.6	28	27	29.8
121	17:00	1.26	5.72	20.3	28	26	29.5
122	17:05	1.25	5.33	10.3	26	26	29.5
123	17:10	1.27	5.2	19.9	26	26	29.2
124	17:15	1.26	5.29	18.4	26	25	29.2
125	17:20	1.28	5.25	18.6	23	24	29
126	17:25	1.26	5.31	10.3	26	26	29
127	17:30	1.25	5.4	11.7	26	26	29
128	17:35	1.22	5.76	14.7	25	27	28.9
129	17:40	1.25	5.97	20.7	26	26	29.2
130	17:45	1.23	6.1	29.8	26	27	29.3
131	17:50	1.19	6.06	27.8	25	27	29.4
132	17:55	1.15	5.2	28.6	25	26	29.7
133	18:00	1.16	6.09	27.9	25	26	29.6

Anexo: 2.1.1. Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 11 de Mayo del 2018

PANEL FIJO

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	0.93	2.66	0	17	20	24
2	07:05	1	2.98	0	17	20	24
3	07:10	1.2	2.86	0	17	20	24
4	07:15	1.13	2.94	0	18	23	21.2
5	07:20	1.1	3	0	17	22	21.7
6	07:25	1.13	3.1	0	18	20	23.1
7	07:30	1.12	3.23	0	18	22	22.4
8	07:35	1.21	3.01	0	17	24	23.3
9	07:40	1.19	3.03	0	18	23	24.6
10	07:45	1.15	2.99	0	18	24	25.9
11	07:50	1.18	2.78	41	19	25	26.6
12	07:55	1.2	2.96	37	18	27	28.1
13	08:00	1.19	3	45	19	28	28.1
14	08:05	1.14	3.06	35	19	28	30.1
15	08:10	1.12	3.19	29	20	29	31
16	08:15	1.17	3.21	34	21	28	32
17	08:20	1.19	3.32	40	21	31	33
18	08:25	1.12	3.13	39	19	29	33
19	08:30	1.12	3	37	20	31	33
20	08:35	1.12	3.09	34	20	30	35
21	08:40	1.18	2.95	28	21	31	35
22	08:45	1.15	2.98	29	23	33	36
23	08:50	1.14	3.15	31	22	31	37
24	08:55	1.14	3.08	34	21	33	38
25	09:00	1.13	2.79	32	22	32	40
26	09:05	1.1	2.65	60	22	32	41
27	09:10	1.18	3	43	23.5	33	39
28	09:15	1.13	2.98	67	23	33	40
29	09:20	1.17	3.02	38	25.1	32	40
30	09:25	1.15	3.45	32	25	33	41
31	09:30	1.12	3.67	106	24.2	34	41

32	09:35	1.1	3.76	187	25	32	43
33	09:40	1.23	3.25	372	23	34	45
34	09:45	1	3.08	476	24	34	43
35	09:50	1.23	3.1	343	25	35	42
36	09:55	1.2	3.23	389	28	36	45
37	10:00	1.21	3.67	366	26	36	45
38	10:05	1.24	3.89	301	24	37	45
39	10:10	1.23	4	309	25	34	42
40	10:15	1.2	3.96	312	26	38	47
41	10:20	1.25	3.85	342	26	39	48
42	10:25	1.16	3.9	365	25.8	37	49
43	10:30	1.29	4.04	321	26.2	36	44
44	10:35	1.34	4.23	362	27	37	46
45	10:40	1.33	4.12	387	29	39	50
46	10:45	1.38	4.56	395	24	40	51
47	10:50	1.3	4.15	398	28	36	44
48	10:55	1.21	4.13	402	27	42	47
49	11:00	1.34	4.01	432	28	34	44
50	11:05	1.2	3.98	410	27	30	35
51	11:10	1.18	3.67	432	26	33	36
52	11:15	1.02	3.23	403	27	29	36
53	11:20	1	3.56	440	27	30	32.9
54	11:25	1.05	3.78	424	26	26	32
55	11:30	1.21	3.98	467	25	32	36
56	11:35	1.23	4	487	26	30	36
57	11:40	1.05	4.01	500	25	38	42
58	11:45	1.12	3.98	501	26	46	48
59	11:50	1.23	4.8	576	29	43	46
60	11:55	1.06	4.61	598	27	46	44
61	12:00	1.04	4.72	624	28	42	44
62	12:05	1.15	4.23	687	27	45	41
63	12:10	1.23	4.79	651	32	43	43
64	12:15	1.24	4.76	624	27	42	42
65	12:20	1.25	4.91	659	30	43	42
66	12:25	1.2	4.9	632	34	43	41
67	12:30	1.34	4.18	650	33	41	40
68	12:35	1.36	4.82	727.1	34	41	39
69	12:40	1.25	5.33	698	36	39	41
70	12:45	1.29	5.02	595	31	39	41
71	12:50	1.31	4.7	714	37	38	45.4
72	12:55	1.17	4.63	703	35	34	44

73	13:00	1.2	4.18	723	31	35	43
74	13:05	1.06	4.25	716	29	37	43
75	13:10	1.13	4.07	731.2	33	37	42
76	13:15	1.18	4.53	730.2	28	42	42
77	13:20	1.19	4.57	716	30	32	46
78	13:25	1.17	4.33	730.8	30	38	46
79	13:30	1.2	4.48	731.2	33	37	46.9
80	13:35	1.21	4.43	689.3	29	34	46.6
81	13:40	1.18	4.51	708.9	32	33	45.7
82	13:45	1.19	4.5	705.3	26	34	46.6
83	13:50	1.17	4.5	648.6	26	34	46.3
84	13:55	1.2	4.27	566	27	33	46.8
85	14:00	1.16	3.62	647	25	37	45
86	14:05	1.16	4	678	26	36	45
87	14:10	1.19	4.57	703	26	33	41
88	14:15	1.17	4.55	451	27	28	39.2
89	14:20	1.16	4.33	216	26	32	42.7
90	14:25	1.19	4.48	347	26	31	43.2
91	14:30	1.32	4.43	110	28	30	44.6
92	14:35	1.35	4.51	109.5	26	33	45.9
93	14:40	1.2	4.4	110.8	26	33	44.6
94	14:45	1.24	4.5	120.2	27	35	45.4
95	14:50	1.23	4.27	135.9	27	35	44.7
96	14:55	1.23	3.62	141.8	26	28	43.6
97	15:00	1.21	4	125	29	35	44.7
98	15:05	1.15	4.57	110.9	26	32	44.2
99	15:10	1.15	4.58	123.1	27	34	45.2
100	15:15	1.14	4.83	127.9	26	32	42.5
101	15:20	1.13	3.71	163.7	27	27	35.1
102	15:25	1.16	3.89	156	28	29	37
103	15:30	1.2	3.6	115.7	32	31	40.3
104	15:35	1.26	3.66	177	31	29	39.2
105	15:40	1.29	3.7	165.2	28	31	39.5
106	15:45	1.23	3.8	145.7	29	31	40.1
107	15:50	1.28	3.52	172	30	29	39.8
108	15:55	1.27	3.7	161.9	28	31	39.7
109	16:00	1.23	3.68	152	29	31	37.8
110	16:05	1.2	3.67	152	29	32	37.5
111	16:10	1.19	3.4	161	28	31	36.6
112	16:15	1.2	3.26	115	28	29	36.5
113	16:20	1.15	3.17	113	28	30	34

114	16:25	1.12	3	128	29	29	35.1
115	16:30	1.2	2.98	112	27	29	34.9
116	16:35	1.07	2.54	98	28	30	34.6
117	16:40	1.07	2.32	95	28	29	33.9
118	16:45	1.2	2	89	27	29	32.5
119	16:50	1.26	2.01	82	28	30	32
120	16:55	1.11	1.9	69	28	28	30.9
121	17:00	1.18	1.7	62.2	28	27	29.8
122	17:05	1.02	2.9	41.9	26	26	30.1
123	17:10	1.05	3.1	27.3	26	26	30
124	17:15	1.17	3.3	23.3	26	27	29.5
125	17:20	1.04	2.7	21.2	23	28	28.4
126	17:25	1.18	1.6	19.3	26	25	27.1
127	17:30	1.12	1.4	23.1	26	24	26.5
128	17:35	1.14	2.5	23.7	25	21	26.1
129	17:40	1.1	3.3	21.8	26	23	25
130	17:45	1.2	3.4	44.8	26	24	25.4
131	17:50	1.03	3.1	42.6	25	23	24.1
132	17:55	1	3.12	42.9	25	22	25
133	18:00	1.32	3.21	44.3	25	21	24

Anexo: 2.2. Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 12 Mayo del 2018

PANEL CON SEGUIDOR

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	1.15	6	45.2	19	18	19
2	07:05	1.17	6.2	75.8	19	19	20
3	07:10	1.19	6.22	87.7	19	20	21.3
4	07:15	1.21	6.32	84	20	21	22.8
5	07:20	1.24	6.3	90.2	20	21	22.7
6	07:25	1.22	6.29	88.2	21	22	23.3
7	07:30	1.21	6.24	81.7	21	22	22
8	07:35	1.22	6.31	105.6	23	22	23.8
9	07:40	1.24	6.4	90.1	23	23	22.6
10	07:45	1.2	6.3	75.6	22	23	23.9
11	07:50	1.21	6.32	96.2	21	22	22.7
12	07:55	1.26	6.47	96.2	21	23	23.2
13	08:00	1.29	6.5	101	22	23	23.6
14	08:05	1.31	6.47	112	22	22	21.8
15	08:10	1.34	6.54	116.9	21	22	22.5
16	08:15	1.37	6.52	234	21	23	23.8
17	08:20	1.3	6.47	267	22	23	23.3
18	08:25	1.36	6.67	308	22	24	24.1
19	08:30	1.38	6.72	487.7	25	27	26.8
20	08:35	1.46	7.02	460	23	31	30.7
21	08:40	1.49	6.71	325	24	30	34.3
22	08:45	1.5	6.75	345	23	27	29.6
23	08:50	1.42	6.78	356	25	28	28.3
24	08:55	1.43	6.52	346	24	25	28.1
25	09:00	1.42	6.67	345.4	25	27	27.8
26	09:05	1.45	6.71	333.9	25	27	29.3
27	09:10	1.46	6.74	377	24	26	28.2
28	09:15	1.48	7.15	732.2	25	29	27.2
29	09:20	1.5	7.1	678	26	30	34
30	09:25	1.53	6.78	754	23	25	30.9
31	09:30	1.57	7.25	1067	25	31	33.8
32	09:35	1.62	6.62	548	22	25	34.5
33	09:40	1.63	7.2	404.2	22	28	29

34	09:45	1.65	7.22	691.9	26	32	37.2
35	09:50	1.6	7.1	594	27	39	47.9
36	09:55	1.6	7.09	574	25	34	38.5
37	10:00	1.64	7	583	27	31	37.9
38	10:05	1.64	7.22	954.2	35	38	41.2
39	10:10	1.66	6.92	445.7	25	33	39
40	10:15	1.62	6.65	406	30	33	37.9
41	10:20	1.64	6.81	441	28	31	30.6
42	10:25	1.62	6.83	459	27	27	23.8
43	10:30	1.65	6.77	432	29	27	26.5
44	10:35	1.64	6.89	693.8	29	31	32
45	10:40	1.6	6.83	459	26	34	39
46	10:45	1.6	6.72	428	27	31	33
47	10:50	1.65	6.74	422	25	27	30
48	10:55	1.6	6.87	508	23	26	30
49	11:00	1.57	6.96	410.3	27	31	33
50	11:05	1.58	7.17	1062	25	31	45
51	11:10	1.63	7.17	1168	25	35	46
52	11:15	1.67	6.77	576	26	31	33
53	11:20	1.66	6.76	513	29	31	36
54	11:25	1.62	6.75	536	27	29	30.8
55	11:30	1.63	7.31	788.6	28	35	42
56	11:35	1.69	7.14	1052	27	37	47
57	11:40	1.62	6.82	562	25	31	37.9
58	11:45	1.66	7.22	1192	26	29	32.6
59	11:50	1.67	6.75	553	35	32	36.4
60	11:55	1.65	6.92	531	26	27	38.5
61	12:00	1.6	7.27	975	29	31	36.3
62	12:05	1.6	7.13	1050	21	36	46.7
63	12:10	1.6	7.3	570.2	23	32	37.9
64	12:15	1.63	7.12	1066	25	32	46.8
65	12:20	1.6	7.12	1002	26	35	45.2
66	12:25	1.62	7.7	775.4	33	36	49.2
67	12:30	1.63	7.3	721.3	33	38	45.6
68	12:35	1.67	6.92	943.3	26	33	45.2
69	12:40	1.68	7.2	977.3	27	35	44.1
70	12:45	1.7	7.12	911.3	26	33	47.1
71	12:50	1.69	7.1	798.1	25	33	44.7
72	12:55	1.64	6.99	728.7	27	30	46
73	13:00	1.65	7.2	702.3	24	31	41.7
74	13:05	1.64	6.97	540	24	29	41.8

75	13:10	1.6	7.18	920.9	24	33	43.2
76	13:15	1.62	7.02	769.8	22	27	45.3
77	13:20	1.66	7.06	718.1	19	26	46
78	13:25	1.68	7.12	921.8	23	32	44.6
79	13:30	1.64	7.09	891.1	25	34	48.5
80	13:35	1.52	7.6	921.8	25	34	45.2
81	13:40	1.62	7.06	891.1	29	34	49.2
82	13:45	1.54	6.71	551	25	30	37.2
83	13:50	1.5	7.03	578.3	22	26	36.9
84	13:55	1.6	7.08	733.9	23	31	40.3
85	14:00	1.6	7.1	900	24	31	45
86	14:05	1.59	7.08	812.7	27	31	41.2
87	14:10	1.58	6.98	436	23	27	35.6
88	14:15	1.5	6.9	538	23	26	28.8
89	14:20	1.59	6.91	536	23	25	28
90	14:25	1.59	7.03	585	25	21	30
91	14:30	1.56	7.18	831	25	31	36.3
92	14:35	1.57	7.16	678.8	25	30	41
93	14:40	1.51	7.02	675	27	32	38.5
94	14:45	1.54	7.05	627.8	29	29	34.8
95	14:50	1.56	7.04	624.5	27	30	35.6
96	14:55	1.55	6.97	597	32	31	33.2
97	15:00	1.57	6.94	564	26	28	31
98	15:05	1.57	6.94	533	25	27	29.8
99	15:10	1.56	6.96	573	26	27	29.4
100	15:15	1.54	7.03	442.6	24	26	31.8
101	15:20	1.55	6.98	518.2	25	27	30.9
102	15:25	1.53	6.85	540	23	26	28.5
103	15:30	1.55	6.94	568	25	27	29.6
104	15:35	1.55	6.98	591	24	28	27.7
105	15:40	1.57	7.08	619	25	26	28.9
106	15:45	1.54	7.1	555	26	27	32
107	15:50	1.56	6.81	550	25	26	28.8
108	15:55	1.62	6.83	565	26	27	29
109	16:00	1.67	7.01	467.4	26	28	37.4
110	16:05	1.61	7	554.8	25	27	36.9
111	16:10	1.6	6.77	513	25	27	27.9
112	16:15	1.62	6.83	484	24	26	31.6
113	16:20	1.56	6.85	511	24	25	29.2
114	16:25	1.6	6.8	518	23	26	30.2
115	16:30	1.53	6.59	523	25	27	29.8

116	16:35	1.55	6.62	529	26	25	27.6
117	16:40	1.52	6.84	534	23	24	29.4
118	16:45	1.57	6.8	512	24	25	28
119	16:50	1.58	6.65	412	24	26	29.1
120	16:55	1.51	6.7	432	26	27	28.6
121	17:00	1.4	6.68	125	25	20	27
122	17:05	1.34	6.64	120	25	21	26
123	17:10	1.25	6.56	100	24	22	24
124	17:15	1.43	6.47	121	22	24	23
125	17:20	1.32	6.45	142	21	23	25
126	17:25	1.24	6.43	95	20	23	24
127	17:30	1.26	6.45	98	18	20	23
128	17:35	1.24	6.45	65	19	19	20
129	17:40	1.24	6.45	43	18	22	21
130	17:45	1.28	6.38	21	18	22	19
131	17:50	1.29	6.32	0	19	21	19
132	17:55	1.3	6.12	0	18	20	18
133	18:00	1.28	6	0	18	19	18

Anexo 2.2.1: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 12 de Mayo del 2018

PANEL FIJO

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	1.05	4.22	34	19	21	22
2	07:05	1.05	4.22	36	19	21	22
3	07:10	1.13	4.24	40.8	19	22	22
4	07:15	1.12	4.39	50.8	20	23	21
5	07:20	1.14	4.78	70.1	20	22	22
6	07:25	1.15	5	45	21	21	22
7	07:30	1.15	5.43	95	21	24	23
8	07:35	1.13	5.35	90	23	23	23
9	07:40	1.12	5.8	93	23	28	26.4
10	07:45	1.14	5.87	94	22	29	28.2
11	07:50	1.14	5.83	95	21	30	29
12	07:55	1.16	5.32	95	21	24	27.3
13	08:00	1.17	5.7	100	22	27	26
14	08:05	1.13	5.8	102	22	30	28.2
15	08:10	1.18	5	110	21	30	29.7
16	08:15	1.2	5.6	100	21	27	31
17	08:20	1.26	5	102	22	29	31
18	08:25	1.28	5.5	104	22	29	31
19	08:30	1.32	5.4	115	25	29	33
20	08:35	1.3	5.6	118	23	31	33
21	08:40	1.33	5.6	123	24	27	30
22	08:45	1.29	5.6	189	23	29	24
23	08:50	1.28	5.5	114.7	25	26	23.5
24	08:55	1.27	5.52	108.4	24	22	22
25	09:00	1.28	5.52	109.9	25	21	22.8
26	09:05	1.25	5.63	117.9	25	21	23.9
27	09:10	1.27	5.67	89.1	24	21	22.4
28	09:15	1.2	5.38	70.4	25	20	22.4
29	09:20	1.23	5.39	56.6	26	22	23
30	09:25	1.21	5.4	68.5	23	21	22.4
31	09:30	1.18	4.39	97	25	21	22.3

32	09:35	1.08	5.42	105.6	22	23	22.3
33	09:40	1.2	5.4	87.7	22	22	22.6
34	09:45	1.11	5.55	125	26	22	22.8
35	09:50	1.13	5.59	168	27	22	23.6
36	09:55	1.3	5.6	196.6	25	21	25.7
37	10:00	1.32	6	196.7	27	22	26.5
38	10:05	1.31	5.6	118.3	35	23	24.8
39	10:10	1.33	5.6	129.8	25	23	24.4
40	10:15	1.34	5.78	221.2	30	24	26.8
41	10:20	1.3	5.64	161.3	28	23	25.8
42	10:25	1.23	6	164.1	27	23	25.4
43	10:30	1.29	5.43	155.1	29	24	24.9
44	10:35	1.24	5.6	137.7	29	23	24.2
45	10:40	1.2	5.6	120.2	26	22	24.8
46	10:45	1.24	5.56	147.6	27	23	24.1
47	10:50	1.29	5.3	176.8	25	23	25.6
48	10:55	1.18	5.98	184.9	23	23	25
49	11:00	1.19	6	117.1	27	23	25.3
50	11:05	1.15	5.58	115.7	25	23	23.8
51	11:10	1.13	5.47	81.6	25	22	23.2
52	11:15	1.17	5.5	96.6	26	22	23.7
53	11:20	1.25	5.54	102.9	29	22	23.7
54	11:25	1.13	5.51	89.6	27	22	23.6
55	11:30	1.21	5.53	93.8	28	22	23.3
56	11:35	1.19	5.54	112.7	27	22	23.6
57	11:40	1.23	5.55	115.7	25	23	24.1
58	11:45	1	5.56	330.8	26	25	26.6
59	11:50	1.34	5.5	283.9	35	23	28.9
60	11:55	1.21	5.48	397	26	26	30.8
61	12:00	1.29	4.75	468.5	29	25	30.4
62	12:05	1.32	5.34	743	21	26	32.7
63	12:10	1.33	4.78	423	23	28	34.6
64	12:15	1.33	5.4	732	25	27	34
65	12:20	1.29	5.39	812	26	27	30
66	12:25	1.3	5.39	598	33	27	29.8
67	12:30	1.37	5.38	793	33	30	35.6
68	12:35	1.16	5.62	789	26	35	44.5
69	12:40	1.15	5.6	847.6	27	40	44.6
70	12:45	1.17	5.63	388.2	26	29	42.3
71	12:50	1.16	5.56	286.9	25	31	35.2
72	12:55	1.16	5.57	447.7	27	29	35.6

73	13:00	1.13	5.58	441.1	24	25	29.2
74	13:05	1.15	5.64	317.9	24	26	29.3
75	13:10	1.15	5.6	590.7	24	25	29.3
76	13:15	1	5.23	266	22	26	30.9
77	13:20	1.25	5.53	185.6	19	34	46.1
78	13:25	1.17	5.53	135.3	23	33	44.3
79	13:30	1.28	5.558	590.7	25	31	36
80	13:35	1.15	5.68	266	25	34	34.9
81	13:40	1.16	5.67	185.9	29	26	27.6
82	13:45	1.16	5.62	125.3	25	26	27.6
83	13:50	1.14	6.54	94.8	22	26	25.3
84	13:55	1.2	5.5	115.5	23	23	25.6
85	14:00	1.17	4.87	79.7	24	23	24.4
86	14:05	1.15	5.5	114.3	27	23	23.5
87	14:10	1.15	5.6	148.5	23	24	25.2
88	14:15	1.13	5.6	142.5	23	24	25.9
89	14:20	1	5.73	158.9	23	24	24.8
90	14:25	1	5.6	131.9	25	24	25.4
91	14:30	1.15	5.48	74.5	25	22	23.7
92	14:35	1.2	5.5	81.1	25	23	23.5
93	14:40	1.09	6	98.5	27	21	23.3
94	14:45	1.06	5.44	90.5	29	23	23.4
95	14:50	1.06	5.41	121.8	27	23	23.4
96	14:55	1.03	5.47	151.4	32	26	25
97	15:00	1.09	5.48	231.2	26	23	27.3
98	15:05	1.1	5.51	208.6	25	24	27.7
99	15:10	1.09	4.79	96.6	26	24	30.7
100	15:15	1	5.48	52.8	24	23	23.4
101	15:20	1.07	5.54	90.7	25	22	22.1
102	15:25	1.05	5.54	110	23	22	25.1
103	15:30	1	5.64	121.3	25	23	23
104	15:35	1.06	5.8	125.3	24	25	24.5
105	15:40	1.07	5.72	178.3	25	27	26.6
106	15:45	1.08	5.7	134.4	26	24	24.6
107	15:50	1.09	5.7	202.5	25	23	23.6
108	15:55	1.08	5.66	283.4	26	23	25
109	16:00	1.3	5.6	242.4	26	24	28.8
110	16:05	1.05	5.6	90.2	25	24	25
111	16:10	1.04	5.57	89.1	25	25	23.3
112	16:15	1.04	5.52	69	24	25	24.1
113	16:20	1.02	5.45	67.4	24	24	24.1

114	16:25	0.99	5.37	50.1	23	22	23.7
115	16:30	0.98	5.4	48.5	25	22	23
116	16:35	0.97	5.4	52.5	26	21	21.3
117	16:40	1	4.7	50.1	23	21	20
118	16:45	0.99	5.4	48.2	24	21	23.6
119	16:50	0.97	5.4	49.6	24	21	21.4
120	16:55	1	5.43	47.3	26	22	20
121	17:00	0.97	5.4	52.3	25	21	21
122	17:05	0.89	6.32	49	25	20	21
123	17:10	0.93	5.45	41	24	21	20
124	17:15	0.95	5.76	45	22	22	19
125	17:20	0.84	6	32	21	20	19
126	17:25	0.83	5.6	26	20	18	20
127	17:30	0.81	5.9	19	18	18	19
128	17:35	0.79	5.1	12	19	19	18
129	17:40	0.93	5.1	0	18	17	21
130	17:45	0.95	5	0	18	18	20
131	17:50	0.91	5.09	0	19	19	20
132	17:55	1	4.3	0	18	20	19
133	18:00	1.05	3.78	0	18	19	19

Anexo 2.3: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 14 de Mayo del 2018

PANEL CON SEGUIDOR

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	Temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	1.39	6.65	460	19	25	30.9
2	07:05	1.32	6.56	455	18	26	28
3	07:10	1.36	6.6	443	18	27	28
4	07:15	1.24	6.34	474	19	27	27.5
5	07:20	1.67	6.26	489	20	25	27.1
6	07:25	1.45	6.87	403	18	26	28.5
7	07:30	1.6	6.98	416	19	25	27.6
8	07:35	1.66	6.23	499	21	27	28.4
9	07:40	1.65	6.21	432	21	26	28.1
10	07:45	1.86	6.1	456	19	28	29.5
11	07:50	1.54	6.12	478	20	27	27.6
12	07:55	1.32	6.74	445	19	28	28.1
13	08:00	1.87	6.49	411	19	26	28.3
14	08:05	1.99	6.38	454	18	27	29.8
15	08:10	1.23	6.93	489	21	25	29.2
16	08:15	1.5	6.23	456	21	27	30.2
17	08:20	1.57	6.29	497	20	27	30.6
18	08:25	1.43	6.37	404.2	23	26	31.4
19	08:30	1.34	6.12	413.5	23	28	31.7
20	08:35	1.33	6.87	443.9	25	27	28
21	08:40	1.56	6.28	453.2	24	28	28.9
22	08:45	1.54	6.95	498.3	24	25	30.7
23	08:50	1.5	6.87	467.1	23	26	32.1
24	08:55	1.52	6.83	534.8	25	27	30.9
25	09:00	1.58	6.49	563.9	27	26	31.4
26	09:05	1.57	6.12	598.9	25	28	31.8
27	09:10	1.53	6.34	578.1	26	28	33
28	09:15	1.54	6.78	611	26	28	32.1
29	09:20	1.6	7.1	600.7	27	29	32.5
30	09:25	1.59	7	626	27	29	33.8
31	09:30	1.62	7	632	26	30	35
32	09:35	1.45	6.92	639.6	27	31	36.2
33	09:40	1.61	6.8	703	29	34	44

34	09:45	1.66	6.71	712	28	32	37
35	09:50	1.66	7.02	756	28	30	47
36	09:55	1.75	6.86	763	30	32	37.3
37	10:00	1.79	6.82	701	33	31	38
38	10:05	1.822	6.83	733	30	33	41
39	10:10	1.77	6.8	789	30	33	48
40	10:15	1.82	6.83	792	29	31	47
41	10:20	1.77	6.82	768	29	32	37.9
42	10:25	1.8	6.86	793	30	30	45
43	10:30	1.81	6.84	750	34	31	43
44	10:35	1.79	6.84	808	29	30	38.7
45	10:40	1.75	6.8	798	30	32	45
46	10:45	1.79	6.82	805	31	33	51
47	10:50	1.87	6.84	777	30	32	47.9
48	10:55	1.83	6.8	796	29	33	45
49	11:00	1.82	6.85	839	30	33	44.7
50	11:05	1.8	6.83	805	31	34	42
51	11:10	1.83	6.78	843	28	32	45
52	11:15	1.82	6.8	855	30	30	36
53	11:20	1.78	6.82	865.6	31	31	40
54	11:25	1.7	6.85	876.8	32	31	41.4
55	11:30	1.77	6.81	834	29	32	52
56	11:35	1.74	6.86	873	30	33	57
57	11:40	1.73	6.81	890.7	32	34	45.9
58	11:45	1.68	6.77	903.1	33	37	41.5
59	11:50	1.68	6.75	922.6	34	38	40.7
60	11:55	1.68	6.79	915	32	39	47.8
61	12:00	1.66	6.78	934.8	35	39	55
62	12:05	1.76	6.78	880.6	33	37	57.4
63	12:10	1.78	6.8	900.1	35	38	52.4
64	12:15	1.76	6.85	918.7	33	36	45.4
65	12:20	1.74	6.82	925.4	32	37	37.5
66	12:25	1.75	6.8	896.5	33	38	46
67	12:30	1.78	6.81	880.9	33	37	47
68	12:35	1.77	6.76	890.7	34	38	45
69	12:40	1.8	6.77	892	33	38	57
70	12:45	1.78	6.78	897	31	39	55
71	12:50	1.8	6.8	905.7	32	39	52
72	12:55	1.78	6.86	914.4	34	40	42
73	13:00	1.71	6.81	493	33	38	45.7
74	13:05	1.76	6.52	600	30	35	44.1

75	13:10	1.8	6.34	597	28	37	40
76	13:15	1.77	6.4	576	29	35	42
77	13:20	1.79	6.62	844.8	30	33	40
78	13:25	1.81	7.1	886.3	31	35	42
79	13:30	1.71	6.92	894.3	32	36	43
80	13:35	1.82	6.7	823.9	30	37	42
81	13:40	1.78	6.82	610	31	35	40
82	13:45	1.72	6.39	608	30	34	39
83	13:50	1.8	6.41	605	27	32	34.6
84	13:55	1.55	6.45	636	29	33	35.2
85	14:00	1.58	6.54	632	27	32	30.8
86	14:05	1.5	7	724.5	30	35	35.7
87	14:10	1.46	7.07	634.7	31	37	41.7
88	14:15	1.54	6.84	743.6	31	35	42
89	14:20	1.56	6.91	857	30	32	45
90	14:25	1.6	6.83	804.2	30	34	43.5
91	14:30	1.62	6.81	859.4	31	35	42
92	14:35	1.64	6.79	870.9	30	36	41.8
93	14:40	1.75	6.82	856.9	33	37	56.2
94	14:45	1.73	6.81	881	34	39	47
95	14:50	1.78	6.8	863.2	35	38	38.7
96	14:55	1.75	6.81	914.7	30	36	41.5
97	15:00	1.82	6.84	923.1	35	38	45.5
98	15:05	1.81	6.84	951.6	36	38	43
99	15:10	1.78	6.886	850.2	31	34	34.9
100	15:15	1.81	6.95	784.9	32	36	44
101	15:20	1.75	6.93	803.2	35	37	43.4
102	15:25	1.77	6.92	817.3	34	36	42
103	15:30	1.74	6.89	777.6	30	34	40
104	15:35	1.73	6.55	716.5	30	33	44.1
105	15:40	1.8	6.94	429	36	38	38.9
106	15:45	1.74	6.55	406	29	34	41.4
107	15:50	1.77	6.6	403	30	32	38
108	15:55	1.69	6.57	374	26	31	36.6
109	16:00	1.68	6.52	350	30	31	39
110	16:05	1.68	6.55	359	29	31	38.6
111	16:10	1.58	6.52	664	29	30	38
112	16:15	1.65	6.4	600	27	29	32
113	16:20	1.63	6.36	616	27	28	31
114	16:25	1.66	6.83	634	28	30	32
115	16:30	1.64	6.95	651	28	30	34

116	16:35	1.68	6.84	694.9	29	31	35.6
117	16:40	1.66	6.83	701.8	28	30	34.2
118	16:45	1.58	6.82	563.5	30	32	36.6
119	16:50	1.53	7	556.7	31	36	39.6
120	16:55	1.53	6.61	654.7	28	32	35
121	17:00	1.55	6.86	697.5	25	30	31.9
122	17:05	1.5	6.76	673.4	25	30	30.5
123	17:10	1.52	6.54	629.6	24	28	32.1
124	17:15	1.53	6.92	598.4	26	28	30.7
125	17:20	1.51	6.78	579.2	25	27	29.3
126	17:25	1.52	6.97	612.5	24	29	28.1
127	17:30	1.34	6.43	534.2	24	28	28.32
128	17:35	1.17	6.76	521.1	22	27	27
129	17:40	1.15	6.32	478.9	25	27	27.56
130	17:45	1.18	6.12	445.2	23	29	26
131	17:50	1.19	6.05	369.9	21	28	26.3
132	17:55	1.2	5.97	371	21	29	25
133	18:00	1.1	6.87	298.1	20	28	26

Anexo 2.3.1: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 14 de Mayo del 2018

PANEL FIJO

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	0.7	1.71	42	19	25	24
2	07:05	0.65	1.72	39	18	26	23
3	07:10	0.87	1.63	54	18	27	25
4	07:15	0.15	1.79	78	19	27	25
5	07:20	0.331	1.83	92	20	25	27
6	07:25	0.41	2.06	94	18	26	26
7	07:30	0.81	1.95	108	19	25	26
8	07:35	0.51	1.82	109	21	27	27.1
9	07:40	0.41	1.56	112	21	26	27.2
10	07:45	0.41	1.34	205	19	28	29.3
11	07:50	0.8	1.32	142	20	27	28.5
12	07:55	1.15	1.78	112	19	28	27.3
13	08:00	1.12	1.65	243	19	26	25.1
14	08:05	1.16	1.87	265	18	27	27.5
15	08:10	1.12	2.53	231	21	25	29.7
16	08:15	1.14	2.01	254	21	27	29.9
17	08:20	1.13	1.88	328	20	27	26.8
18	08:25	1.18	1.63	345	23	26	27.2
19	08:30	1.13	1.76	398	23	28	28
20	08:35	1.14	1.21	328	25	27	28.78
21	08:40	1.15	1.83	225	24	28	29.4
22	08:45	1.11	1.89	392.1	24	25	30
23	08:50	1.13	2.21	397.4	23	26	29
24	08:55	1.14	2.65	321	25	27	26
25	09:00	1.12	2.36	365	27	26	27.2
26	09:05	1.09	2.32	304	25	28	26.9
27	09:10	1.05	1.73	165	26	26	27.5
28	09:15	1.03	1.43	197	26	27	27.9
29	09:20	1.04	1.73	175	27	27	28
30	09:25	1.03	2.5	179.7	27	29	30
31	09:30	1.06	2.7	211	26	30	32
32	09:35	1.12	2.4	207	27	30	33
33	09:40	1.06	2.1	151	29	31	31.4

34	09:45	1.07	2.7	291	28	30	41
35	09:50	1.05	2.3	348	28	29	33
36	09:55	1.08	2.22	387	30	29	41
37	10:00	1.1	2.7	400	33	28	39
38	10:05	1.12	2.9	399	30	30	38
39	10:10	1.11	3.2	366	30	30	36
40	10:15	1.15	3.1	368	29	31	48
41	10:20	1.17	2.9	340	29	29	32
42	10:25	1.17	3.3	373	30	31	35
43	10:30	1.18	3.7	449.6	34	31	41
44	10:35	1.16	3.5	432	29	30	47
45	10:40	1.17	2.9	448	30	29	48
46	10:45	1.13	3.12	501	31	30	51
47	10:50	1.14	3.54	556	30	30	39
48	10:55	1.15	3.6	532	29	29	38
49	11:00	1.16	3.75	524	30	29	37
50	11:05	1.17	3.5	534	31	29	38
51	11:10	1.13	3.98	510	28	30	38
52	11:15	1.12	3.95	534	30	31	40
53	11:20	1.1	4.08	595	31	30	41
54	11:25	1	4.06	645	32	30	43
55	11:30	1.07	4.1	623	29	31	41
56	11:35	1.04	4.4	639	30	31	40
57	11:40	1.06	4.5	678	32	32	39
58	11:45	1.06	4.2	723	33	32	36
59	11:50	1	4.6	793	34	33	39
60	11:55	1.06	4.63	764	32	33	38
61	12:00	1.07	4.65	798	35	31	39
62	12:05	1.08	4.38	785	33	32	39
63	12:10	1.1	4.65	761	35	35	41
64	12:15	1.12	4.76	759	33	34	42
65	12:20	1.15	4.83	763	32	35	40
66	12:25	1.13	4.85	745	33	37	43
67	12:30	1.17	4.66	789	33	37	43
68	12:35	1.14	4.7	832	34	35	42
69	12:40	1.15	4.76	812	33	36	41
70	12:45	1.12	4.8	793	31	36	43
71	12:50	1.18	4.77	673	32	34	40
72	12:55	1.17	4.68	459	34	32	41
73	13:00	1.2	4.7	171	33	30	42
74	13:05	1.17	4.3	167	30	29	38

75	13:10	1.19	3.9	172	28	30	39
76	13:15	1.16	4.54	298	29	30	40
77	13:20	1.15	4.76	774	30	34	42
78	13:25	1.13	4.62	734	31	36	42
79	13:30	1.15	4.5	704	32	30	41
80	13:35	1.17	4.52	723	30	31	43
81	13:40	1	4.58	104	31	31	40
82	13:45	1.175	4.57	267	30	29	39
83	13:50	1.2	4.58	100	27	29	37
84	13:55	1.21	4.67	160	29	30	41
85	14:00	1.23	4.16	198	27	31	40
86	14:05	1.23	4.19	213	30	31	37
87	14:10	1.19	4.21	717	31	33	39
88	14:15	1.18	4.34	765	31	32	41
89	14:20	1.14	4.31	798	30	34	42
90	14:25	1.16	4.43	816	30	34	40
91	14:30	1.17	4.55	723	31	35	39
92	14:35	1.17	4.53	689	30	32	37
93	14:40	1.18	4.49	632	33	32	38
94	14:45	1.17	4.56	475	34	34	41
95	14:50	1.18	4.62	825	35	37	43
96	14:55	1.17	4.6	812	30	36	42
97	15:00	1.17	4.87	862.3	35	38	42
98	15:05	1.18	5.02	823	36	39	39
99	15:10	1.177	5.04	815	31	40	39
100	15:15	1.17	4.76	793	32	38	44
101	15:20	1.12	4.32	763	35	37	47
102	15:25	1.16	4.35	751	34	34	42
103	15:30	1.17	4.65	739	30	32	49
104	15:35	1.17	4.67	632	30	31	51
105	15:40	1.18	4.32	401	36	31	50
106	15:45	1.14	4.04	256	29	34	50
107	15:50	1.17	3.57	138	30	30	53
108	15:55	1.16	3.67	140	26	31	48
109	16:00	1.15	3.8	142	30	30	43
110	16:05	1.18	3.67	158	29	35	41
111	16:10	1.15	3.52	166	29	34	38
112	16:15	1.17	3.67	356	27	32	39
113	16:20	1.14	3.57	533	27	33	44
114	16:25	1.1	3.75	531	28	30	42
115	16:30	1.11	3.8	491	28	30	49

116	16:35	1.12	3.47	475	29	33	50
117	16:40	1.13	3.52	430	28	31	49
118	16:45	1.12	3	459	30	31	46
119	16:50	1.04	3.2	500	31	30	39
120	16:55	1.02	2.9	504	28	30	36
121	17:00	1.1	2.65	480	25	29	39
122	17:05	1.19	2.32	321	25	28	42
123	17:10	1.02	3.21	452	24	29	41
124	17:15	1.06	3.45	421	26	26	38
125	17:20	1.05	3.2	388	25	29	41
126	17:25	1.12	2.89	352	24	29	40
127	17:30	1.1	3.67	329	24	27	36
128	17:35	1.07	3.21	301	22	28	38
129	17:40	1.06	2.68	378	25	26	41
130	17:45	1.02	3.12	293	23	28	38
131	17:50	1.09	3.45	250	21	25	36
132	17:55	1	3.21	145	21	25	34
133	18:00	1.1	3.6	176	20	22	30

Anexo 2.4: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 15 de Mayo del 2018

PANEL CON SEGUIDOR

No.	Cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	Temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	0.81	6.8	0	19	20	20.4
2	07:05	0.81	6.8	0	19	20	20.4
3	07:10	0.81	6.8	0	19	20	20.4
4	07:15	0.81	6.8	0	19	20	20.4
5	07:20	0.81	6.72	0	19	21	22.3
6	07:25	0.83	6.86	0	18	20	21.1
7	07:30	0.91	6.75	65	19	20	22.2
8	07:35	0.94	6.72	79.1	20	21	21.3
9	07:40	0.91	6.81	76.7	19	22	22.8
10	07:45	0.92	6.84	83.1	19	21	22.5
11	07:50	1.02	6.78	86.9	19	22	23.7
12	07:55	0.9	6.9	93.4	20	21	23.2
13	08:00	0.95	6.83	97	20	22	25.6
14	08:05	0.96	6.85	101.3	21	23	27.6
15	08:10	0.98	6.81	101.3	19	22	29.4
16	08:15	0.85	6.87	101.3	22	26	24.6
17	08:20	0.93	6.9	133.6	20	26	25.4
18	08:25	0.96	6.95	111.3	19	22	24.5
19	08:30	0.96	6.77	150.3	17	25	29
20	08:35	1	6.98	174.8	19	26	25.7
21	08:40	1.02	6.99	192	20	27	23
22	08:45	1.04	7.02	184.3	20	26	31.8
23	08:50	1.07	7.03	202.8	22	27	33.7
24	08:55	1.05	7.01	236.2	22	28	35.7
25	09:00	1.13	7.02	245.2	22	27	36.8
26	09:05	1.29	7.03	268.3	21	27	37.7
27	09:10	1.52	7	305.1	24	39	42.4
28	09:15	1.56	7.02	252.8	26	31	38.1
29	09:20	1.62	7.02	455.3	27	30	43.9
30	09:25	1.69	6.36	394.3	23	27	35.6
31	09:30	1.59	7.1	472.3	26	35	33.4
32	09:35	1.53	7.03	304.7	25	31	43.3
33	09:40	1.58	7.02	467.1	25	29	42.4

34	09:45	1.66	6.96	519.4	23	33	40.1
35	09:50	1.74	7.02	588.2	27	33	44
36	09:55	1.73	7.04	579.4	28	37	36.2
37	10:00	1.75	7.01	608	23	37	35.6
38	10:05	1.8	7.02	594.4	28	39	47.3
39	10:10	1.62	7.06	799.6	33	41	44.3
40	10:15	1.52	7	714.1	32	42	50.7
41	10:20	1.55	7.07	732	29	34	36
42	10:25	1.46	7.16	631.1	26	33	34.7
43	10:30	1.43	7.12	847.6	20	33	39.5
44	10:35	1.45	7.08	794	20	31	40
45	10:40	1.51	7.06	806.1	17	29	47.3
46	10:45	1.55	7.8	733.9	22	33	44.5
47	10:50	1.63	6.98	782	29	39	45.8
48	10:55	1.85	6.98	817.4	25	32	40.6
49	11:00	1.87	7.05	781.1	26	36	44
50	11:05	1.82	7.01	926.4	21	37	53
51	11:10	1.82	6.95	926.4	23	39	41.4
52	11:15	1.92	6.87	843.8	25	38	57.9
53	11:20	2.09	6.93	860.8	27	39	40.3
54	11:25	1.47	7	926.9	22	37	57.4
55	11:30	2.05	6.95	961.9	30	43	40.3
56	11:35	1.93	6.36	1003	27	43	57.4
57	11:40	1.51	6.92	995.4	27	43	38.6
58	11:45	1.39	7	1005	27	42	57.6
59	11:50	1.36	6.53	1032	29	48	59.5
60	11:55	1.92	6.44	1026	29	41	53.8
61	12:00	1.36	6.56	1073	31	44	53.7
62	12:05	1.45	7	942.4	31	45	52
63	12:10	1.23	6.87	961	27	46	49
64	12:15	1.29	6.74	933.1	26	45	50.7
65	12:20	1.3	6.34	1000	25	51	54
66	12:25	1.39	6.36	1050	21	49	53.8
67	12:30	1.43	6.37	1065	31	48	56.1
68	12:35	1.48	6.32	1042	30	49	49.7
69	12:40	1.56	6.34	879.5	32	47	54
70	12:45	1.67	6.43	934.5	29	44	55.4
71	12:50	1.66	6.32	1016	30	42	53.6
72	12:55	1.78	6.48	1059	31	43	56.8
73	13:00	1.65	6.51	662.2	28	43	56.2
74	13:05	1.6	6.54	676.4	27	46	52.5

75	13:10	1.76	6.55	732	27	48	50.2
76	13:15	1.79	6.88	739	26	47	42.3
77	13:20	1.71	6.87	804	27	47	60.3
78	13:25	1.66	6.98	832	26	50	60.2
79	13:30	1.53	6.23	856	27	50	42.3
80	13:35	1.55	6.21	895	28	51	57.6
81	13:40	1.5	6.1	912	26	49	63.5
82	13:45	1.49	6.12	954	27	48	64.3
83	13:50	1.46	6.74	865	26	48	54.2
84	13:55	1.67	6.49	871	27	49	45.9
85	14:00	1.4	6.38	843	28	48	40.9
86	14:05	1.48	6.93	822	27	51	35.1
87	14:10	1.56	6.23	898.7	27	50	33.4
88	14:15	1.5	6.39	728.7	26	50	33.3
89	14:20	1.62	6.74	953.3	25	49	32.5
90	14:25	1.68	6.5	986	26	49	32
91	14:30	1.45	6.49	874.4	27	48	31.9
92	14:35	1.78	6.39	875.9	25	47	32.5
93	14:40	1.71	6.34	887.7	24	47	33.7
94	14:45	1.68	6.29	941	25	49	33.7
95	14:50	1.65	6.26	966.9	26	48	35
96	14:55	1.59	6.18	895.4	27	48	40.6
97	15:00	1.68	5.85	919.9	20	51	39.2
98	15:05	1.7	6.72	911.3	21	51	38.1
99	15:10	1.73	6.33	875.4	22	50	37.1
100	15:15	1.65	6.4	894.3	24	47	35.8
101	15:20	1.69	6.21	911.4	23	48	35.6
102	15:25	1.62	6.43	858.4	23	47	36.5
103	15:30	1.59	7	775.4	20	47	35.4
104	15:35	1.61	6.49	721.3	19	46	33.8
105	15:40	1.6	6.48	843	22	49	32.9
106	15:45	1.62	6.46	877	22	49	35.4
107	15:50	1.78	6.36	811	21	50	35.3
108	15:55	1.87	6.34	798.1	20	48	33.8
109	16:00	1.86	6.23	728.7	19	48	32.4
110	16:05	1.62	6.43	668.3	18	49	32
111	16:10	1.63	6.54	732.7	18	49	31
112	16:15	1.69	6.57	741.5	20	50	32
113	16:20	1.62	6.54	649.5	21	48	34
114	16:25	1.56	6.2	608.6	22	46	35.6
115	16:30	1.57	6.92	678.8	21	46	34.2

116	16:35	1.55	6.93	675	23	44	36.6
117	16:40	1.59	6.95	627.8	21	44	39.6
118	16:45	1.5	6.98	624.5	22	43	35
119	16:50	1.56	6.75	612	22	45	31.9
120	16:55	1.55	6.97	619	23	42	30.5
121	17:00	1.58	6.1	590	23	41	32.1
122	17:05	1.58	6.06	458	23	39	30.7
123	17:10	1.49	5.2	431	22	39	29.3
124	17:15	1.6	6.09	356	22	37	28.1
125	17:20	1.47	6	342	21	32	28.32
126	17:25	1.72	6.23	293	20	28	27
127	17:30	1.8	6.16	285	18	25	27.56
128	17:35	1.72	6.32	231	19	27	26
129	17:40	1.68	6.25	253	18	24	26.3
130	17:45	1.61	6.43	165	18	23	25
131	17:50	1.5	6.23	123	19	22	26
132	17:55	1.47	6.12	73	18	22	24
133	18:00	1.52	6.21	32	18	21	23

Anexo 2.4.1: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 15 de Mayo del 2018

PANEL FIJO

No.	Cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					ambiente	termopar	infrarrojo
						Panel	
1	07:00	0.55	5.22	0	19	21	22
2	07:05	0.55	5.32	0	19	21	22
3	07:10	0.3	5.24	0	19	22	22
4	07:15	0.25	5.39	0	19	23	21
5	07:20	0.45	4	5	19	22	22
6	07:25	0.56	5.38	10	18	21	22
7	07:30	0.65	6.42	8	19	24	23
8	07:35	0.67	4.35	5	20	23	23
9	07:40	0.76	4.8	12	19	28	26.4
10	07:45	0.04	5	21	19	29	28.2
11	07:50	0.79	5	20	19	30	29
12	07:55	0.5	4.37	35	20	24	27.3
13	08:00	0.83	6.7	50	20	27	26
14	08:05	0.5	6.8	55	21	30	28.2
15	08:10	1.12	5	55	19	30	29.7
16	08:15	0.7	4	40.8	22	27	31
17	08:20	1.13	5	50.8	20	29	31
18	08:25	0.4	4.56	70.1	19	29	31
19	08:30	0.7	4	109.5	17	29	33
20	08:35	1	5	114	19	31	33
21	08:40	1.13	5	101	20	27	30
22	08:45	1.12	4.68	115	20	29	24
23	08:50	1	4.54	195	22	26	23.5
24	08:55	1.12	4.52	188	22	22	22
25	09:00	1.15	4.52	145	22	21	22.8
26	09:05	1.15	4.63	149	21	21	23.9
27	09:10	1.17	5	131	24	21	22.4
28	09:15	1.12	5	257	26	20	22.4
29	09:20	1.12	5.48	100	27	22	23
30	09:25	1.15	3.4	123	23	21	22.4
31	09:30	1.5	5.39	145	26	21	22.3

32	09:35	1.08	5.32	215	25	23	22.3
33	09:40	1.2	5.4	233	25	22	22.6
34	09:45	1.5	5.55	266	23	22	22.8
35	09:50	1.13	4.98	256	27	22	23.6
36	09:55	1.45	4.98	234	28	21	25.7
37	10:00	1.13	5.77	367	23	22	36.8
38	10:05	1.13	4.98	567	28	23	37.7
39	10:10	1.45	4.62	478	33	23	42.4
40	10:15	1.5	5.78	342	32	24	38.1
41	10:20	1.15	5.64	356	29	23	43.9
42	10:25	1.17	6.7	278	26	23	35.6
43	10:30	1.12	5	543	20	24	33.4
44	10:35	1.12	7	567	20	23	43.3
45	10:40	1.14	6.7	634	17	22	42.4
46	10:45	0.89	6.64	632	22	23	40.1
47	10:50	1.17	6.32	542	29	23	44
48	10:55	1.18	5	759	25	23	36.2
49	11:00	1.19	5	765	26	23	30
50	11:05	1.15	6.54	732	21	23	23.8
51	11:10	1.13	5	745	23	22	23.2
52	11:15	1.17	4.5	789	25	22	23.7
53	11:20	1.21	4.54	803	27	22	23.7
54	11:25	1	4.78	846	22	22	23.6
55	11:30	1.21	4.52	876	30	22	23.3
56	11:35	1.19	5	689	27	22	23.6
57	11:40	1.15	4.65	794	27	23	24.1
58	11:45	0.6	4.9	854	27	25	26.6
59	11:50	1.12	4.9	832	29	23	28.9
60	11:55	1.21	4.98	843	29	26	30.8
61	12:00	1.22	5.14	890	31	25	30.4
62	12:05	1.22	4	756	31	26	32.7
63	12:10	1.23	4.5	798	27	28	34.6
64	12:15	1.23	4	804	26	27	34
65	12:20	1.17	4.93	856	25	27	30
66	12:25	1.15	3.98	876	21	27	29.8
67	12:30	1.13	5.38	883	31	30	35.6
68	12:35	1.16	5.23	886	30	35	44.5
69	12:40	1.15	5.06	698	32	40	44.6
70	12:45	1.17	5.09	765	29	29	42.3
71	12:50	1	4.83	821	30	31	35.2
72	12:55	1.02	4.9	854	31	29	35.6

73	13:00	1.37	4.78	432	28	25	29.2
74	13:05	1.13	4	456	27	26	29.3
75	13:10	1	4	534	27	25	29.3
76	13:15	1	4	553	26	26	30.9
77	13:20	1.55	5.54	596	27	34	46.1
78	13:25	1.55	4	612	26	33	44.3
79	13:30	1.5	5.2	623	27	31	36
80	13:35	1.53	4.8	678	28	34	34.9
81	13:40	1.32	4.67	708	26	26	27.6
82	13:45	1.55	4.62	711	27	26	27.6
83	13:50	1.47	5.32	679	26	26	25.3
84	13:55	1.34	5.31	650	27	23	25.6
85	14:00	1.34	5.51	623	28	23	24.4
86	14:05	1.15	5.51	606	27	23	23.5
87	14:10	1.15	5.64	625	27	24	25.2
88	14:15	1.13	4.63	597	26	24	25.9
89	14:20	1.15	4.7	543	25	24	24.8
90	14:25	1.07	4	732	26	24	25.4
91	14:30	1.15	3.89	701	27	22	23.7
92	14:35	1.2	3.87	694	25	23	23.5
93	14:40	1.09	3.82	664	24	21	23.3
94	14:45	1.06	3.59	723	25	23	23.4
95	14:50	1.06	5.6	789	26	23	23.4
96	14:55	1.03	5.7	754	27	26	25
97	15:00	1.09	4.8	789	20	23	27.3
98	15:05	1.1	4.71	805	21	24	27.7
99	15:10	1.09	4.52	765	22	24	30.7
100	15:15	1.17	4.38	783	24	23	23.4
101	15:20	1.07	4.5	821	23	22	22.1
102	15:25	1.05	5.6	786	23	22	25.1
103	15:30	1.03	5.6	721	20	23	23
104	15:35	1.06	4.8	687	19	25	24.5
105	15:40	1.07	4.72	756	22	27	26.6
106	15:45	1.08	4.71	732	22	24	24.6
107	15:50	1.09	4.79	745	21	23	23.6
108	15:55	1.08	4.96	678	20	23	25
109	16:00	1.09	4.93	643	19	24	28.8
110	16:05	1.05	4.8	579	18	24	25
111	16:10	1.04	4.57	602	18	25	23.3
112	16:15	1.04	4.52	632	20	25	24.1
113	16:20	1.02	4.45	612	21	24	24.1

114	16:25	0.99	5.37	587	22	22	23.7
115	16:30	0.98	5.4	595	21	22	23
116	16:35	0.97	5.3	588	23	21	21.3
117	16:40	1	5.38	564	21	21	20
118	16:45	0.99	5.39	559	22	21	23.6
119	16:50	0.97	5.4	531	22	21	21.4
120	16:55	1	5	537	23	22	20
121	17:00	0.97	4.49	517	23	21	21.2
122	17:05	0.89	4.49	446	23	21	23
123	17:10	0.93	4.32	375	22	20	25
124	17:15	0.95	4.34	312	22	19	24
125	17:20	0.84	4.29	266	21	18	23
126	17:25	0.83	4.26	208	20	18	20
127	17:30	0.81	4.18	189	18	20	21
128	17:35	0.79	4.82	147	19	21	19
129	17:40	0.93	4.72	86	18	20	19
130	17:45	0.94	4.33	47	18	18	18
131	17:50	0.91	4.2	13	19	19	18
132	17:55	1	4.16	6	18	18	18
133	18:00	1.1	4.12	0	18	18	18

Anexo 2.5: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 17 de Mayo del 2018

PANEL CON SEGUIDOR

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	Temperatura		
					Panel		
					ambiente	termopar	infrarrojo
1	07:00	1.25	6.36	42	20	20	24
2	07:05	1.25	6.36	39	20	20	24
3	07:10	1.25	6.36	54	20	20	24
4	07:15	1.29	6.4	78	23	23	21.2
5	07:20	1.28	6.4	92	21	22	21.7
6	07:25	1.33	6.53	94	19	20	23.1
7	07:30	1.45	6.4	108	21	22	22.4
8	07:35	1.5	6.38	109	23	24	23.3
9	07:40	1.5	6.7	112	20	23	24.6
10	07:45	1.53	6.51	205	22	24	25.9
11	07:50	1.4	6.7	142	23	25	26.6
12	07:55	1.5	6.7	112	24	27	28.1
13	08:00	1.49	6.75	243	23	28	28.1
14	08:05	1.48	6.8	265	25	28	30.1
15	08:10	1.45	6.85	231	23	29	31
16	08:15	1.45	6.86	254	26	28	32
17	08:20	1.51	6.81	328	26	31	33
18	08:25	1.37	6.9	345	23	29	33
19	08:30	1.43	6.96	398	25	31	33
20	08:35	1.5	6.92	328	26	30	35
21	08:40	1.44	6.95	225	27	31	35
22	08:45	1.5	6.94	392.1	25	33	36
23	08:50	1.51	6.96	397.4	24	31	37
24	08:55	1.49	6.96	321	27	33	38
25	09:00	1.37	6.9	365	27	32	40
26	09:05	1.5	6.9	304	26	32	41
27	09:10	1.5	6.9	432	27	33	39
28	09:15	1.59	7	654	23	33	40
29	09:20	1.5	6.99	665	25	32	40
30	09:25	1.52	6.88	687	26	33	41
31	09:30	1.55	7.02	586	28	34	41
32	09:35	1.59	7.01	543	26	32	43
33	09:40	1.56	7	578	28	34	45

34	09:45	1.74	7.3	543	25	34	43
35	09:50	1.46	7.07	348	24	35	42
36	09:55	1.47	7	387	25	36	45
37	10:00	1.54	7.02	400	29	36	45
38	10:05	1.43	7	399	31	37	45
39	10:10	1.53	7.06	366	28	34	42
40	10:15	1.57	7.02	368	31	38	47
41	10:20	1.52	6.99	340	28	39	48
42	10:25	1.48	6.99	373	28	37	49
43	10:30	1.56	7.06	449.6	29	36	44
44	10:35	1.43	6.93	432	26	37	46
45	10:40	1.64	6.84	448	33	39	50
46	10:45	1.53	6.81	501	30	40	51
47	10:50	1.59	6.74	556	30	36	44
48	10:55	1.6	7	532	32	42	51
49	11:00	1.62	6.76	524	26	34	44
50	11:05	1.59	6.7	534	28	30	35
51	11:10	1.5	7.2	510	28	33	36
52	11:15	1.56	6.7	534	28	29	36
53	11:20	1.55	6.45	595	26	30	32.9
54	11:25	1.58	6.45	645	24	26	32
55	11:30	1.58	6.75	623	30	32	36
56	11:35	1.49	6.72	639	27	30	36
57	11:40	1.6	7	678	30	38	48
58	11:45	1.47	6.98	723	29	46	55
59	11:50	1.72	6.93	793	31	43	58
60	11:55	1.8	6.9	764	31	46	53
61	12:00	1.54	6.98	798	32	42	53
62	12:05	1.75	7	785	31	45	51
63	12:10	1.72	6.96	761	32	43	53
64	12:15	1.68	7	759	31	42	53
65	12:20	1.73	6.99	763	31	43	52
66	12:25	1.9	7	745	31	43	51
67	12:30	1.84	7	789	31	41	50
68	12:35	1.78	7.06	832	30	41	49
69	12:40	1.81	7.02	812	29	39	51
70	12:45	1.81	7.02	793	29	39	51
71	12:50	1.68	7	673	24	38	47.5
72	12:55	1.62	7.09	756	26	34	46
73	13:00	1.62	7.08	834	25	35	48
74	13:05	1.6	7.04	789	25	37	49

75	13:10	1.64	7.05	765	27	37	52
76	13:15	1.64	7.06	596	32	42	49
77	13:20	1.72	7.08	774	26	32	47.8
78	13:25	1.69	7.08	734	32	38	47.1
79	13:30	1.66	7.06	704	31	37	46.9
80	13:35	1.62	7.09	723	27	34	47.5
81	13:40	1.6	7.11	703	27	33	45.7
82	13:45	1.61	7.11	534	33	34	46.6
83	13:50	1.6	7.06	851	31	34	48.2
84	13:55	1.64	7.05	823	28	33	47.2
85	14:00	1.61	7.08	786	34	37	47.7
86	14:05	1.68	7.07	723	32	36	48
87	14:10	1.67	7.05	717	27	33	48.1
88	14:15	1.4	6.68	765	26	28	39.2
89	14:20	1.51	7.12	798	29	32	42.7
90	14:25	1.64	7.8	816	26	31	43.2
91	14:30	1.76	7.8	723	25	30	44.6
92	14:35	1.57	7.1	689	27	33	45.9
93	14:40	1.75	7.8	632	29	33	44.6
94	14:45	1.58	7.5	675	31	35	45.4
95	14:50	1.65	7.04	825	28	35	44.7
96	14:55	1.76	7.04	812	24	28	43.6
97	15:00	1.65	7.06	862.3	31	35	44.7
98	15:05	1.68	7.01	823	26	32	44.2
99	15:10	1.79	7.06	815	28	34	45.2
100	15:15	1.77	7.1	793	27	32	42.5
101	15:20	1.75	6.63	763	25	27	35.1
102	15:25	1.7	7.14	751	25	29	37
103	15:30	1.66	7.06	739	26	31	40.3
104	15:35	1.61	7.04	632	26	29	39.2
105	15:40	1.64	7.02	709	29	31	39.5
106	15:45	1.78	7.03	556	29	31	40.1
107	15:50	1.7	7.01	734	28	29	39.8
108	15:55	1.66	6.99	740	27	31	39.7
109	16:00	1.7	6.97	742	25	31	37.8
110	16:05	1.72	6.96	758	26	32	37.5
111	16:10	1.73	6.95	766	24	31	36.6
112	16:15	1.56	6.93	756	25	29	36.5
113	16:20	1.59	6.93	733	26	30	34
114	16:25	1.62	6.9	531	25	29	35.1
115	16:30	1.6	6.9	491	26	29	34.9

116	16:35	1.62	6.87	475	25	30	34.6
117	16:40	1.63	6.85	430	25	29	33.9
118	16:45	1.62	6.89	459	25	29	32.5
119	16:50	1.62	6.79	500	25	30	32
120	16:55	1.61	6.76	504	24	28	30.9
121	17:00	1.6	6.73	480	25	27	29.8
122	17:05	1.59	6.74	321	25	25	25.6
123	17:10	1.54	6.65	452	24	26	25.3
124	17:15	1.32	6.34	421	23	26	24.9
125	17:20	1.5	6.54	388	21	23	25.1
126	17:25	1.02	6.23	352	22	24	23.6
127	17:30	1.23	6.12	329	19	23	23.9
128	17:35	1.03	6	301	21	22	23.1
129	17:40	1	5.93	378	20	21	25.2
130	17:45	0.95	6.05	293	20	20	22.7
131	17:50	0.37	6.11	250	19	19	22.4
132	17:55	0.67	6.01	145	18	19	21
133	18:00	0.95	5.98	176	18	19	21.5

Anexo 2.5.1: Parámetros de medición de los Sistema Fotovoltaico del Seguidor Solar y fijo del día 17 de Mayo del 2018

PANEL FIJO

No.	cada 5 min	corriente	voltaje	Radiación	temperatura		
					ambiente	termopar	infrarrojo
						Panel	
1	07:00	0.93	2.66	40	20	25	19
2	07:05	1	2.98	40	20	26	20
3	07:10	1.021	2.86	40	20	27	21
4	07:15	1.03	2.94	50.9	23	27	23
5	07:20	1	3	57.5	21	25	23
6	07:25	1.03	3.1	70.7	19	26	23
7	07:30	1.12	3.23	83	21	25	22
8	07:35	1.21	3.01	88	23	27	24
9	07:40	1.19	3.03	84	20	26	23
10	07:45	1.15	2.99	95	22	28	24
11	07:50	1.18	2.78	112	23	27	23
12	07:55	1.23	2.96	98	24	28	23
13	08:00	1	3	116	23	26	24
14	08:05	1.02	3.06	112	25	27	22
15	08:10	1.09	3.19	196	23	25	23
16	08:15	1.06	3.21	104	26	27	24
17	08:20	1.2	3.32	209	26	27	23
18	08:25	1.25	3.13	187	23	26	24
19	08:30	1.28	3	132	25	28	27
20	08:35	1.32	3.09	178	26	27	31
21	08:40	1.38	2.95	164	27	28	34
22	08:45	1.48	2.98	154	25	25	30
23	08:50	1.42	3.15	111	24	26	28
24	08:55	1.38	3.08	109	27	27	28
25	09:00	1.3	2.79	104	27	26	28
26	09:05	1.51	2.65	100	26	28	29
27	09:10	1.38	3	93	27	28	28
28	09:15	1.32	2.98	90	23	28	27
29	09:20	1.21	3.02	109	25	29	34
30	09:25	1.42	3.45	125	26	29	31
31	09:30	1.44	3.67	186	28	30	34

32	09:35	1.32	3.76	156	26	31	35
33	09:40	1.34	3.25	278	28	34	29
34	09:45	1.6	3.08	365	25	32	37
35	09:50	1.23	3.1	123	24	30	48
36	09:55	1.49	3.23	298	25	32	39
37	10:00	1.5	3.67	325	29	31	38
38	10:05	1.47	3.89	376	31	33	41
39	10:10	1.28	4	167	28	33	39
40	10:15	1.2	3.96	315	31	31	38
41	10:20	1.9	3.85	278	28	32	31
42	10:25	1.16	3.9	378	28	30	24
43	10:30	1.29	4.04	356	29	31	27
44	10:35	1.48	4.23	343	26	30	32
45	10:40	1.83	4.12	302	33	32	39
46	10:45	1.67	4.56	321	30	33	33
47	10:50	1.9	4.15	188	30	32	30
48	10:55	1.21	4.13	245	32	33	30
49	11:00	1.34	4.01	336.7	26	33	33
50	11:05	1.2	3.98	170.2	28	34	45
51	11:10	1.18	3.67	234	28	32	46
52	11:15	1.02	3.23	204	28	30	33
53	11:20	1	3.56	90.5	26	31	36
54	11:25	1.05	3.78	109	24	31	31
55	11:30	1.21	3.98	200	30	32	42
56	11:35	1.34	4	150	27	33	47
57	11:40	1.76	4.01	490	30	34	38
58	11:45	1.27	3.98	506	29	37	33
59	11:50	1.45	4.8	466	31	38	36
60	11:55	1.06	4.61	587	31	39	39
61	12:00	1.04	4.72	537	32	39	36
62	12:05	1.22	4.23	568	31	37	47
63	12:10	1.33	4.79	530	32	38	38
64	12:15	1.34	4.76	532	31	36	47
65	12:20	1.35	4.91	623	31	37	45
66	12:25	1.61	4.9	634	31	38	49
67	12:30	1.64	4.18	698	31	37	46
68	12:35	1.67	4.82	675	30	38	45
69	12:40	1.45	5.33	378	29	38	44
70	12:45	1.33	5.02	321	29	39	47
71	12:50	1.31	4.7	478	24	39	45
72	12:55	1.17	4.63	476	26	40	46

73	13:00	1.2	4.18	534	25	38	42
74	13:05	1.06	4.25	465	25	35	42
75	13:10	1.13	4.07	121	27	37	43
76	13:15	1.18	4.53	150	32	35	45
77	13:20	1.19	4.57	567	26	33	46
78	13:25	1.17	4.33	456	32	35	45
79	13:30	1.2	4.48	325	31	36	49
80	13:35	1.21	4.43	309	27	37	45
81	13:40	1.18	4.51	299	27	35	49
82	13:45	1.19	4.5	311	33	34	37
83	13:50	1.17	4.5	475	31	32	37
84	13:55	1.2	4.27	321	28	33	40
85	14:00	1.16	3.62	423	34	32	45
86	14:05	1.16	4	476	32	35	41
87	14:10	1.19	4.57	453	27	37	36
88	14:15	1.17	4.55	275.2	26	35	29
89	14:20	1.16	4.33	201	29	32	28
90	14:25	1.19	4.48	243	26	34	30
91	14:30	1.32	4.43	321	25	35	36
92	14:35	1.35	4.51	210	27	36	41
93	14:40	1.4	4.4	300	29	37	39
94	14:45	1.44	4.5	300	31	39	35
95	14:50	1.43	4.27	433	28	38	36
96	14:55	1.43	3.62	454	24	36	33
97	15:00	1.41	4	465	31	38	31
98	15:05	1.35	4.57	476	26	38	30
99	15:10	1.35	4.58	489	28	34	29
100	15:15	1.34	4.83	450	27	36	32
101	15:20	1.33	3.71	196.8	25	37	31
102	15:25	1.36	3.89	456	25	36	29
103	15:30	1.4	3.6	504	26	34	30
104	15:35	1.46	3.66	526	26	33	28
105	15:40	1.49	3.7	564	29	38	29
106	15:45	1.43	3.8	554	29	34	32
107	15:50	1.48	3.52	523	28	32	29
108	15:55	1.47	3.7	532	27	31	29
109	16:00	1.43	3.68	564	25	31	37
110	16:05	1.4	3.67	566	26	31	37
111	16:10	1.39	3.4	433	24	30	28
112	16:15	1.4	3.26	384	25	29	32
113	16:20	1.35	3.17	351	26	28	29

114	16:25	1.32	3	298	25	30	30
115	16:30	1.3	2.98	250	26	30	30
116	16:35	1.27	2.54	231	25	31	28
117	16:40	1.29	2.32	228	25	30	29
118	16:45	1.4	2	192	25	32	28
119	16:50	1.26	2.01	150.6	25	36	29
120	16:55	1.22	1.9	133.5	24	32	29
121	17:00	1.18	1.7	125.9	25	30	27
122	17:05	1.02	2.9	105.7	25	30	26
123	17:10	1.05	3.1	98.7	24	28	24
124	17:15	1.17	3.3	93	23	28	23
125	17:20	1.04	2.7	89.7	21	27	25
126	17:25	1.18	1.6	87.2	22	29	24
127	17:30	1.12	1.4	71.5	19	28	23
128	17:35	1.14	2.5	73	21	27	20
129	17:40	1.1	3.3	86.5	20	27	21
130	17:45	1.2	3.4	82.2	20	29	19
131	17:50	1.03	3.1	76	19	28	19
132	17:55	1	3.12	63	18	29	18
133	18:00	1.32	3.21	61	18	28	18