

**DISEÑO DE UNA NEVERA BASADA EN FUENTES RENOVABLES DE
ENERGÍA**

Santiago Valencia Valencia

Código: 1.088.008.463

Andrés Felipe Henao Ramírez

Código: 1.093.221.988

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA 2016**

**DISEÑO DE UNA NEVERA BASADA EN FUENTES RENOVABLES DE
ENERGÍA**

Santiago Valencia Valencia

Código: 1.088.008.463

Andrés Felipe Henao Ramírez

Código: 1.093.221.988

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Tecnólogo en Mecánica**

DIRECTOR

Edgar Alonso Salazar

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA 2016**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A nuestras familias que nos apoyaron siempre en los más difíciles momentos, creyendo siempre en nosotros. Gracias por esos consejos que hoy en día no hacen unas personas con unos valores familiares. Y que siempre están pendientes en nuestra formación académica para que en nuestro futuro podamos alcanzar todas nuestras metas. Sus consejos y su comprensión en los momentos más difíciles e importantes de nuestra carrera y desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Edgar Salazar, Director de Trabajo de grado por su valiosa orientación, acompañamiento y paciencia durante la realización de éste proyecto.

Al ingeniero Wilson Pérez por sus valiosos aportes y contribuciones, las cuales hizo posible la obtención de datos importante para la realización del proyecto

A los profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira y a todas aquellas personas que de una u otra manera realizaron un gran aporte para el desarrollo de éste Trabajo de Grado.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 GENERALIDADES ELÉTRICAS	14
1.1.1 Ley de Ohm.	14
1.1.2 Potencia eléctrica.	15
1.2 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN NEVERAS	15
1.2.1 Refrigeración por compresión.	17
1.2.2 Efecto Peltier.	18
1.2.3 Refrigeración termo acústica	19
1.2.4 Refrigeración por absorción.	20
1.3 Energías renovables	22
1.3.1 Energía eólica.....	22
1.3.2 Energía marina.	22
1.3.3 Energía geotérmica.....	22
1.3.4 Energía Solar.....	23
2. ESTUDIO DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS DISTINTOS REFRIGERADORES	28
2.1 montaje para la medición del consumo energético.....	28
2.1.1 fenómeno físico.	28
2.1.2 Etapa Detectora.....	28
2.1.3 Sistema de adquisición de datos (ADQ asitant data).....	30
2.2. Toma de datos	30
2.3 Tipos de neveras a medir.	32
3. Diseño de un sistema fotovoltaico para la nevera tipo camping fig 17	34
3.1 CALCULO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA LAS NEVERAS	36
3.1.1 Calculo panel solar.	40
3.1.2 Selección regulador de energía.	49
3.1.3 Selección de las baterías.....	54

3.1.4 Selección del inversor.....	59
3.1.5 Cableado y protección del sistema.	63
4. ANÁLISIS DE COSTOS.....	65
4.1 Estudio de viabilidad en zonas rurales	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo básico de refrigeración	15
Figura 2. Prototipo a pequeña escala de una nevera solar y su esquema de funcionamiento	17
Figura 3. Refrigeración por compresión	18
Figura 4. Efecto Peltier	19
Figura 5. Refrigeración termo acústica.....	20
Figura 6. Refrigeración por absorción	21
Figura 7. Panel solar.....	24
Figura 8. Modulo en serie-paralelo.....	24
Figura 9. Modulo en serie	25
Figura 10. Módulo en paralelo.....	25
Figura 11. Tecnología inverter	27
Figura 12. Sensor LM35.....	29
Figura 13. Sensor ACS712	29
Figura 14. Sistema de adquisición de datos (ADQ).....	30
Figura 15. Diagrama de bloques	31
Figura 16. Nevera convencional 10 ft.....	32
Figura 17. Nevera camping (nevera camping 5 ft aprox).....	33
Figura 18. Nevera camping 5 ft área bajo la curva	35
Figura 19. Nevera convencional 10 ft área bajo la curva.....	35
Figura 20. Niveles de irradiación en diferentes zonas del país.....	37
Figura 21. Promedio mensual de radiación global en Pereira	37
Figura 22. Nivel de horas solar pico en diferentes zonas del país.....	39

Figura 23. Catalogo paneles TECHNOSUN.....	43
Figura 24. Nevera 5 ft – Ficha Técnica Paneles JINKO	44
Figura 25. Curva característica panel JINKO	46
Figura 26. Montaje paneles para nevera 5 ft.....	47
Figura 27. Ficha técnica KYOCERA	48
Figura 28. Montaje paneles nevera 10ft.....	48
Figura 29. Catalogo reguladores TECHNOSUN	50
Figura 30. Ficha técnica regulador nevera 5ft	51
Figura 31. Ficha técnica regulador nevera 10ft	53
Figura 32. Catalogo baterías Victron energy	55
Figura 33. Ficha técnica de las baterías escogidas para las neveras.....	57
Figura 34. Conexión baterías en serie nevera 5ft.....	57
Figura 35. Conexión serie-paralelo nevera 10ft.....	59
Figura 36. Catalogo inversores TECHNOSUN.....	60
Figura 37. Picos de encendido nevera 5ft.....	61
Figura 38. Especificaciones técnicas inversores tbs electronics	62
Figura 39. Picos de encendido nevera 10ft.....	63
Figura 40. Ficha tecnica planta electrica SOKAN SK-GD2500CL	68

TABLAS

Tabla 1. Promedio horas pico solares Pereira	38
Tabla 2. Costo sistema fotovoltaico nevera 5 ft	65
Tabla 3. Costos sistema fotovoltaico nevera 10 ft	66
Tabla 4. Precios Acpm mayo-2016.....	69

GLOSARIO

Energía renovable: Esta sea obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables por su inmensidad o porque son capaces de regenerarse naturalmente.

Efecto Joule-Thompson: proceso en el cual la temperatura de un sistema puede aumentar o disminuir permitiendo que el sistema se expanda manteniendo la entalpia constante.

Sensor: es un artefacto capaz de captar magnitudes físicas y químicas y transformarlas en variables eléctricas.

Diodo: dispositivo electrónico compuesto por dos electrodos en cual circula corriente en un solo sentido.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento de población la demanda energética ha aumentado considerablemente siendo los combustibles fósiles la mayor fuente de energía en la actualidad. Debido al problema ambiental generado alrededor de estos combustibles y dado que son recursos no renovables, es indispensable buscar nuevas alternativas para la producción de energía.

Como resultado a esta búsqueda han surgido nuevas propuestas como lo son la energía eólica, hidráulica, la mareomotriz, la biomasa y solar que además de tener fuentes renovables conservan el medio ambiente.

Es indispensable buscar la manera de reemplazar las fuentes de energía y se debe comenzar por los artefactos que más consuman. En nuestros hogares la nevera es el que más electricidad consume motivo por el cual nos centramos en la búsqueda de una nueva fuente de energía para el uso de este electrodoméstico.

Partiendo de la medición del consumo de una nevera convencional en un día común se buscó la manera de suplir esta energía con una fuente de energía sustentable. La solución más factible, dada la ubicación de nuestro país, es la energía solar, se prosiguió a seleccionar un panel fotovoltaico con la capacidad y eficiencia requeridas para este proyecto, en el cual se tendría en cuenta la recuperación de la inversión realizada en el menor tiempo posible.

De ser viable este proyecto se podría suplir una necesidad básica principalmente en las zonas donde no se encuentre la infraestructura necesaria para hacer llegar energía eléctrica a los hogares y de esta manera se mejoraría la calidad de vida de los habitantes que residen en estos sitios.

Para conservar los alimentos, toda vivienda debe tener una nevera como condición mínima a un balance alimenticio razonable y digno. El proyecto busca esencialmente hacer una valoración del nivel energético que demandan las neveras dentro de los hogares colombianos analizando y midiendo neveras de diferente tamaño. Este estudio permitirá a diseñadores de sistemas fotovoltaicos tener un criterio más acertado sobre el consumo porcentual que representan las neveras dentro de toda la carga eléctrica de los hogares.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de refrigeración de bajo costo por medio de energías alternativas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el estado del arte en relación a refrigeración por energías alternativas analizando y estableciendo las mejores opciones a bajo costo.
- Realizar un análisis de los sistemas termodinámicos presentes en los equipos de refrigerante.
- Seleccionar la mejor alternativa con base a costos, posibilidades y mercado de equipos.

1. GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES ELÉTRICAS

1.1.1 Ley de Ohm. La Ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán George Simón Ohm, Esta ley relaciona los tres componentes fundamentales en un circuito eléctrico y que influyen en una corriente eléctrica, como son la intensidad (I), la diferencia de potencial o tensión (V) y la resistencia (R) que ofrecen los materiales o conductores. La ley de ohm establece el flujo de corriente que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia de la carga que tiene conectada. Y se expresa matemáticamente en la siguiente fórmula o ecuación

$$I = V/R$$

Dónde:

I: Corriente que pasa a través del objeto (A).

V: Diferencia de potencial de las terminales del objeto (V).

R: Es la resistencia en ohmios (Ω).

La ley de Ohm dice que la resistencia en esta relación es constante.

Nota. “si se mantiene el valor de la resistencia constante, entonces la corriente es directamente proporcional al voltaje aplicado”, es decir que si el voltaje aumenta o disminuye, el amperaje de la corriente que circula por el circuito aumentará o disminuirá en la misma proporción; cuando la resistencia varia, el valor de la intensidad de corriente en amperio también varía de forma inversamente proporcional.

Para conocer el voltaje y la resistencia que circula por un material conductor, despejando la ecuación

$$V=I \times R$$

$$R=V/I$$

1.1.2 Potencia eléctrica. Cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica, es decir es el trabajo o transferencia de energía por unidad de tiempo.

Dicha potencia generada en un tiempo determinado por un dispositivo, es el resultado de la diferencia de potencial entre los terminales y la cantidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Por esta razón la potencia es proporcional a la corriente y a la tensión y se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$P = V \times I$$

Dónde:

P: La Potencia, Watt o Kilowatt (W)

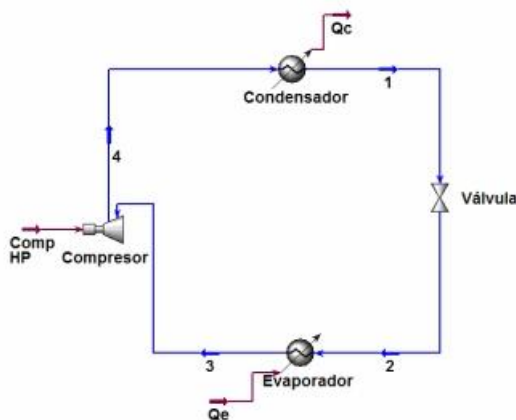
V: Tensión en el circuito, Voltaje (V)

I: Corriente que pasa a través del dispositivo, Amperio (A)

1.2 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN NEVERAS

En un ciclo básico de refrigeración (ver figura 1) podemos encontrar un condensador, una válvula de Joule-Thompson, un evaporador y un compresor, además del medio refrigerante. En el ciclo de refrigeración mostrado podemos ver que la corriente "1" contiene propano líquido saturado y se expande isoentálpicamente en la válvula. La mezcla líquido-vapor en la corriente "2" es vaporizada completamente y, a su vez, dicho vapor es comprimido y condensado para regenerar la corriente "1" en estado de líquido saturado (ver figura 1).

Figura 1. Ciclo básico de refrigeración



Fuente: http://www.galeon.com/mcoronado/PRACTICAS_I/05Practica5.pdf

Antecedentes. En el Instituto Tecnológico de Santo Domingo se hizo un prototipo a pequeña escala de una nevera solar haciendo uso de energías no convencionales como lo es la posibilidad de desarrollo de un ciclo de adsorción de metanol sobre carbón activado (ver figura 2). Este ciclo permite utilizar como fuente de energía un colector solar del tipo plano ya que son suficientes las temperaturas alcanzadas en el (típicamente 100°C). Si se quisiera utilizar otro ciclo donde la temperatura de la fuente tuviera que ser mayor será necesaria la utilización de colectores más sofisticados (concentradores) lo que aumentaría el costo de la producción de una nevera de este tipo

Esta nevera consiste en un colector solar plano donde se aloja una masa de carbón activado que eleva su temperatura durante las horas de insolación.

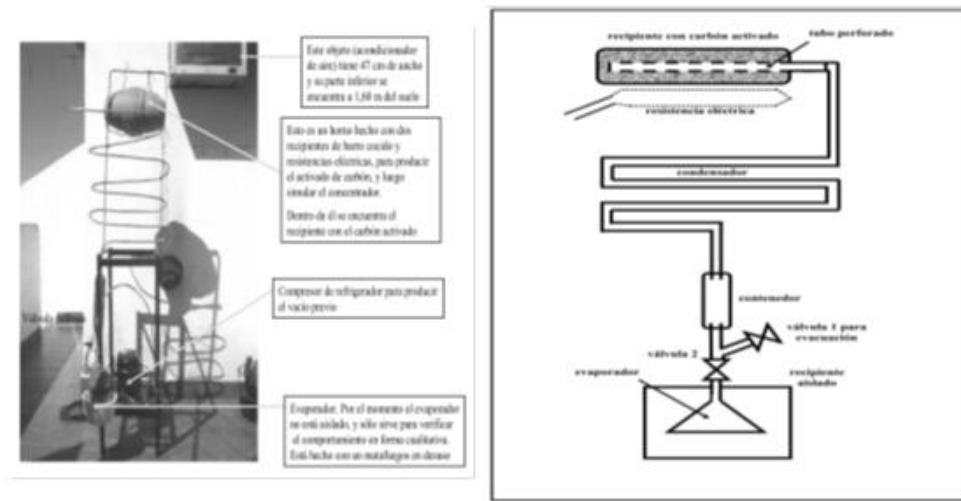
Al aumentar su temperatura el carbón activado expulsa una cantidad de metanol que se encuentra adsorbido en el que pasa en estado gaseoso a un condensador en el que pasa a un estado líquido liberando el calor de condensación lentamente al medio ambiente. A su vez el metanol líquido pasa a un recipiente que lo contiene hasta que se completa el ciclo de desorción. En ese momento se abre una válvula que permite el paso del metanol al evaporador que se encuentra en una cámara térmicamente aislada del medio ambiente (cámara fría).

Cuando el carbón activado baja su temperatura (horas sin sol) comienza a adsorber los vapores de metanol presentes en el sistema, bajando su presión y provocando la evaporación del metanol líquido que se encuentra en el evaporador.

El calor latente de la evaporación del metanol es el responsable de la extracción de calor de la cámara fría.

En la universidad pontificia bolivariano se realizó una caracterización del proceso termodinámico involucrado en el ciclo de refrigeración de una nevera de absorción domestica haciendo mediciones a diferentes condiciones de operación con el fin de ofrecer un buen parámetro de diseño para elegir un colector solar que garantice la cantidad de calor suficiente y los niveles de temperatura adecuada para su operación. El trabajo hace parte de un programa de investigación el cual trata de diseñar, probar y sacar al mercado un producto que permita una interface directa (eliminando y/o reduciendo al máximo el uso de baterías). Entre un sistema de generación de energía con base en fuentes renovables (solar -eólica).

Figura 2. Prototipo a pequeña escala de una nevera solar y su esquema de funcionamiento

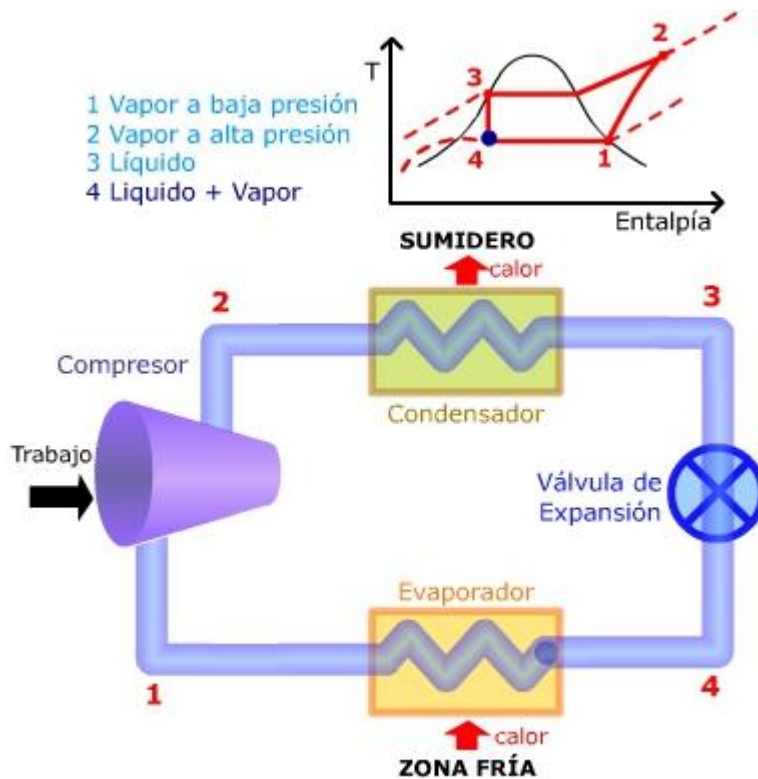


Fuente: Ciencia y sociedad vol. XXXIII, número 2, 2008, 237-245

1.2.1 Refrigeración por compresión. Este sistema es utilizado en las neveras hogareñas y en la mayoría de instalaciones industriales de producción de frío (ver figura 3). El mismo se basa en la producción de frío a partir de la compresión de un gas hasta licuarlo eliminando el calor que se produce por medio de un radiador. Luego de esto, el líquido obtenido se evapora en una cámara térmicamente aislada del ambiente, con lo que se obtiene el frío de dicha cámara.

Los gases más usados para este tipo de equipos son los clorofluorocarbonos conocidos como CFC, y tienen consecuencias graves en la disminución de la capa de ozono. En algunas instalaciones industriales se utiliza el amoníaco, tiene consecuencias directas sobre la salud a pesar de no tenerlas con la capa de ozono, con lo que la explotación de este tipo de tecnología requiere de controles estrictos, en la actualidad se trabaja con el refrigerante 134a que no perjudica tanto al medio ambiente.

Figura 3.Refrigeración por compresión



Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/Eure/6/inicio.html>

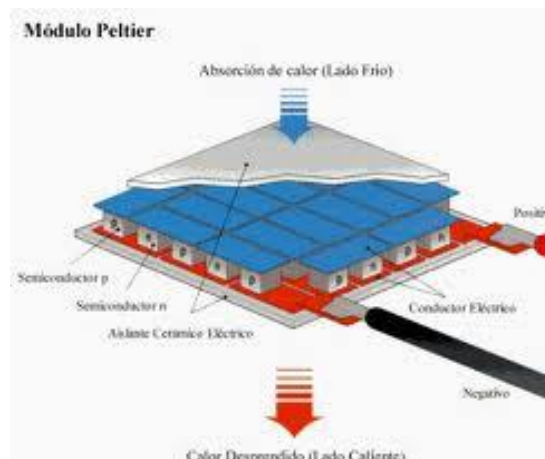
1.2.2 Efecto Peltier. Este efecto fue descubierto por J. Peltier en el siglo XIX y consiste en el paso de corriente eléctrica a través de dos metales distintos es capaz de enfriar la juntura si se si circula en el sentido correcto (ver figura 4). Este efecto suele ser enmascarado por el efecto joule, que calienta la juntura. Sin embargo, eligiendo en forma correcta el par de metales utilizados, como también el dimensionamiento del dispositivo, es posible lograr frío en forma directa a partir del pasaje de una corriente.

Actualmente existen refrigeradores de este tipo (llamados refrigeradores termoeléctricos) en los que no se utiliza una juntura de dos metales, sino elemento de estado sólido. Dichos refrigeradores presentan un rendimiento mucho menor que los refrigeradores de compresión estándar (los de uso doméstico). Sin embargo, cuando se trata de producir frío en un pequeño volumen (por ejemplo en dispositivos electrónicos como una CCD de bajo ruido) el rendimiento de los refrigeradores convencionales cae drásticamente y resulta mucho más conveniente el uso de los termoeléctricos, inclusive existen pequeñas unidades para conservar el frío de las bebidas y comestibles para un día de camping

conectando la unidad al encendedor de un carro. Un inconveniente es que cuando se interrumpe el paso de corriente eléctrica, la zona del refrigerador que era muy eficiente para hacer pasar el calor desde el interior del refrigerador hacia el medio ambiente para hacer pasar el calor desde el interior del refrigerador hacia el medio ambiente se convierte en una zona de grandes pérdidas de frío logrado. De este modo, frente a una interrupción del suministro de energía eléctrica, la temperatura del interior sube rápidamente hasta llegar a la del ambiente. Las principales ventajas se encuentran en su pequeño tamaño son silenciosas ya que no poseen partes móviles y su relativamente larga vida útil. Además no contienen líquidos ni gases como medios refrigerantes, lo que las hace inocuas para el medio ambiente (si no se piensa en que es necesario producir energía eléctrica con la que se la debe alimentar).

Por otro lado la utilización de estos dispositivos utilizando energía solar implica la utilización de celdas fotovoltaicas, así como los componentes de estado sólido que extraen el calor.

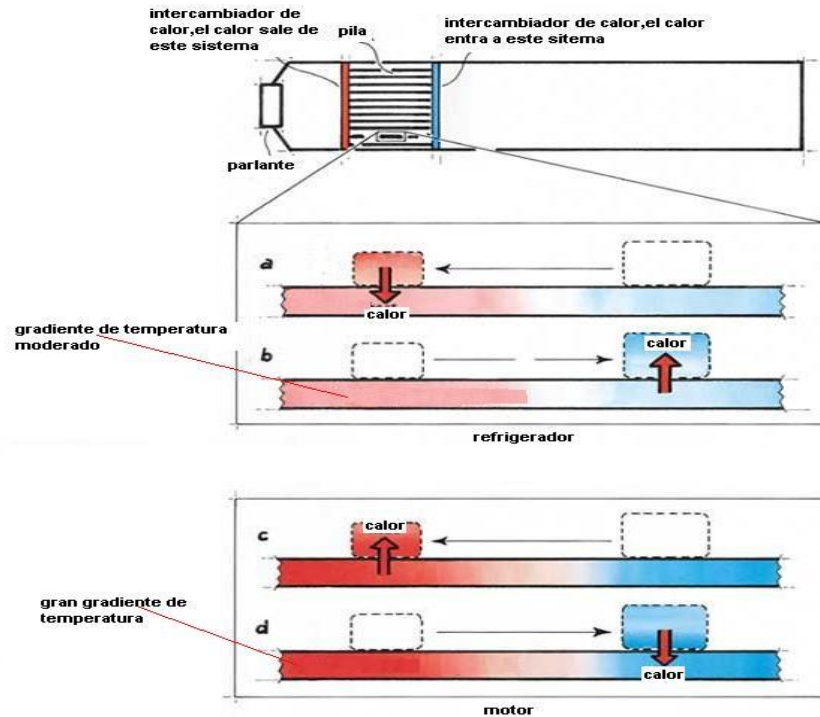
Figura 4.Efecto Peltier



Fuente: <http://ohmios.es/2013/05/01/efecto-peltier/>

1.2.3 Refrigeración termo acústica. Los dispositivos de este tipo son básicamente, un tubo metálico hueco cerrado en un extremo. En el otro extremo se encuentra un diafragma vibrante que produce la onda sonora sobre el gas encerrado en el tubo. Las fluctuaciones de presión en la cavidad son acompañadas de fluctuaciones de temperatura y de esta forma el calor es transportado desde el extremos cerrado del tubo hacia las cercanías del diafragma, donde se encuentra una pieza de material poroso que recibe el calor y lo expulsa al medio ambiente (ver figura 5). Este tipo de dispositivo se encuentra aún en una etapa experimental.

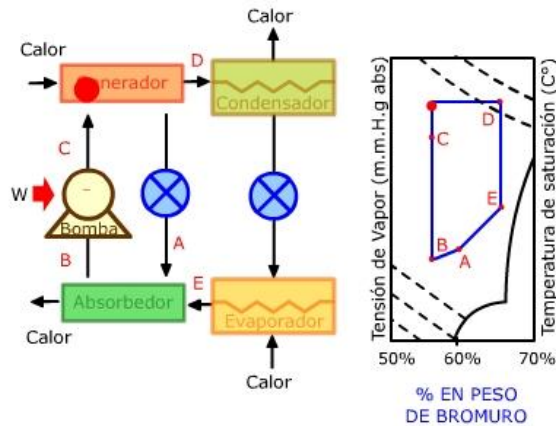
Figura 5.Refrigeración termo acústica



Fuente: Eduardo Ghershman 26.7.2002

1.2.4 Refrigeración por absorción.El sistema de refrigeración por absorción (ver figura 6) consiste en ciclos donde una sustancia es disuelta en otra y la cantidad de sustancia disuelta cambia por la aplicación de calor a la mezcla. Luego de esto, la sustancia que se evapora de la mezcla es re absorbida por la misma, momento en que se produce la refrigeración (ver figura 6).

Figura 6.Refrigeración por absorción



Fuente: e-ure: sistemas de refrigeración y aire acondicionado

El primer sistema fue desarrollado por John Leslie utilizando el par ácido sulfúrico-agua, donde el ácido sulfúrico reabsorbía el agua y esta, por evaporación, enfriaba un recipiente. Más tarde, en 1859, Ferdinandcarre desarrolla una máquina refrigeradora que utilizaba el par amoniaco-agua, donde el enfriado se produce por la evaporación del amoniaco. Actualmente los pares más usados para la refrigeración por absorción son el amoniaco-agua y agua- bromuro de litio. El primero de ellos tiene la ventaja de que se puede usar por debajo del punto de congelación del agua porque el refrigerante es el amoniaco, mientras que para el segundo par, el refrigerante es el agua, con lo que es difícil conseguir temperaturas cercanas al 0.

Durante los primeros años del siglo XX leo szilard patento un ciclo refrigerante que utiliza el par amoniaco agua más gas adicional, el hidrogeno, para producir evaporación del amoniaco por caída de su presión parcial, mientras que Einstein patento a su vez, un ciclo de amoniaco agua, butano. Mientras que en el ciclo de szilard, el refrigerante es el amoniaco, en el de Einstein, el refrigerante es el butano. Recién en la década de los 90 se realizó una prueba experimental del funcionamiento del ciclo de Einstein mientras que las neveras de szilard han funcionado desde hace muchos años con pleno éxito, siendo estas las que producen el frio quemando gas butano o queroseno en las zonas rurales donde no existe la energía eléctrica. Este tipo de tecnología se encuentra bien desarrollada pero necesita una fuente caliente de alta temperatura para que su rendimiento sea aceptable. Esto llevaría a utilizar concentradores solares si se pretende utilizar al sol como fuente de energía , lo que lleva a altos costos de producción y mantenimiento de los equipos para el amoniaco en caso del bromuro

de litio la fuente no necesita temperaturas tan elevadas como para utilizar concentradores , pero el precio se eleva por el costo del bromuro

La refrigeración de este tipo se basa en los procesos de adsorción y desorción de una materia en estado gaseoso sobre un cuerpo sólido.

El proceso de adsorción, el gas es atrapado por la superficie del cuerpo solido liberando una cierta cantidad de energía en forma de calor el proceso de desorción es por el contrario, la liberación del gas atrapado por el sólido, cuando a este se le entrega calor.

Si bien estos fenómenos se aplican desde hace muchísimo tiempo en la técnica de procesos industriales, en el campo de la refrigeración se aplicaron en los años veinte y treinta del siglo XX pero fueron desplazados rápidamente por la aplicación de los CFC a las maquinas que funcionan con un ciclo de compresión . Una de las razones más notables para que esto ocurriera, es el carácter intermitente de su funcionamiento, ya que se produce frio solo en la etapa de adsorción. Sin embargo, a partir de la década del 70, con la crisis energética mundial sumada a los problemas ambientales suscitados por los CFC, comienza a despertarse un nuevo interés en el desarrollo de este tipo de refrigeración.

1.3 Energías renovables

Son aquellas que la posibilidad de utilización es prácticamente ilimitadas, se encuentran de forma potencial en la naturaleza, estas energías renovables tiene un impacto ambiental menos que las energías no renovables ya que estas afecta el planeta con el cambio climático ya que implican la libración de dióxido de carbono.

1.3.1 Energía eólica.Esta energía es obtenida de la fuerza que genera el viento, se obtiene mediante unas turbinas eólicas que convierten la energía cinemática del viento en energía eléctrica por medio de aspas o hélices.

1.3.2 Energía marina.El movimiento de los océanos crea una gran cantidad de energía cinética que puede ser aprovechada para generar electricidad para poner en funcionamiento redes eléctricas o inclusive el transporte.

1.3.3 Energía geotérmica.El interior de la tierra se encuentra a temperaturas muy elevadas y el agua que se encuentra cercana a su alrededor almacena este calor y asciende a la superficie presentando manifestaciones como lo son los geiseres o las fuentes termales. En la actualidad los avances tecnológicos permiten explorar más sobre esta fuente de energía que aun esta en desarrollo.

1.3.4 Energía Solar. Es una energía renovable proveniente de la radiación electromagnética que llega desde el sol, ha sido aprovechada por el hombre desde hace siglos, pero no en su totalidad debido al enfoque que se le ha dado a otras fuentes de energía, pero en la actualidad dada la gran demanda energética han aparecido avances tecnológicos para el aprovechamiento de esta como lo son células fotovoltaicas, heliostatos o colectores térmicos para obtener energía eléctrica o térmica.

Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en activas o pasivas según como capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar energía. La pasiva consiste más en la arquitectura bioclimática como lo es la construcción de los edificios orientados al sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz.

Panel solar. Es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica (ver figura 7).

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente

Inversor. Convierte la corriente continua del sistema en corriente alterna, alimentan los aparatos que trabajan a corriente alterna.

Regulador de carga. Nexos de unión entre el panel y el elemento de consumo eléctrico al igual que protege a los acumuladores de una sobrecarga, proporciona a su salida la tensión continua para su instalación y por último fija la tensión nominal a la cual trabaja la instalación.

La energía solar es la energía obtenida a partir de la radiación del sol producida por las reacciones nucleares de fusión o pérdidas de masa. Es una energía limpia o renovable. Puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas o paneles solares heliostatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica, utilizándola para obtener calefacción, agua caliente, cocinar alimentos en cuanto al consumo doméstico pero también se puede aprovechar en procesos industriales, ejemplo una máquina de refrigeración por absorción

Figura 7.Panel solar



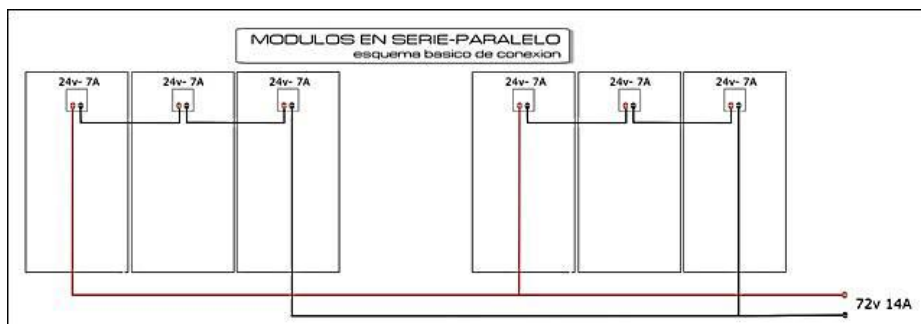
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar

Los sistemas fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado son:

Módulos fotovoltaicos. Son los encargados de la generación eléctrica (ver figura 7), se encuentran en distintos tipos de presentación entre los más comunes son paneles mono cristalinos y poli cristalinos con uniones en serie de sus células rondan los 12-18 voltios para uniones de 36 células, y los 24-34 células voltios para uniones de 72 células.

Posición de los paneles. Diseñados para poder formar una estructura modular, es decir para poder conectar varias unidades en un sistema; por lo tanto podemos combinarlos en serie, paralelo o forma mixta (ver figura 8).

Figura 8.Modulo en serie-paralelo

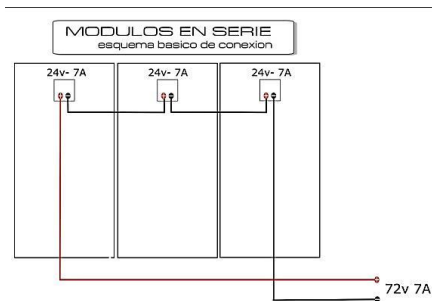


Fuente: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares>

La mayoría de paneles suelen ser de 12 o 24 voltios y las tensiones más habituales de trabajo son 12 V, 48 V y 48 V aunque hay aplicaciones que necesitan diferente tensión están son las más comunes en las instalaciones aisladas de la red.

Conexión en serie. En la conexión en serie (ver figura 9) sumamos el voltaje y mantenemos fija la intensidad, es decir 3 paneles de 24v nos daría una tensión de 72 V basados en la figura 9 con una intensidad de corriente de 7A.

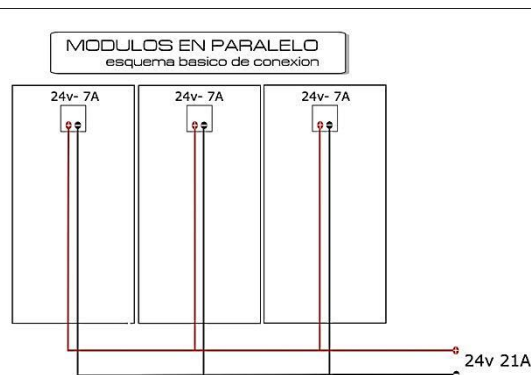
Figura 9.Modulo en serie



Fuente: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares/>

Conexión en paralelo. En una conexión en paralelo (ver figura 10) se mantiene fijo el voltaje y sumamos la intensidad; siguiendo con el ejemplo anterior si tenemos 3 paneles de 24v la suma sigue siendo 24 pero la intensidad sería 21A aproximadamente.

Figura 10.Módulo en paralelo



Fuente: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares/>

Células fotovoltaicas (características básicas). Se caracteriza por convertir directamente los fotones provenientes de la luz solar en energía eléctrica y su funcionamiento de basa en el efecto fotovoltaico.

Estas células pueden ser de silicio mono cristalinas con un rendimiento de 15-18% y se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro; silicio poli cristalino con un rendimiento directo del 12-14% se obtiene igual que el anterior pero se disminuyen las fases de cristalización su superficie está estructurada en cristales y tiene varios tonos de azules y silicio amorfo con una eficiencia menor al 10% tiene un color homogéneo (marrón) pero no existe conexión visible entre las células, tienen la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

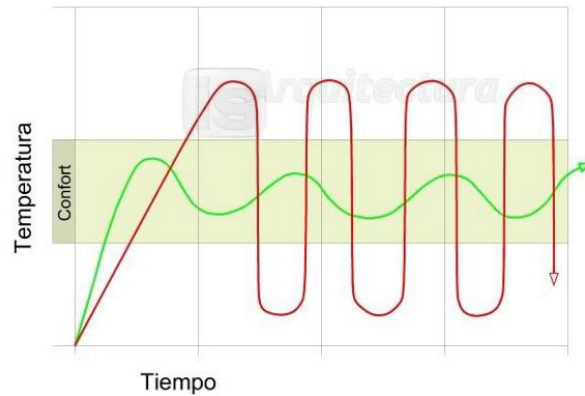
Batería. Brinda energía en los momentos donde la luminosidad no es suficiente, acumula energía para la instalación y solo está presente en instalaciones autónomas.

Tecnología invertir. Un invertir sirve para regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un aparato, es un circuito de conversión de energía.

Un sistema de climatización tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura (24°C), lo hará repitiendo continuamente ciclos de encendido/apagado, mientras un Inverter llevara más rápidamente la habitación a la citada temperatura sin necesitar realizar esos ciclos.

El grafico siguiente, la línea roja representa la temperatura en esa habitación empleando un sistema tradicional, y la verde la de uno con Inverter.

Figura 11.Tecnología inverter



Fuente: <http://blog.is-arquitectura.es/2007/06/08/aire-acondicionado-con-tecnologia-inverter/>

En el área sombreada están las temperaturas de confort, podrían ser 24.2°C-23.7°C..., en esa área se moverá un equipo inverter. De este modo no se notaran las típicas fluctuaciones de los sistemas convencionales. Con esta tecnología se puede ahorrar desde un 25% hasta un 50%, dependiendo de su uso. Es una tecnología que está tomando fuerza en la actualidad pero aun esta con unos costos un poco elevado debido a la falta de mercado.

2. ESTUDIO DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS DISTINTOS REFRIGERADORES

En el proyecto se medirá el consumo energético que demandan neveras de distintas capacidades. Para llevar a cabo esto se utilizara un sistema de adquisición de datos ADQ, con el cual podremos analizar las distintas variables que influyen en el consumo debido a sus cambios de fase, y de esta manera poder concluir si es viable este proyecto, dando a conocer el valor de la inversión y el tiempo en el cual se podrá recuperar esta.

Para realizar esta medición fue indispensable emplear conceptos de instrumentación y control haciendo el montaje en labview, para el cual se realizaron siguientes etapas:

2.1 montaje para la medición del consumo energético

2.1.1 fenómeno físico.En esta etapa identificamos lo que se pretendía medir y a que se le pretendía medir, El proceso seleccionado era el de refrigeración por compresión y se pretendía medir la temperatura y la corriente.

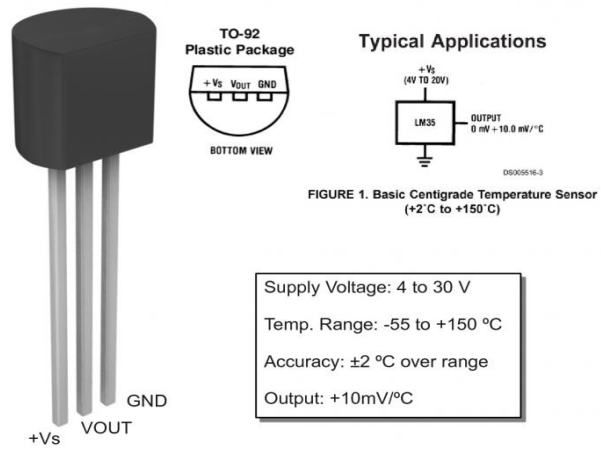
2.1.2 Etapa Detectora.En este punto se identificó el medio por el cual realizaríamos la medición

La elección tomada fueron los sensores LM35 (ver figura 12) para la medición de temperatura y ACS712 (ver figura 13) para la medición de la corriente.

Para la elección debíamos definir los rangos en los cuales estaba aproximadamente las mediciones que íbamos a tomar y con base en esto seleccionar los sensores que funcionaban eficientemente en estos rangos, en el caso de la temperatura el rango estaba entre -10°C y 30°C y el sensor LM35 trabaja entre -45°C y 150°C .

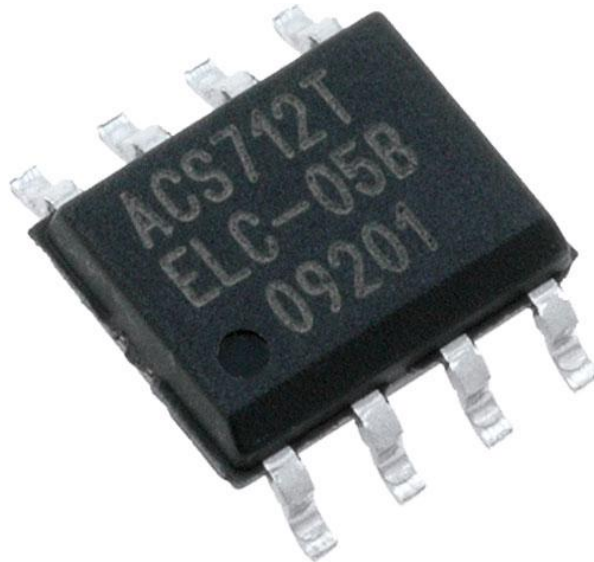
En el caso de la corriente pretendíamos medir entre -10A Y 10A y el sensor ACS712 trabaja entre -20A y 20A .

Figura 12.Sensor LM35



Fuente: <http://saber.patagoniatec.com/>

Figura 13.Sensor ACS712

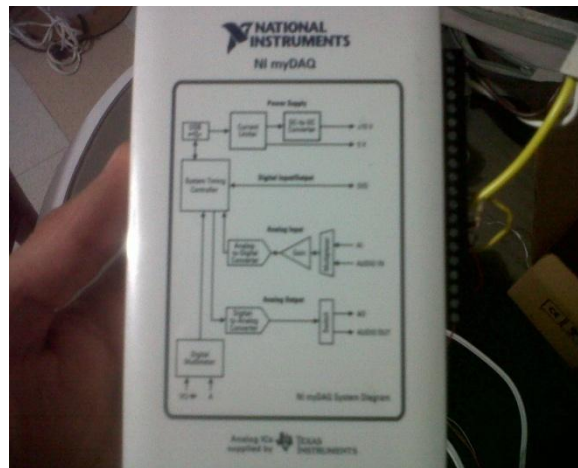


Fuente: www.tme.eu

2.1.3 Sistema de adquisición de datos (ADQ assitant data). Por medio de este sistema de adquisición de datos se pudo en conjunto con los dos sensores mencionados anteriormente y el programa labview tomar una medida segundo a segundo el consumo de las diferentes neveras las cuales arrojaron unas gráficas y estas fueron indispensables para el análisis y la selección del panel más adecuado para suplir la energía eléctrica suministrada por la red.

NI MyDAQ es una tarjeta de adquisición de datos portátil de bajo costo (DAQ) este Dispositivo utiliza la plataforma NI LabVIEW basado en los instrumentos de software, permitiendo a los estudiantes medir y analizar las señales del mundo real. NI MyDAQ es ideal para explorar electrónica y tomar medidas de sensores, Combinado con NI LabVIEW en el PC, los estudiantes pueden analizar y procesar las señales adquiridas y mantener control de procesos sencillos en cualquier momento y lugar véase (ver figura 14).

Figura 14. Sistema de adquisición de datos (ADQ)



Fuente: Autor

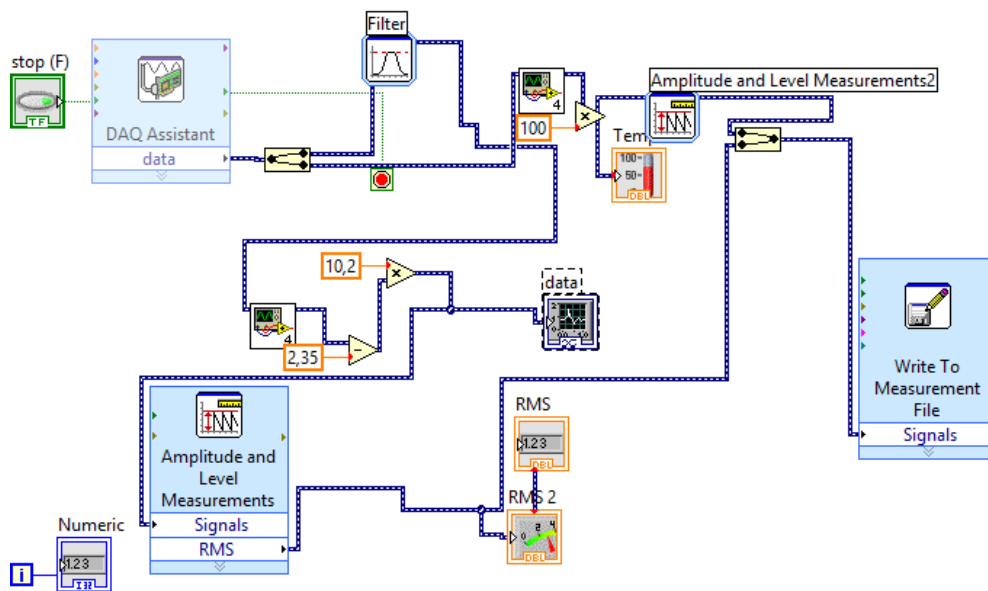
2.2. Toma de datos

Para la selección de un sistema fotovoltaico para una nevera que funciona con un sistema de refrigeración por compresión es necesario saber el consumo de este compresor en el día para hacer un estimado de cuantos paneles puede llegar a necesitar el sistema para remplazar en su totalidad la energía proporcionada por la red eléctrica. Para esto fue necesario un sensor para medir el consumo eléctrico (ACS712) y adicionalmente un sensor LM35 para la medición de temperatura un factor de vital importancia a la hora del análisis de que tan eficiente esta siendo el proceso de refrigeración, para la toma de los datos proporcionados por los

sensores se utilizó una ADQ como enlace y por medio del programa labview se calibran los sensores y se monta el esquema para que el programa arroje los datos deseados en una tabla de Excel de la siguiente manera.

Al abrir el programa labview (ver figura 15) nos vamos al diagrama de bloques ubicada en la parte derecha le damos clic derecho input, DAQ assistant, acequiare (anologgenerate), voltaje véase, hardware (my ADQ), dos canales a10, a11, modo continuo, simple rate :1000; samples: 1000 y finalmente tenemos el esquema con el que vamos a trabajar (ver figura 15), como podemos apreciar el diagrama de bloques nos muestra la tarjeta de adquisición de datos con los dos canales para cada uno de los sensores configurados de manera que nos puedan arrojar un dato por segundo acerca de la temperatura y el cambio de corriente mientras el electrodoméstico se encuentra en funcionamiento.

Figura 15.Diagrama de bloques



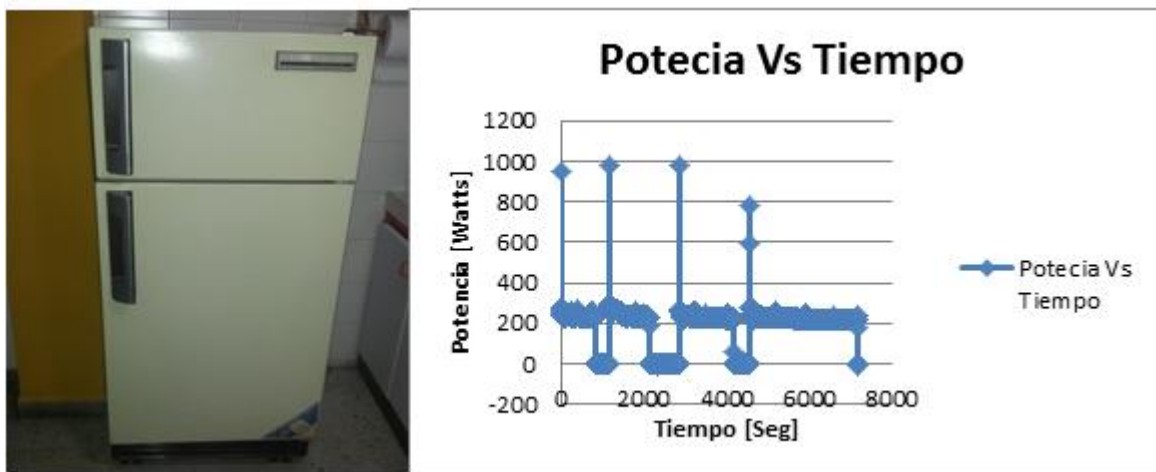
Fuente: programa labview

A continuación se pone a correr el programa labview y este empieza a arrojar los valores tanto de temperatura como de corriente segundo a segundo el mismo proceso es realizado en neveras de diferentes dimensiones para tener varios puntos de referencia a la hora de la elección del panel.

2.3 Tipos de neveras a medir.

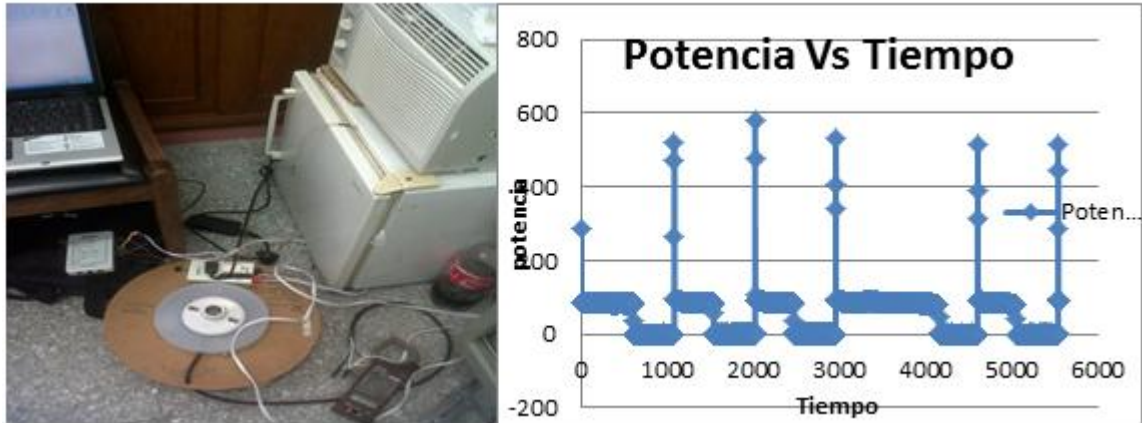
Para la recolección de datos fue necesario utilizar diferente tipos de neveras en cuales se mediría su consumo diario para saber qué tanta energía debía suplir el sistema fotovoltaico y calcular el costo de adaptación y el tiempo estimado para recuperar la inversión. Al conocer los resultados se profundizo el análisis en la nevera de mayor consumo (ver figura 16), y la de menor consumo (ver figura 17). La nevera de mayor consumo es una nevera convencional de 10 ft a la cual se le recolectaron datos por un tiempo de 2 horas una frecuencia de toma de datos de 1 segundo, la nevera de menor consumo es tipo camping y fue preciso recolectar datos por un tiempo de 1 hora y 30 minutos con una frecuencia de toma de datos de 1 segundo, se visualizó que el tiempo de la recolección de datos fue satisfactoria ya que las neveras tenían un comportamiento similar, la única variable que se noto era que el consumo energético era diferente en cada nevera.

Figura 16.Nevera convencional 10 ft



Fuente: Autor

Figura 17. Nevera camping (nevera camping 5 ft aprox)



Fuente: Autor

El programa arrojó las gráficas observadas véase (figura 16 y figura 17), los picos hacen referencia al instante en que enciende el compresor como la gráfica muestra después se estabiliza y mantiene encendido hasta bajar la temperatura al nivel deseado y vuelve a apagarse haciendo un ciclo continuo.

Después de obtener los datos en el computador en el programa de labview, se procede analizar los datos en Excel para obtener la potencia eléctrica del sistema en el día que es la que se quiere conocer para luego analizar el panel fotovoltaico.

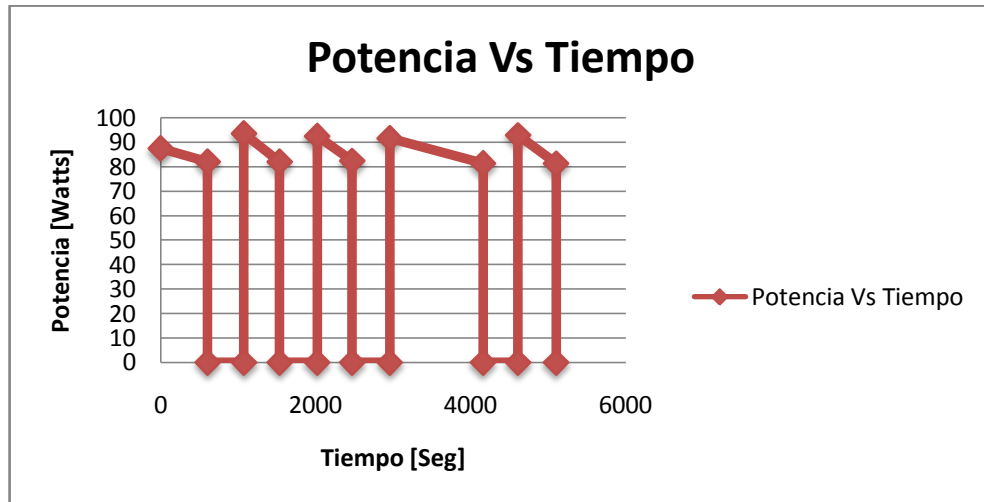
Los cálculos que entrega labview son corriente eléctrica cada segundo para calcular la potencia eléctrica se debe conocer con anterioridad el voltaje que tiene la red gracias a la ley de watt donde dice que la potencia eléctrica es directamente proporcional al voltaje de un circuito y la intensidad (corriente) que circula por él. $P=V*I$ así se obtiene la potencia por cada segundo, luego se grafica potencia versus tiempo y con esta graficas se puede analizar varias cosas como son los ciclos por los que pasa la nevera, pero lo que más nos interesa estudiar de la gráfica es la potencia/hora; para obtener este dato se debe conocer el área bajo la curva de la gráfica. Luego de obtener este dato se tienen varias formas de calcular el número de paneles fotovoltaicos que se deben poner en el sistema para que la nevera tenga un buen funcionamiento.

3. Diseño de un sistema fotovoltaico para la nevera tipo camping fig 17

- Con la gráfica mencionada anteriormente se calculó (watio*hora)/día que consume la nevera observando los datos arrojados segundo a segundo se calculó el consumo día teniendo en cuenta el coeficiente de pérdidas se asume que es de un 90 %.
- Para poder tener la energía total con pérdidas se debe sacar la energía total del inversor de la siguiente manera: energía total entregada por el grafico dividido por la eficiencia del inversor que se asume del 90%.
- Con la energía del inversor lo multiplicamos por 1 más perdidas (pérdidas totales del sistema que oscilan entre el 10-20%).
- Ahora con todas las variantes mencionadas anteriormente debemos pasar la energía a amperio/hora para pasarlo debemos tener en cuenta el voltaje del panel que se asume que son 12 voltios.
- Luego elegimos la corriente pico que es el (amperio*hora/horas pico solares que se asumen).
- Luego se calcula el número de paneles en paralelo con la corriente pico requerida/ corriente del panel en el punto de mejor operación y el número de paneles en serie seria voltaje del sistema/ voltaje nominal del panel (12voltios).
- Para el regulador debe ser mayor a la corriente de los paneles en los puntos de mejor operación* por el número de paneles en paralelo.
- Para el inversor la potencia debe ser mayor a la potencia de toda la carga.

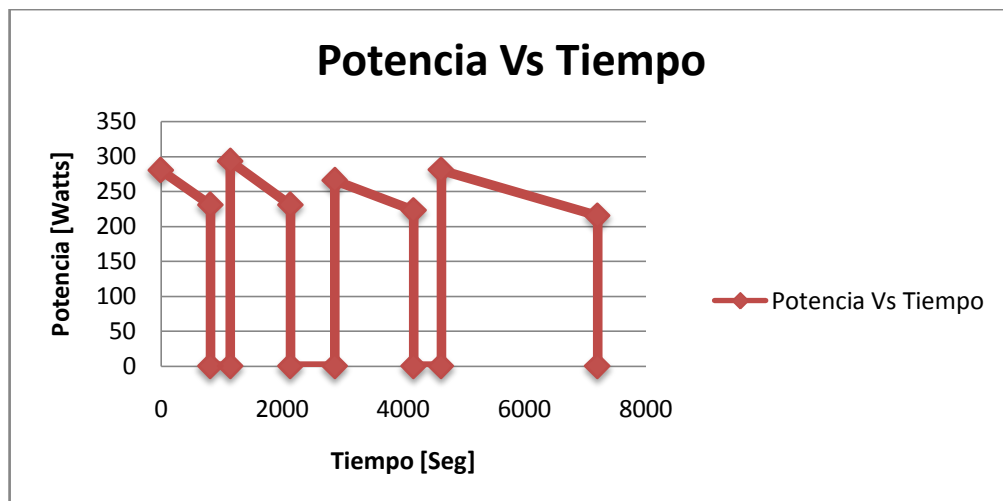
A continuación se muestran los datos arrojados por Excel véase figura 18 y 19 después de hacer una tabla dinámica con los pasos mencionados anteriormente:

Figura 18.Nevera camping 5 ft área bajo la curva



Fuente: Autor

Figura 19.Nevera convencional 10 ft área bajo la curva



Fuente: Autor

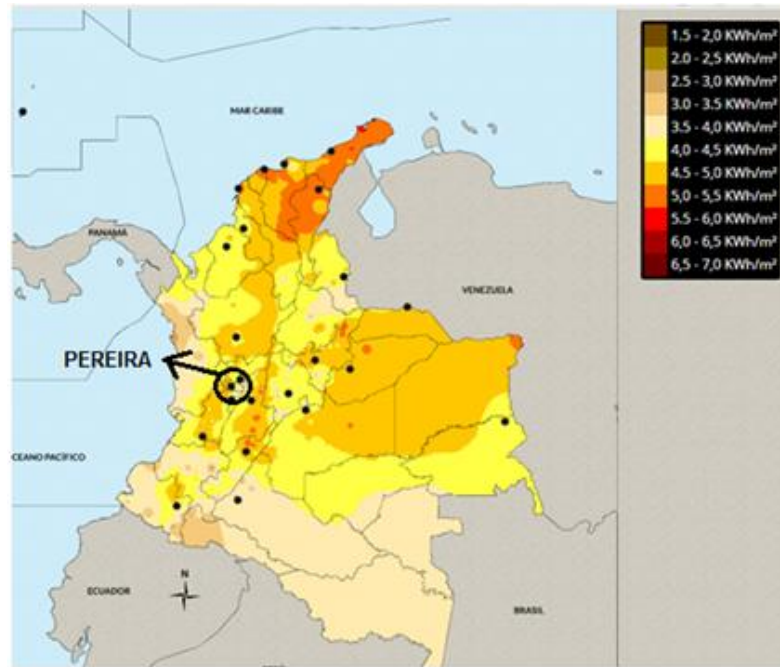
3.1 CALCULO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA LAS NEVERAS

Antes de iniciar el cálculo de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico con los datos obtenidos con la prueba, y así garantizar que trabaje de una forma eficiente, se debe conocer de qué se tratan las “horas de sol pico” [HPS], que se puede definir como el número de horas que se tienen a disposición una irradiancia solar de 1000 W/m² que pueden variar por los cambios climáticos de la tierra, con esto se puede decir que una hora solar pico [HPS] equivale a 1 kW/m² o que se puede convertir en 3.6 MJ/m². En otras palabras la irradiancia es la manera en que se contabiliza la energía de sol en forma de conjuntos, donde cada “conjunto” de una 1 recibe 1000 watts/m².

Ahora para proceder a calcular el valor de las HPS se debe conocer el valor de la irradiación incidente (véase figura 20) y este dividirlo entre el valor de la potencia irradiancia en condiciones estándar de medida (STC). Porque en estas condiciones es donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Este valor de la irradiancia en condiciones estándar de medida es de 1000 watts/m². Entonces se puede decir que al obtener el nivel de irradiación de un punto específico del planeta podemos conocer las HPS.

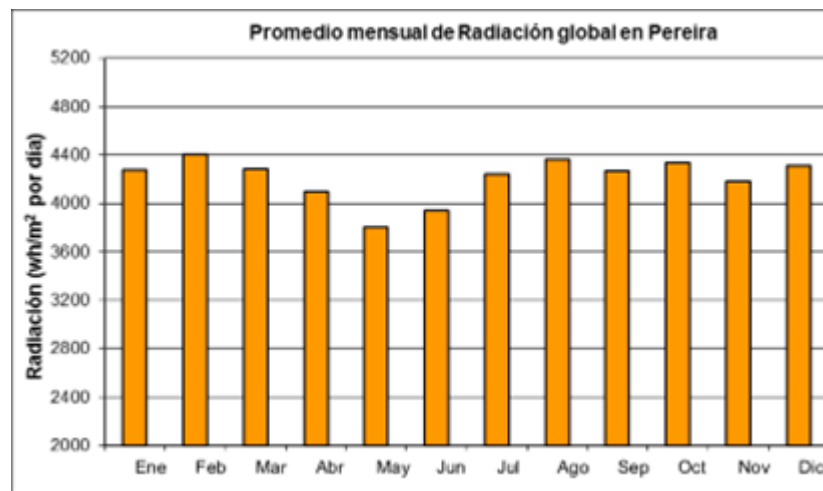
La figura 20 muestra el nivel de irradiación de diferentes ciudades de Colombia para nuestro caso en particular se necesita el nivel de irradiación en la ciudad de Pereira, donde nos indica que el nivel se encuentra entre 4,0 y 4,5 kWh/m². Para tener un nivel promedio más preciso nos vamos a la figura 20 donde nos muestra el nivel de irradiación de cada mes del año donde se calculó el nivel promedio de radiación de todo el año y ese resultado es el que se va a utilizar para continuar con el cálculo de sistema fotovoltaico.

Figura 20. Niveles de irradiación en diferentes zonas del país



Fuente: <http://visor.ideam.gov.co:8530/geovisor/#!/profiles/3>

Figura 21. Promedio mensual de radiación global en Pereira



Fuente: <http://visor.ideam.gov.co:8530/geovisor/#!/profiles/3>

Tabla 1. Promedio horas pico solares Pereira

MESES DEL AÑO	RADIACIÓN (Wh/m ²) por día
Enero	4280
Febrero	4400
Marzo	4300
Abril	4100
Mayo	3800
Junio	3920
Julio	4240
Agosto	4360
Septiembre	4280
Octubre	4320
Noviembre	4200
Diciembre	4300
Promedio al año	4208

Fuente: Autor

En la tabla 1 se identifican los niveles de radiación de cada mes en la ciudad de Pereira que al promediar da como resultado 4,208 kWh/m².

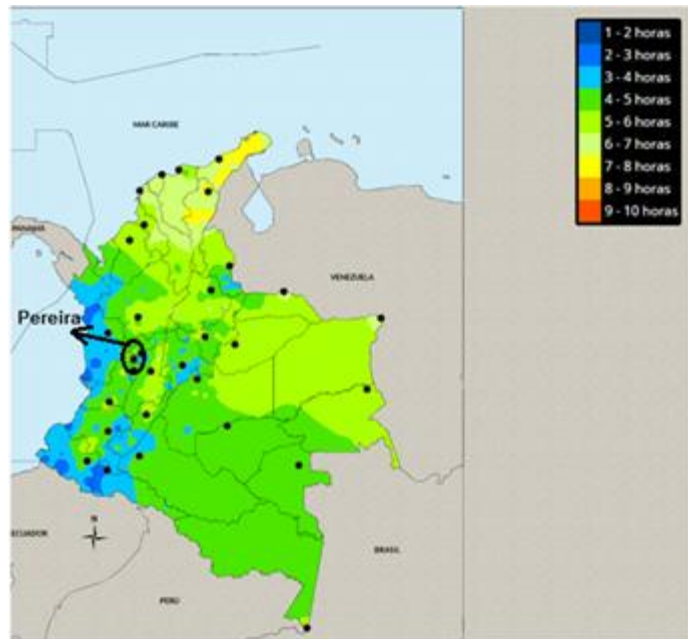
Ya con el valor de la radiación obtenida, se puede hallar las horas de sol pico [HPS]. Como se menciona anteriormente se divide el valor de la radiación por 1000 W/m².n

$$\frac{4.208 \text{ KWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 4.208 \text{ HPS}$$

Se debe tener en cuenta que este valor es el promedio de todo el año en la ciudad de Pereira y que estos valores de las horas solares pico pueden variar de acuerdo al clima.

Podemos ratificar este valor de las HPS en la figura 22 donde se puede identificar que está en el rango que nos proporciona las estadísticas del IDEAM.

Figura 22. Nivel de horas solar pico en diferentes zonas del país



Fuente: <http://visor.ideam.gov.co:8530/geovisor/#!/profiles/3>

Claramente se puede ver que los rangos que nos da el IDEAM están entre 4-5 HPS y el valor promedio en el año que se calculó.

En las pruebas realizadas a las neveras se obtuvieron los siguientes resultados.

Nevera 5ft (tipo camping)			
área bajo la curva (W*seg)	278176.33	Equivale (W*h)	77.27
Tiempo total de la prueba (seg)	5103	Equivale (h)	1h;24 min

Es de vital importancia conocer el consumo diario de la nevera y para esto es de tener en cuenta que el tiempo de la prueba equivale al 1,4 de las 24 horas totales del día, como los ciclos en que el compresor de la nevera prende y apaga son constantes se divide 24h sobre 1,4 este resultado y se multiplica por las veces del resultado de las pruebas.

$$\frac{24}{1.4} = 17.14 \times 77.27 = 1324.65 \text{ Wh /dia}$$

Resultados obtenidos con la nevera de 10 ft

Nevera 10 ft			
Área bajo la curva (W*seg)	1424523.92	Equivalente (W*h)	395.7
Tiempo total de la prueba (seg)	7200	Equivale (h)	2

De igual manera se calcula en la nevera de 5ft para determinar el consumo en el día en donde el tiempo de la prueba equivale a 2 de las 24 horas.

$$\frac{24}{2} = 12 \times 395.7 = 4748.41 \text{ Wh /dia}$$

3.1.1 Calculo panel solar. Ahora conociendo el consumo de energía de las dos neveras se procede a calcular la energía teniendo en cuentas las pérdidas del sistema, primero que todo se calcula la energía con la eficiencia del inversor que puede estar entre el 80 y 100% dependiendo el fabricante, hoy en día los inversores trabajan en un manera muy eficiente en este caso se tomara una eficiencia del 95% por lo tanto se aplica a la siguiente formula

Para la nevera de 5 ft

$$ET_{inv} = \frac{E}{E_{fic\ Inv}} = \frac{1324.65 \text{ Wh/dia}}{0.95} = 1394.37 \text{ Wh/dia}$$

Ahora para la nevera de 10 ft

$$ET_{inv} = \frac{E}{Efic\ Inv} = \frac{4748.41\ Wh/dia}{0.95} = 4998.32\ Wh/dia$$

Donde,

ET_{inv}: Energía con eficiencia de inversor

E: energía consumida por las neveras

EficInv: Eficiencia del inversor

Ahora se procede a calcular la energía teniendo en cuenta las pérdidas del sistema, estas pueden ser entre 10 a 20 % que pueden ser atribuibles al tipo cableado entre otros factures. En este caso se contempla una pérdida del 5% ya que el sistema fotovoltaico que se va a instalar es pequeño porque solo va alimentar una nevera, se debe recordar que entre más eficiente sea el sistema más costos se verán reducidos.

Nevera 5 ft

$$ET = ET_{inv}(1 + Perdidas) = 1394.37(1 + 0.05) = 1464.1\ Wh/dia$$

Nevera 10 ft

$$ET = ET_{inv}(1 + Perdidas) = 4998.32(1 + 0.05) = 5248.2\ Wh/dia$$

Con este se procede a calcular el número de paneles que se van a instalar por cada nevera, se debe mencionar que para este cálculo no se tiene en cuenta la corriente pico requerida ya que al utilizar un regulador de carga solar MPPT se garantiza que los paneles solares siempre trabajen en su punto de mayor operación y en un rango de trabajo más seguro.

Nevera 5 ft

$$Esistema = \frac{ET}{HPS} = \frac{1464.1 Wh}{4.208 HPS} = 347.9 W$$

Nevera 10 ft

$$Esistema = \frac{ET}{HPS} = \frac{5248.2Wh}{4.208 HPS} = 1247.2 W$$

Donde, ET: Energía total que requiere la nevera

HPS: horas pico solar donde anteriormente lo habíamos calculado

Ahora sabiendo la potencia con la cual debe trabajar para que funcione en óptimas condiciones el sistema se procede a contemplar la cantidad de paneles que se necesitan. Para esto se deben tener en cuenta las diferentes recomendaciones a la hora de escoger un panel.

El primer punto a tener en cuenta es el precio ya que se debe buscar un equilibrio entre el costo y la potencia requerida, razón por la cual se debe buscar un panel de bajo costo pero que pueda mantener el sistema funcionando en óptimas condiciones.

El segundo punto es el espacio ya que entre menos paneles sean utilizados más viable será y práctico será el proyecto, y el tercer punto es el tema de calidad ya que se debe encontrar un panel que nos brinde garantía a la hora de la ejecución del proyecto.

Por lo cual se procede a utilizar un catálogo de la empresa TECHNO SUN, ya que esta empresa tiene actualizados todos sus productos hasta la fecha con fichas técnicas, a continuación se podrán evidenciar los paneles escogidos teniendo en cuenta las recomendaciones ya dichas

Figura 23. Catalogo paneles TECHNOSUN

TECHNO SUN

Lista de precios P.V.P.

29/1/2016

GENERACIÓN DE ENERGÍA

SOL006	95W	Panel solar de 95W a 12v, policristalino (1043x660x45mm), modelo KD95SX-1P de KYOCERA	331,99€
SOL024	100W	Panel solar de 100w a 12v monocristalino (1005x668x35mm) de TECHNO SUN	114,05€
SOL023	150W	Panel solar de 150W a 12v monocristalino (1485x668x35mm) de TECHNO SUN	163,63€
SOL050	165W	Panel solar de 165W monocristalino - RED165-36M-165W (1482X680X35mm) full black - REDSOLAR	176,41€
SOL061	195W	Módulo 195W monocristalino - JKM195M-72 (1580x808x35mm) - JINKO	190,81€
SOL039	200W	Panel solar de 200W monocristalino (1580x808x35mm), modelo JKM200M-72 (EU) de JINKO	194,31€
SOL043	210W	Panel solar de 210W monocristalino (1580X808X35mm), modelo AS-5M de AMERISOLAR	236,90€
SOL007	235W	Panel solar de 235W monocristalino (1580x798x35mm), modelo HIT-N235SE10 de PANASONIC	646,93€
SOL020	240W	Panel solar de 240W policristalino c-Si (1660x990x60mm), modelo P60 EU30123 de BOSCH	262,60€
SOL055	245W	Modulo 245W policristalino(1662x990x46mm) - KD245GH-4YB2 - KYOCERA	299,66€
SOL042	250W	Panel solar de 250W policristalino (1640X992X40mm), modelo AS-6P30-250W de AMERISOLAR	255,04€
SOL027	260W	Panel solar de 260W policristalino (1650x992x40mm), modelo JKM260P-60 de JINKO	245,59€
SOL051	260W	Módulo 260W policristalino - RED260-60P-260W (1640X992X40mm) full black - REDSOLAR	231,65€
SOL052	260W	Módulo 260W monocristalino - RED260-60M-260W (1640X992X40mm) full black - REDSOLAR	267,68€
SOL032	270W	Panel solar de 270W monocristalino (1636x986x35mm), modelo LDK270 de LDK	337,57€
SOL047	270W	Modulo solar policristalino de 270W (1665x991x38mm), modelo REC270TP (Twin Peak) de REC	353,08€
SOL053	270W	Módulo 270W monocristalino - RED270-60M-270W (1640X992X40mm) full black - REDSOLAR	283,32€
SOL049	305W	Modulo solar policristalino de 305W (1956X992X50mm), modelo AS-6P-305W de AMERISOLAR	295,78€
SOL019	320W	Panel solar de 320W policristalino (1662x1320x46mm), modelo KD320GH-4YB de KYOCERA	508,25€



Fuente: www.technosun.com/es/index.php





En la figura 23, se evidencia que se han escogido dos paneles del catálogo de TECHNOSUN. Para la nevera de 5 ft el panel solar de la marca JINKO con potencia de 195 W y para la nevera de 10 ft Panel solar de la marca KYOCERA con potencia de 320 W.

En la siguiente figura se puede evidenciar la ficha técnica de cada panel escogido, para realizar el cálculo de cuantos paneles se necesitan de cada referencia y que otras especificaciones se deben tener en cuenta a la hora de ser instalados.

Figura 24.Nevera 5 ft – Ficha Técnica Paneles JINKO

SPECIFICATIONS											
Module Type	JKM195M		JKM200M		JKM205M		JKM210M		JKM215M		
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	
Maximum Power (Pmax)	195Wp	145Wp	200Wp	149Wp	205Wp	153Wp	210Wp	156Wp	215Wp	159Wp	
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.8V	34.2V	36.9V	34.3V	37.2V	34.6V	37.4V	34.8V	37.7V	35.0V	
Maximum Power Current (Imp)	5.30A	4.23A	5.42A	4.33A	5.51A	4.42A	5.61A	4.48A	5.70A	4.54A	
Open-circuit Voltage (Voc)	45.4V	42.2V	45.6V	42.4V	45.9V	42.7V	46.1V	42.9V	46.4V	43.2V	
Short-circuit Current (Isc)	5.67A	4.56A	5.80A	4.67A	5.90A	4.75A	5.99A	4.82A	6.09A	4.92A	
Module Efficiency STC (%)	15.28%		15.67%		16.06%		16.45%		16.84%		
Operating Temperature(°C)					-40°C~+85°C						
Maximum system voltage					1000VDC (IEC)						
Maximum series fuse rating					10A						
Power tolerance					0~+3%						
Temperature coefficients of Pmax					-0.40%/°C						
Temperature coefficients of Voc					-0.29%/°C						
Temperature coefficients of Isc					0.05%/°C						
Nominal operating cell temperature (NOCT)					45±2°C						

STC:  Irradiance 1000W/m²  Cell Temperature 25°C  AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m²  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

Fuente: www.jinkosolar.com/ftp/EN-JKM215M-72.pdf

En la figura 24 se puede ver la ficha técnica del panel solar escogido para la nevera de 5ft, allí se evidencia información de vital importancia que debe ser tenida en cuenta.

Se tiene una potencia máxima que puede ser entregado por el panel solar de 195 W, se observa una tensión máxima cuando el panel está trabajando en su punto de mejor operación 36.8 V, intensidad o corriente máxima de 5.30 A cuando el panel se encuentra en su punto máximo de operación, intensidad de cortocircuito que circula por el panel cuando la salida este cortocircuitada, y una tensión de circuito abierto de 45.4 V tensión que hay en los terminales de conexión cuando no hay ninguna carga conectada en el panel.

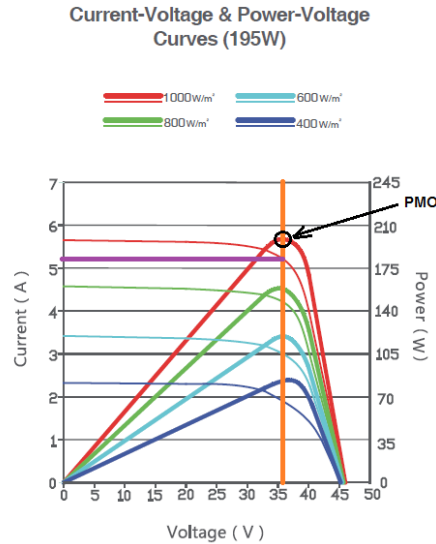
Se puede observar en el catálogo un coeficiente de temperatura que puede afectar la potencia del panel que es de -0.40% °c, esto nos indica que potencia disminuye un 0.40% por cada grado centígrado que aumente la temperatura.

Algo importante es la eficiencia del panel, el catálogo indica una eficiencia de 15.28% , antes de sacar una conclusión de la eficiencia que nos indica el catálogo se debe saber cómo define la eficiencia en un panel solar. Esta es la potencia que es capaz de producir 1 metro cuadrado de panel solar fotovoltaico cuando recibe una irradiación de 1000 W/m². Si en la hoja de características técnicas se indica una potencia de 195 W la eficiencia será de 15.28% , significa que por cada 1000 W/m² de irradiación que recibe 1 metro cuadrado de panel, éste producirá 152.8 W de potencia.

Otro indicador a contemplar es la tolerancia de potencia de $+3\%$, Debido al proceso de fabricación y a los diferentes componentes que forman un panel solar, la potencia de salida puede variar sensiblemente respecto a la indicada en la hoja de características técnicas. Esta variación es denominada tolerancia y puede venir indicada en W o en %. Podemos observar que el panel que escogimos de 195 W con una tolerancia $+3\%$. Significa que el panel puede entregar una potencia de 198 W. Hoy en día la mayoría de los fabricantes importantes ofrecen paneles con tolerancia positiva $0/+5\%$: lo cual garantiza el recibir como mínimo la potencia por la que se ha realizado la inversión.

Los valores entregados por la ficha técnica pueden ser rectificadas con la curva característica entregada por el fabricante, los valores de la ficha técnica son obtenidos a partir de unas condiciones estándar de irradiación y temperatura ambiente, así pues esta curva característica muestra el funcionamiento que puede tener el panel solar cuando es sometido a diferentes niveles de irradiación y temperatura ambiente.

Figura 25. Curva característica panel JINKO



Fuente: www.jinkosolar.com/ftp/EN-JKM215M-72.pdf

En la figura 25 se observa la curva característica del panel solar de la marca JINKO con una potencia de 195w y un voltaje de 24V escogido la para nevera de 5 ft, como se mencionaba anteriormente la curva característica muestra el comportamiento que tiene el panel al ser sometido a diferentes valores de irradiación concluyendo que al disminuir la irradiación la potencia va disminuir.

Los valores también pueden ser rectificadas en la ficha técnica, en la curva de potencia (color rojo) se observa el punto de mejor operación (PMO) o punto máximo con este punto se puede verificar la intensidad y la tensión en que se espera que trabaje el panel solar, al trazar una línea vertical (naranja) desde el punto de mejor operación (PMO) hasta cortar con la gráfica de corriente-voltaje y bajando hasta el eje X se puede verificar que el voltaje de máxima potencia es el que observado en la ficha técnica de 36.8V, de igual forma si se traza una lineal horizontal (morada) desde el punto de corte de la gráfica de corriente-voltaje hasta el eje Y se puede observar que la corriente máxima es de 5.30 A, rectificando así los valores obtenidos de la ficha técnica del panel solar.

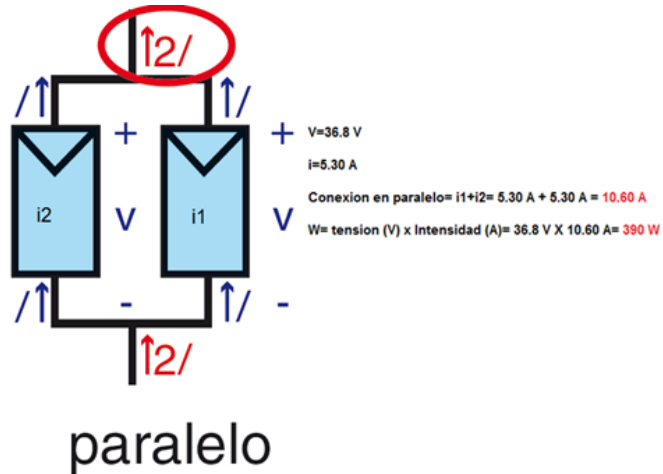
Para la nevera de 5 ft, se requiere una potencia de 347.9 W, y el panel elegido entrega una potencia de 195W. Para suplir esta falta de potencia se debe hacer un arreglo ya sea en paralelo o en serie para garantizar que el sistema trabaje constantemente.

En el capítulo uno en la parte de energías renovables, se dio a conocer la energía solar y los métodos de recolección como son los paneles se menciona como son

los arreglos de paneles y que valores puedan dar ya sea en paralelo o en serie. Para una conexión en serie las células permiten aumentar la tensión final del arreglo de paneles y para una conexión en paralelo permiten aumentar la intensidad total del conjunto.

En este caso para la nevera de 5 ft donde la tensión que va a tener el sistema es de 24V y una potencia de 347.9 W, se elige el panel solar con una potencia máxima de 195w y un tensión de potencia máxima de 36.8 V como la tensión es igual a la que requiere el sistema lo que se busca es aumentar la intensidad o corriente para ello se debe colocar un arreglo de paneles solares en paralelo que pueda lograr que la nevera trabaje constantemente.

Figura 26.Montaje paneles para nevera 5 ft



Fuente: Autor

En la figura 26 se puede evidenciar la necesidad de dos paneles solares para que la nevera de 5 ft trabaje de manera constante, al ubicar los dos paneles en paralelo la tensión de la salida de la conexión en paralelo seguirá siendo 36.8 V, pero intensidad o corriente total sería la suma de las corrientes de cada panel solar dando un resultado de 10.60 A. por ley de ohm se sabe que la potencia es igual al producto del tensión por la intensidad desde que la corriente sea constante, obteniendo una potencia de salida en el arreglo de paneles solares de 390 W , con este resultado obtenido se asegura que la nevera de 5 ft trabajara de una manera eficiente, ya que la potencia que necesaria es de 347.9 W y con el arreglo de los 2 paneles en serie se obtendrá una potencia de 390 W.

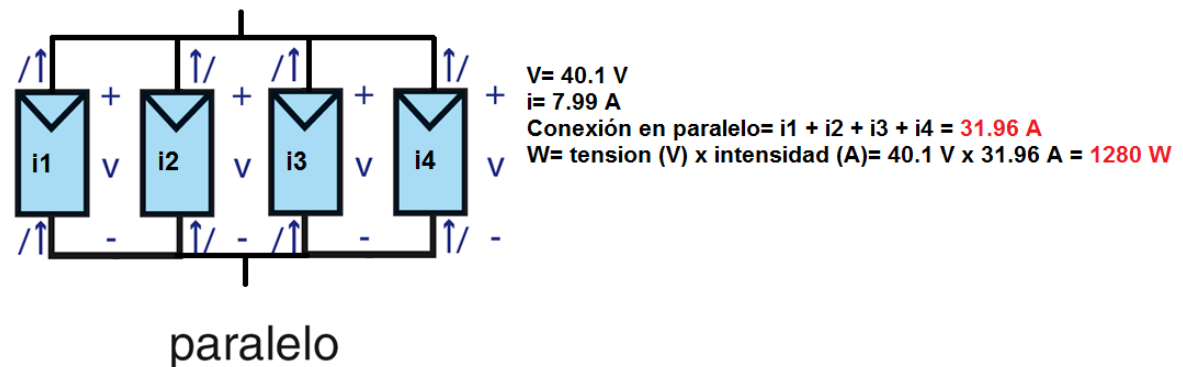
Figura 27.Ficha técnica KYOCERA

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS SERIE Y						
Tipo de módulo PV	KD140GH-2YU	KD190GH-2YU	KD220GH-4YU	KD240GH-4YB2	KD245GH-4YB2	KD320GH-4YB
A 1000 W/m² (STC)⁽¹⁾						
Potencia nominal P [W]	140	190	220	240	245	320
Tensión máxima del sistema [V]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensión de máxima potencia [V]	17,7	23,6	26,6	29,8	29,8	40,1
Corriente de máxima potencia [A]	7,91	8,06	8,28	8,06	8,23	7,99
Tensión de circuito abierto [V]	22,1	29,5	33,2	36,9	36,9	49,5
Corriente de cortocircuito [A]	8,68	8,82	8,98	8,59	8,91	8,60
Nivel de eficiencia [%]	13,9	14,3	14,8	14,5	14,8	14,5
A 800 W/m² (NOCT)⁽²⁾						
Potencia nominal P [W]	101	137	158	172	176	230
Tensión de máxima potencia [V]	16,0	21,3	24,0	26,7	26,8	36,1
Corriente de máxima potencia [A]	6,33	6,45	6,63	6,45	6,58	6,40
Tensión de circuito abierto [V]	20,2	27,0	30,4	33,7	33,7	45,3
Corriente de cortocircuito [A]	7,03	7,14	7,27	6,95	7,21	6,96
NOCT [°C]	45	45	45	45	45	45

Fuente: www.technosun.com/es/productos/panel-solar-KYOCERA-KD320GH-4YB.php

En la figura 27 se puede observar la ficha técnica del panel solar de marca KYOCERA elegido para la nevera de 10 ft con una potencia nominal de 320W, una tensión en su máxima potencia de 40,1 V y una corriente de máxima potencia de 7.99 A en el anterior panel solar elegido para la nevera de 5 ft se describe todo lo que se debe tener en cuenta a la hora de la elección del panel, en este caso se va a hacer un resumen corto en el cual menciona cuantos paneles son necesarios para suplir las exigencia de la nevera de 10 ft y el tipo de arreglo necesario ya sea en paralelo o en serie.

Figura 28.Montaje paneles nevera 10ft



Fuente: Autor

En la figura 28 se puede observar el montaje de 4 paneles solares de 320 W con un conexión en paralelo teniendo en cuenta la necesidad de una potencia de 1247.2 W, con este arreglo de paneles se obtiene una potencia nominal de 1280 W, supliendo la energía necesaria para que la nevera de 10 ft trabaje todo el día de una manera eficiente.

3.1.2 Selección regulador de energía. Para la selección de un regulador de energía hay que tener en cuenta varios aspectos, el regulador es quien controla las situaciones de carga y sobre descarga de la batería con el fin de alargar su vida útil, y que asegure el suministro eléctrico diario que evite la descarga excesiva de la batería.

Hay dos tipos de reguladores de carga solar el PWM y MPPT como se mencionó anteriormente cada tipo regulador nos brinda unas características específicas y es adecuado su uso en determinados casos. Para este proyecto se decide utilizar reguladores MPPT ya que estos brindan una mejor eficiencia en sistema y que nos garantizan un trabajo siempre en el punto de mejor operación.

Para la elección del regulador se debe tener en cuenta tres factores indispensables para el buen funcionamiento del sistema. La tensión que van a tener las baterías, la intensidad a la salida de la conexión de los paneles solares y la intensidad máxima de consumo en otras palabras la corriente que va a utilizar cualquier aparato electrónico con corriente continua o la intensidad que va utilizar el inversor de electricidad.

Para esta elección se busca el catálogo de la empresa TECHNO SUN, donde tiene actualizados sus productos con sus respectivas fichas técnicas que garantizan el buen funcionamiento del sistema.

Figura 29.Catalogo reguladores TECHNOSUN

TECHNOSUN

Lista de precios P.V.P.

29/1/2016

REGULACIÓN, CONTROL Y MEDICIÓN

Reguladores para fotovoltaica, aerogeneradores y baterías > Reguladores maximizadores MPPT para paneles solares

Referencia	Valor	Descripción	P.V.P.
REV026	-	Maximizador para panel MPPT entre 16-48V con MC3 de TIGO	78,37€
REV027	-	Kit Unid.Central maxim.c/Gateway, light sensor, s.temp.3m.monit de TIGO	1.967,43€
CHA066	10A	Regulador Maximizador Blue Solar de 10A y 12/24V, modelo MPPT 75/10 de VICTRON	81,12€
CHA015	15A	Regulador Maximizador de 15A y 12v/24v, modelo SS-MPPT-15L de MORNINGSTAR	313,87€
CHA032	15A	Regulador Maximizador de 15A y 12v/24v con MPPT 75/15 de VICTRON	90,12€
CHA033	15A	Regulador Maximizador de 15A y 12v/24v con MPPT, modelo Blue Solar MPPT 15/100 de VICTRON	110,15€
CHA038	30A	Regulador Maximizador 30A-12/24/48V TS- MPPT-30 de MORNINGSTAR	492,39€
CHA040	30A	Regulador Maximizador Blue Solar 30A y 12/24V con MPPT 100/30 de VICTRON	200,27€
CHA034	35A	Regulador Maximizador de 35A y 12v/24v/48v con MPPT 150/35 de VICTRON	300,40€
CHA022	45A	Regulador Maximizador de 45A y 12v/24v/48v, modelo TS- MPPT-45 de MORNINGSTAR	615,97€
CHA067	45A	Regulador Maximizador Blue Solar 45A 12/24/48V-MPPT 150/45-Tr - VICTRON	450,61€
CHA068	45A	Regulador Maximizador Blue Solar 45A 12/24/48V-MPPT 150/45-MC4 - VICTRON	450,61€
CHA031	50A	Regulador Maximizador de 50A y 12v/24v con MPPT 75/50 de VICTRON	270,36€
CHA035	50A	Regulador Maximizador de 50A y 12v/24v con MPPT 100/50 de VICTRON	300,40€
CHA017	60A	Regulador Maximizador de 60A y 12v/24v/48v/60v, modelo XW-MPPT60-150 de SCHNEIDER ELECTRIC	522,44€
CHA019	60A	Regulador Maximizador de 60A y12v/24v/48v/60v, modelo FM60 de OUTBACK	719,49€

Fuente: www.technosun.com/es/index.php

En la figura 29 se observa catálogo de la empresa TECHNO SUN, se elige un regulador con una intensidad de 15 A para la nevera de 5 ft, y para la nevera de 10 ft el regulador de 45 A.

A continuación se observa cada ficha técnica de los reguladores, con los factores y cálculos que se tienen en cuenta para la selección del regulador más adecuado para cada sistema fotovoltaico que proporcionara un buen funcionamiento de las neveras.

Figura 30.Ficha técnica regulador nevera 5ft

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 70/15
Tensión de la batería	AutoSelect 12/24 V
Corriente máxima de la batería	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	200 W (MPPT rango 15 V a 70 V)
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	400 W (MPPT rango 30 V a 70 V)
Desconexión automática de la carga	Si, carga máxima 15 A
Tensión máxima de circuito abierto FV	75 V
Eficiencia máxima	98 %
Autoconsumo	10 mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V/28,8 V
Tensión de carga de flotación	13,8 V/27,6 V
Algoritmo de carga	Variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C
Corriente de carga continua/cresta	15A / 50A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Cortocircuito de salida Exceso de temperatura
Temperatura de funcionamiento	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad relativa	100 %, sin condensación
CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10
Tipo de protección	IP65 (componentes electrónicos)
Peso	0,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	100 x 105 x 40 mm.
1a) Si hubiese exceso de potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia a 200W resp. 400W 1b) la tensión FV debe exceder la Vbat (tensión de la batería) + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mín. es Vbat + 1V	

Fuente:www.technosun.com/es/productos/regulador-de-carga-VICTRON-BLUESOLAR-MPPT-70-15.php

En la figura 29 se observa la ficha técnica del regulador MPPT 70/15 con una corriente máxima de la batería de 15 A para la nevera de 5 ft, el momento de la elección se debe tener en cuenta tres parámetros, además de los precios y disponibilidad.

El primer parámetro es saber que tensión que se va a manejar en el sistema en otras palabras que tensión va a manejar la batería, este valor debió haber sido seleccionado previamente, y en esta ocasión el sistema va manejar un tensión de 24V, para la nevera de 5 ft se tiene una tensión en el punto máximo de potencia de 36.8 V en este caso se debe poner el regulador de 24 V para que la batería no vaya a tener sobrecargas. Se puede observar en la ficha técnica el regulador que se elige para la nevera de 5 ft, puede seleccionar dos tensiones de 12 V y de 24 V.

El segundo criterio que se debe tener en cuenta a la hora de seleccionar el regulador es la intensidad de entrada al regulador , en otras palabras es la intensidad en la salida de la conexión de los paneles solares, pero por seguridad

se usa la corriente de cortocircuito para el cálculo del regulador por que será la máxima corriente que podría ser generada por el panel solar y ha de ser esa la que se deba tener en cuenta para evitar pérdidas de rendimiento, se debe tener en cuenta el modo de instalación de los paneles ya que si están ubicados en paralelo se suma la intensidad por la el número de paneles en la conexión , y para evitar posibles daños en el regulador se elige utilizar un factor de seguridad del 1.15.

$$\begin{aligned} \text{CorrEntraRegulador} &= 1.15 \times I_{csPanel} \times \# Pp \\ &= 1.15 \times 5.67 \times 2 = 13 A \end{aligned}$$

Donde,

1.15= Factor de seguridad

IcsPanel= corriente en corto circuito de panel que escogimos

Pp= número de paneles en paralelo

Como se puede observar el resultado del cálculo de la corriente de entrada del regulador es inferior al de la ficha técnica del regulador que se escogió, garantizando que el regulador va trabajar sin ningún problema.

Y el tercer criterio que se debe tener en cuenta a la hora de escoger un regulador de carga, es la intensidad a la salida del regulador en otra palabras es la corriente que el usuario va utilizar en los diferentes equipos, en este caso la nevera de 5 ft, ahora para el cálculo de la corriente de salida del regulador se debe retornar a la figura 18, donde se observa que la nevera de 5 ft utiliza un potencia de 100 w para su funcionamiento, como sabemos que el sistema tiene una tensión de 24v por ley de ohm se calcula la corriente que se necesita en la salida del regulador.

$$\text{CorrSalidRegul} = 1.15 \times \frac{100W}{24 V} = 4.8 A$$

El resultado de la corriente de salida del regulador es inferior al escogido para la nevera de 5 ft con estos tres criterios se garantiza el buen funcionamiento del regulador.

Figura 31.Ficha técnica regulador nevera 10ft

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48V (36V manual)		
Corriente máxima de la batería	45A	60A	70A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W
Potencia FV máxima, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150V		
Eficiencia máxima	98%		
Autoconsumo	Menos de 10mA		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4V / 28,8V / 43,2V / 57,6V (ajustable)		
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8V / 27,6V / 41,4V / 55,2V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados)		
Compensación de temperatura	-16mV/°C / -32mV/°C / -48mV/°C / -64mV/°C		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95%, sin condensación		
Altura máxima de trabajo	2000m		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Puerto de comunicación de datos y on/off remoto	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
Funcionamiento en paralelo	Sí, pero no sincronizado		

Fuente: www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-EN-NL-FR-DE-ES-SE.pdf

En la figura 31 se puede observar la ficha técnica del regulador elegido para la nevera de 10 ft, para la selección de este regulador se tuvo en cuenta el mismo procedimiento que en la nevera de 5 ft, haciendo referencia a los tres criterios para la selección del regulador.

$$CorrEntraRegulador = 1.15 \times IcsPanel \times \# Pp$$

$$= 1.15 \times 8.60 \times 4 = 39.6 A$$

En la nevera de 10 ft la corriente del panel que se elige es de 8.60 A, pero la conexión de que se tiene es de 4 paneles dando como resultado una corriente en la entrada del regulador de 39.6 A.

$$CorrSalidRegul = 1.15 \times \frac{300W}{24 V} = 14.4 A$$

Como se evidencia en la figura 19 la potencia con la que trabaja la nevera de 10 ft es de 300W, con la tensión en el sistema de 24V la corriente de salida del regulador es de 14.4 A. En la ficha técnica del regulador que se elige para la nevera de 10ft, garantiza que el regulador va trabajar en las mejores condiciones ya que cumple con los criterios anteriormente calculados.

3.1.3 Selección de las baterías. Es importante el contemplar el hecho de que la llegada de energía solar a los paneles solares no se presenta de manera uniforme, por diferentes circunstancias hay variaciones, algunas pueden ser representadas en un cálculo como tal para que el sistema pueda absorberlas, por el ejemplo la duración de la noche en otros países las estaciones, pero algunas no pueden ser representadas con exactitud como el aumento de nubosidad, esta variación afecta directamente el sistema ya que los paneles fotovoltaicos recogen energía directamente de sol, en el momento en el que aparezca esta variable el rendimiento del sistema fotovoltaico será afectado provocando que los aparatos electrónicos dejen de funcionar por falta de energía.

Para que este hecho no se presente, es necesario un sistema de almacenamiento que alimente de energía a los aparatos electrónicos cuando la radiación solar recibida por los paneles solares no sea suficiente, para esto se utilizarán las baterías o acumuladores de energía.

La tensión que se va a utilizar en la batería es de 24V, esta elección fue tomada al momento de dimensionar todo el sistema fotovoltaico, es importante mencionar la importancia de esta elección al momento de dimensionar el sistema ya que los paneles solares que serán instalados deben tener una tensión de trabajo mayor a la que va utilizar las baterías, para que el proceso de carga y los reguladores trabajen en su punto de mayor eficiencia.

Para el cálculo de que batería se debe tener en cuenta los siguientes parámetros, el primero es la cantidad de energía que puede dar la batería en una descarga total partiendo de un estado de carga total, se mide en Amperios hora (Ah). El segundo parámetro es la eficiencia, con este dato se conoce la energía que realmente va a proporcionar la batería, la eficiencia deseada es de 100% para así garantizar que la energía a la salida de los paneles solares realmente va a llegar a los aparatos serán alimentados.





El tercer parámetro es la profundidad de descarga, es la cantidad de energía en porcentaje que se va tomar de la batería partiendo de que la batería este totalmente cargada, está relacionada a la vida útil de la batería, se deben tener en cuenta que si los ciclos de descarga son cortos, la batería va tener mucha más duración a cuando la batería sufre de una profundidad de descarga mayor. Hay dos tipos de profundidad de descarga una estacional y la otra diaria. En este caso se va a tomar una profundidad de descarga estacional esto quiere decir que se calcula para que la batería pueda suplir el sistema en días en los cuales no reciba

luz solar también llamado (días de autonomía). Se recomienda utilizar este tipo de profundidad de descarga en climas templados donde a diario hay luz solar presente.

De esta manera se reducirán los costos ya que para la profundidad de descarga estacional utilizara entre el 70% y 80% porque los ciclos de descarga no van a ser diarios sino semanales garantizando un aumento en la vida útil de la batería.

El catálogo de la empresa VITRON ENERGY, tiene actualizados todos los precios además que es una marca que garantiza un excelente funcionamiento de productos que vende.

Figura 32. Catalogo baterías Victronenergy

2016-Q2				C Euro		
BATTERIES						Ex VAT
AGM deep cycle battery with threaded insert terminals						
	12V/90Ah AGM Deep Cycle Batt. (M6)	BAT412800081	350 x 167 x 183	✓	✓	27 550 / 145 € 215
	12V/110Ah AGM Deep Cycle Batt. (M8)	BAT412101081	330 x 171 x 220	✓	✓	32 700 / 190 € 273
	12V/130Ah AGM Deep Cycle Batt. (M8)	BAT412121081	410 x 176 x 227	✓	✓	38 800 / 230 € 321
	12V/165Ah AGM Deep Cycle Batt. (M8)	BAT412151081	485 x 172 x 240	✓	✓	47 1000 / 320 € 408
	12V/220Ah AGM Deep Cycle Batt. (M8)	BAT412201081	522 x 238 x 240	✓	✓	65 1200 / 440 € 517
	AGM deep cycle telecom battery with threaded insert terminals					
	12V/115Ah AGM Telecom Batt. (M8)	BAT412105160	395 x 110 x 293	✓	✓	35 700 / 190 € 300
	12V/165Ah AGM Telecom Batt. (M8)	BAT412151160	548 x 105 x 316	✓	✓	49 1000 / 320 € 418
	12V/200Ah AGM Telecom Batt. (M8)	BAT412181160	546 x 125 x 323	✓	✓	59 1100 / 400 € 477
	GEL Deep Cycle (C20 capacity)					
	12V/60Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412550100	229 x 138 x 227	✓		19 250 / 80 € 169
	12V/66Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412600100	258 x 166 x 235	✓		24 300 / 90 € 211
	12V/90Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412800100	350 x 167 x 183	✓	✓	26 400 / 130 € 220
	12V/110Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412101100	330 x 171 x 220	✓	✓	33 500 / 180 € 275
	12V/130Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412121100	410 x 176 x 227	✓	✓	38 500 / 230 € 325
	12V/165Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412151100	485 x 172 x 240	✓	✓	48 800 / 320 € 413
	12V/220Ah Gel Deep Cycle Batt.	BAT412201100	522 x 238 x 240	✓	✓	66 1000 / 440 € 538
	CCA @ 0°F: SAE Cold Cranking Amps at 0° F / -18°C RES CAP @ 80°F: Reserve Capacity at 80°F / 27°C					
12V/130Ah Gel Deep Cycle Batt.	Height includes poles					

Fuente: <https://www.victronenergy.com.es/>

En la figura 32 se resalta la elección de dos tipos de baterías, para la nevera de 5ft una batería de 165 Ah con un tensión de 12V y para la nevera de 10 ft una batería de 220Ah con una tensión de 12v. A continuación se muestra el procedimiento y los cálculos que llevaron a la selección de dichas baterías.

Cálculos batería- nevera 5ft. Para selección la batería se debe conocer la capacidad que necesita para suplir el sistema en caso de que los paneles solares no reciban radiación solar. Para ello se debe conocer la energía total que debe suplir en el día el sistema fotovoltaico. Al cálculo da a conocer un valor de energía total de 1464.1 Wh, para el cálculo de las baterías se debe conocer la intensidad que va a pasar por las baterías para ello se aplica la siguiente formula.

$$EAh = \frac{ET}{V_{sist}} = \frac{1464.1 Wh}{24V} = 61 Ah$$

Donde, EAh: energía en amperio hora

ET: Energía total

Vsiste: Tensión del sistema.

Ahora para el cálculo de la capacidad nominal de la batería se aplica la siguiente formula

$$Capac = \frac{EAh \times DiasAuto}{Pd} = \frac{61Ah \times 2}{0.80} = 153 Ah$$

Donde, Capac: es la capacidad que necesita la batería para garantizar que el sistema trabajo cuando los paneles no recibir radiación solar.

EAh: Energía en amperio hora previamente calculada

DiasAuto: los días previstos en que la batería trabajaría cuando los paneles no estén recibiendo luz solar

Figura 33.Ficha técnica de las baterías escogidas para las neveras

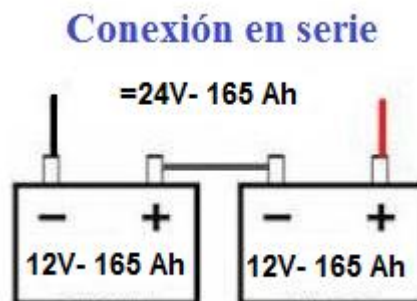
12 Volt Deep Cycle GEL							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8
BAT412550100	60	12	229x138x227	20	300	80	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 500 ciclos en descarga 80% 750 ciclos en descarga 50% 1800 ciclos en descarga 30%
BAT412600100	66	12	258x166x235	24	360	90	
BAT412800100	90	12	350x167x183	26	420	130	
BAT412101100	110	12	330x171x220	33	550	180	
BAT412121100	130	12	410x176x227	38	700	230	
BAT412151100	165	12	485x172x240	48	850	320	
BAT412201100	220	12	522x238x240	66	1100	440	

Fuente:<https://www.victronenergy.com.es/>

En la figura 33 se observa la ficha técnica de la nevera de 5ft donde se evidencia una capacidad nominal de 165 Ah es superior a la calculada por el sistema, se debe tener en cuenta que la tensión de trabajo de la batería elegida es de 12V y la tensión escogida previamente para la batería es de 24V.

Para lograr la tensión de 24 V es necesario hacer un tipo de conexión ya sea en paralelo o en serie, al contemplar alguno de estos tipos de conexión se asegura que se tendrá que utilizar más de una batería. La capacidad que entrega la batería seleccionada es la deseada y solo es necesario aumentar la tensión, para esto se debe realizar una conexión en serie ya que de esta manera aumenta la tensión por cada batería presente en la conexión, como se observa en la siguiente figura.

Figura 34.Conexión baterías en serie nevera 5ft



Fuente: autor

Para la nevera de 5ft se necesitan dos baterías.

Calculo batería nevera de 10 ft. Para la nevera de 10 ft se calculó previamente la energía total 5248.2 Wh al día.

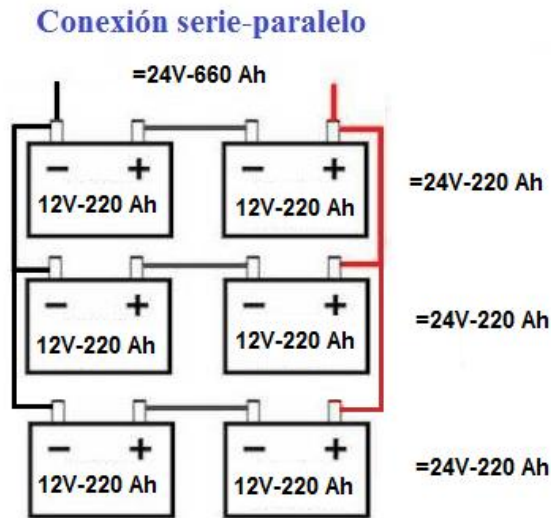
$$EAh = \frac{ET}{V_{sist}} = \frac{5248.2 Wh}{24V} = 218.7 Ah$$

Ahora calculamos la capacidad que requiere la batería

$$Capac = \frac{EAh \times DiasAuto}{Pd} = \frac{218.2Ah \times 2}{0.80} = 547 Ah$$

En la figura 33 se evidencia que para la nevera de 10 ft se elige una batería con una capacidad de 220 Ah y una tensión de 12 V, una sola batería no supe la demanda del sistema para ello se debe plantear un tipo de conexión que garantice que la nevera funcione cuando los paneles solares no reciban luz solar. Se sabe que con una conexión en serie podemos aumentar la tensión, pero para aumentar la capacidad se debe hacer una conexión en paralelo que supla la capacidad demandada por el sistema, por lo cual conlleva hacer una combinación de los dos tipos de conexión como lo muestra en la siguiente figura.

Figura 35.Conexión serie-paralelo nevera 10ft



Fuente: autor

En la figura 35 se evidencia la necesidad de seis baterías con las especificaciones de catálogo referencia en la figura 33 para garantizar un trabajo óptimo cuando a los paneles solares no esté recibiendo la luz solar directa.

3.1.4 Selección del inversor. También llamado convertidor de corriente DC/AC, el inversor es el aparato electrónico encargado de convertir la corriente continua DC proveniente de los paneles solares en corriente alterna AC para el consumo de aparatos electrónicos en las viviendas en este caso para alimentar las neveras, ya sea que en el lugar de instalación se utilice una tensión de 220V o de 110V y una frecuencia de 50 o de 60 Hz. En este caso en Colombia se utiliza una tensión de 110V a 60 Hz.

Para el buen funcionamiento del inversor en este sistema fotovoltaico es imprescindible tener cuenta las siguientes exigencias.

En primer lugar se debe garantizar una alta eficiencia para que minimice todo tipo de pérdidas, sabiendo que de tener garantía de protección contra cortocircuito y sobrecargas.

Una de las exigencias más importantes es que el inversor debe admitir demandas instantáneas de potencia máxima de más del 150%, permitiendo hacerle frente a los picos de arranque que originan varios electrodomésticos que utilizan sistemas cíclicos como lo son las neveras que se van a utilizar, estas tienen ciclos

de encendido y apagado del motor estos genera constantes picos de arranque que hay que tener en cuenta para el cuidado del inversor que se va a utilizar.

El catálogo de la empresa TECHNO SUN. Brinda costos actualizados y con sus respectivas fichas técnicas figura 36.

Figura 36.Catalogo inversores TECHNOSUN

TECHNO SUN

Lista de precios P.V.P.

29/1/2016

Inversores y convertidores > Inversores

Referencia	Valor	Descripción	P.V.P.
OFF074	600W	Inversor senoidal automatico 600w-24 (800w 10min) - PS800-24 de TBS	312,62€
OFF081	600W	Inversor senoidal automatico 600w-48 (800w 10min) - PS800-48 de TBS	330,79€
OFF111	700W	Inversor onda sinusoidal de 700W y 12v, modelo PROwatt SW 700i de XANTREX	243,56€
OFF128	800W	Inversor, modelo Phoenix 12/800 IEC outlet de VICTRON	345,47€
OFF129	800W	Inversor modelo Phoenix 12/800 Schuko outlet de VICTRON	345,47€
OFF141	800W	Inversor senoidal de 700w (800w a 30 min) a 24v, modelo Phoenix 24/800 Schuko outlet de VICTRON	345,47€
OFF150	800W	Inversor sinusoidal de 650w (800w a 30 min) a 48v, modelo Phoenix 48/800 IEC outlet de VICTRON	360,13€
OFF151	800W	Inversor sinusoidal de 800w a 48v, modelo Phoenix 48/800 de VICTRON	351,48€
OFF085	850W	Inversor senoidal automatico 850w-12 (1050W 10min) - PS1000-12 de TBS	539,81€
OFF086	1,0kW	Inversor senoidal automatico 1000w-24 (1450w 10min) - PS1400-24 de TBS	585,25€
OFF130	1,2kW	Inversor Phoenix Compact C 12/1200 de VICTRON	633,86€

Precios sin I.V.A. Portes y seguros no incluidos. Precios y disponibilidad sujetos a cambios sin previo aviso o debido a error tipográfico. Consulte siempre antes de realizar su pedido: Tel. 98 382 65 65 - Fax. 98 384 27 21 - Email. info@technosun.com

8

Fuente: <http://www.technosun.com/es/index.php>

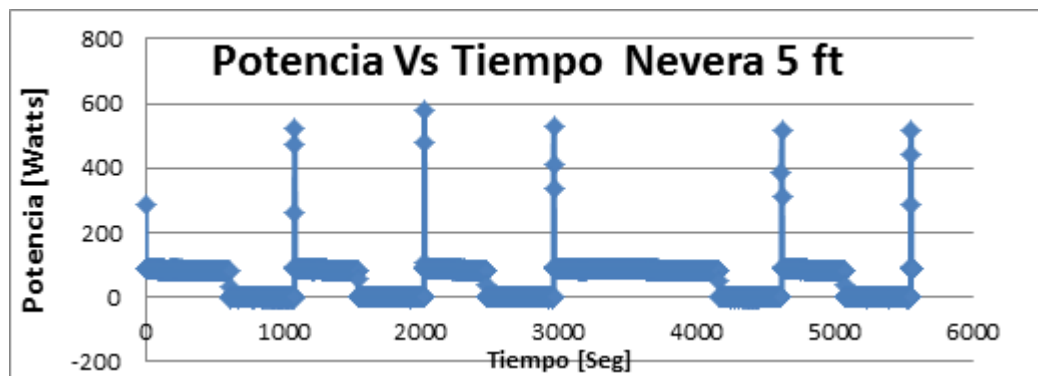
En el catálogo de inversores de la empresa TECHNO SUN, se elige para la nevera de 5 ft el inversor de potencia nominal de 600 W y para la nevera de 10 ft un inversor de 1000W. Para determinar la elección se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones.

Calculo inversor nevera 5 ft. La primera recomendación para la selección del inversor es verificar que la tensión de entrada del inversor sea igual a la tensión de la batería, en este caso de 24V, la segunda recomendación es que la tensión de salida del inversor sea la que utilizada en el lugar de instalación, en Colombia se encuentran tensiones de 220V y 110 V con corriente alterna, asumiendo que en el lugar de instalación se encontrara una tensión de 110V con una onda sinusoidal, y una frecuencia de señal de 60 Hz.

Se debe conocer la potencia con que trabaja ya sean los electrodomésticos que se van a conectar al sistema fotovoltaico, en este caso la nevera de 5 ft, en la nevera, el compresor tiene un funcionamiento cíclico, cada que la temperatura interna de la nevera se eleva el compresor demanda energía para iniciar el ciclo de refrigeración y disminuir la temperatura interna generando picos de arranque muy altos poniendo en riesgo el inversor.

En las pruebas hechas para verificar el consumo de la nevera de 5 ft se obtiene el dato exacto de estos picos de arranque del compresor como lo evidencia a continuación figura 37.

Figura 37. Picos de encendido nevera 5ft



Fuente: Autor

Teniendo conocimiento de estos picos de arranque del compresor de la nevera de 5 ft, se asegura una selección correcta del inversor, este valor debería ser de 600W para evitar algún daño por los picos de arranque.

Figura 38. Especificaciones técnicas inversores tbselectronics

► Especificaciones técnicas

Especificaciones eléctricas				
Modelo	PS200 (12/24/48V)	PS300 (12/24/48V)	PS500 (12/24/48V)	PS1000 (12/24/48V)
Ref.	Consultar gama PS200	Consultar gama PS300	Consultar gama PS500	Consultar gama PS1000
Nomenclatura (PG - Voltaje)	PS200 (los 3 voltajes)	300-12, 250-24, 400-48	550-12, 750-24, 750-48	1000-12, 1400-24, 1500-48
P _{nom}	175 - 175 - 175VA	250 - 300 - 300VA	500 - 600 - 600VA	850 - 1000 - 1000VA
P _{30mins}	200 - 200 - 200VA	300 - 350 - 400VA	550 - 750 - 750VA	1000 - 1400 - 1500VA
Subida de tensión	400 - 500 - 500VA	700 - 800 - 800VA	1000 - 1200 - 1250VA	1800 - 2500 - 3000VA
Voltaje de salida	230Vac ± 2% ó 115Vac ± 2%			
Frecuencia de salida	50Hz ± 0.05% ó 60Hz ± 0.05%			
Forma de onda de salida	Onda sinusoidal pura (THD <5% @ P _{nom})			
Cos admisible en carga	0.2 - 1 (Hasta P _{nom})			
Voltaje de entrada (±3%)				
Nominal	12VDC 24VDC 48VDC			
Rango	10.5 - 16VDC 21 - 31VDC 41 - 60VDC			
Máxima eficiencia	90% - 91% - 93%	91% - 93% - 95%	92% - 93% - 94%	92% - 94% - 95%
Consumo x ausencia de carga	<2.8W / <3W / >4W	<3W - <3.5W - <6.5W	<4.8W - <6.5W - <8.2W	<7.5W - <8.5W - <10.5W
[ABS]	[0.6W] [0.8W] [1.2W]	[0.7W] [0.8W] [1.3W]	[0.4W] [0.7W] [0.6W]	[1.5W] [2W] [2.5W]
Rango temp. operacional	-20°C a +50°C			
Umbral ASB	12W - 15W - 15W	12W - 15W - 15W	15W - 15W - 15W	5W - 5W - 5W
Protecciones contra	Cortocircuito, sobrecarga, alta temperatura, y bajo voltaje de la batería			
Indicaciones del LED (preprog)	Encendido, cortocircuito y sobrecarga, alta temperatura, alto/bajo voltaje batería y modo ASB			
Conexión de entrada DC	2 cables de 1,5m y diámetro 4mm*			
Conexión de salida AC	IEC-320			
Tamaño	154x98x130mm	184x98x130mm	228x113x163mm	355x105x206mm
Peso	2.4Kg	3.5Kg	6.2Kg	11.2Kg
Clase de protección	IP 20			

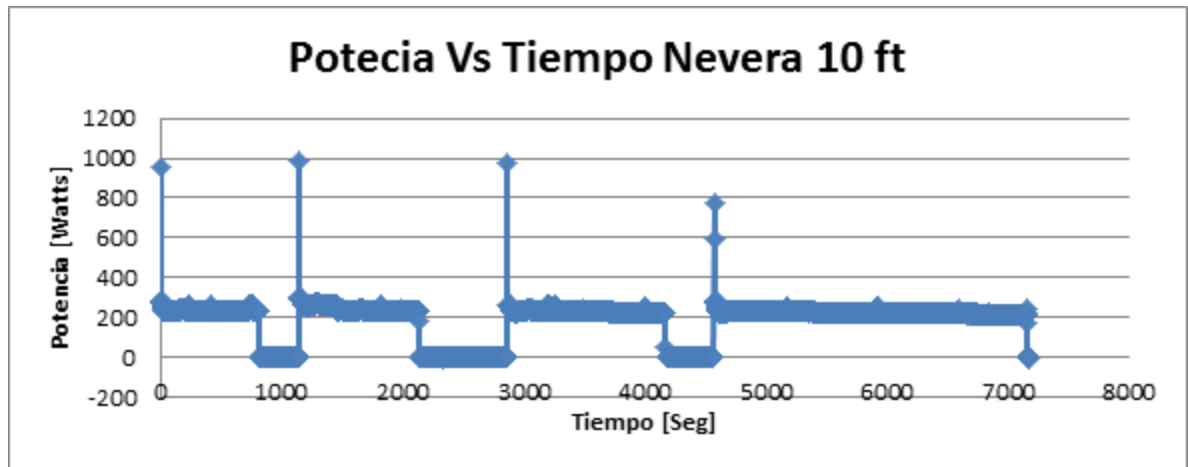
* Potencia de salida medida con carga resistiva a 25°C. Los valores de potencia estan sujetos a una tolerancia del 4% y bajan conforme la temperatura sube con un porcentaje de aprox. 1.2%/°C empezando a 25°C.
 * En la eficiencia máx. el límite de voltaje es dinámico.
 * Este límite disminuye con el incremento de la carga para compensar las pérdidas de voltaje por cableado y conexiones.
 * Sistema ASB medido con voltaje nominal y a 25°C.

Fuente: <http://www.tbs-electronics.nl/>

En la figura 38 se evidencia la ficha técnica de los inversores escogidos para las neveras, para la nevera de 5 ft se elige un inversor de 600W con un voltaje de entrada de 24 V y un voltaje de salida 115V con una frecuencia de salida de 60 Hz y una forma de onda sinusoidal, lo que asegura que el inversor va a trabajar correctamente.

Calculo nevera de 10 ft. Tanto en la nevera anterior como en esta, es necesario un inversor que tenga tensión de entrada de 24V y una tensión de salida 110V con una frecuencia de señal de 60 Hz. Ahora la potencia de salida es diferente ya que la nevera es más grande además es preciso conocer los picos de arranque del compresor.

Figura 39. Picos de encendido nevera 10ft



Fuente: autor

En la figura 39 se observa que la nevera de 10 ft trabaja con una potencia de 300W pero cuando enciende el compresor alcanza picos hasta de 1000W, para garantizar que el inversor no vaya a sufrir ningún tipo de daño por estos picos de arranque se debe elegir uno con una potencia nominal de 1000W y un voltaje de entrada de 24V y de salida de 115 V una frecuencia de 60Hz con una onda sinusoidal pura y una eficiencia del 96% como la muestra la ficha técnica en la figura 38. Así se garantiza que el inversor elegido para nevera de 10 ft va a trabajar en óptimas condiciones.

3.1.5 Cableado y protección del sistema. Como se describe en el capítulo () el cable que se debe utilizar para cada instalación fotovoltaica es importante ya que como la instalación queda permanentemente al aire libre, este debe soportar diversos fenómenos ambientales (temperaturas ambiente extrema, radiación ultravioleta, humedad, resistencia a los impactos, entre otros).

Para el tipo de instalaciones fotovoltaicas se recomienda emplear cables del tipo PV ZZ-F, ya que estos cuentan con doble aislante, que permite la transportación de corriente continua hasta 1800V con gran eficiencia y durabilidad. Este tipo de

cables también cuentan con la capacidad de resistir cambios térmico y gran resistencia climática (Rayos UV, frío, humedad). La correcta selección del cableado nos permite evitar problemas en el sistema fotovoltaico ya que una mala elección corremos el riesgo de ocasionar incendios.

El costo del cableado dependerá de varios factores como el sitio en el cual se va a instalar el sistema fotovoltaico y la marca que vayamos a utilizar estos costos pueden variar de entre 50 y 100 euros.

Las protecciones del sistema son necesarias en la parte de energía continua (antes del inversor) el objetivo es poder detectar y eliminar incidente en la instalación, garantizando la protección de los equipos de que vamos a utilizar y las personas. Las principales protecciones que debemos tener en cuenta son contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones. El costo de esta protección depende de la marca y eficiencia, pueden variar entre 150 y 300 euros.

4. ANÁLISIS DE COSTOS

Con el fin de conocer la inversión que va a generar el sistema fotovoltaico para suplir la demanda energética de las neveras y si la inversión es rentable para viviendas residenciales, daremos a conocer el costo total de los sistemas fotovoltaicos para cada nevera.

Tabla 2. Costo sistema fotovoltaico nevera 5 ft

NEVERA 5 ft				
ITEM	VALOR UNITARIO (EURO)	UNIDADES	VALOR (EURO)	TOTAL
Módulo 195W monocristalino-JKM195M-72-JINKO	190,81	2		381,62
Regulador <u>maximizador</u> de 15A 24V MPPT de <u>vitron</u>	90,12	1		90,12
Batería 12V/165Ah Gel <u>deep cycle</u> de <u>vitron energy</u>	413	2		826
Inversor <u>senoidal</u> automático 600W-24	312,62	1		312,62
cableado, protección entre otros	200	1		200
		TOTAL	€	1.810,36
	Tipo de cambio COP/EUR			3345
	Cambio de ESTO a COP		\$	6.055.654,20

Fuente: autor

Tabla 3. Costos sistema fotovoltaico nevera 10 ft

NEVERA 10 ft			
ITEM	VALOR UNITARIO (EURO)	UNIDADES	VALOR TOTAL (EURO)
Módulo 320W policristalino-KD320GH-4YB de KYOCERA	508,25	4	2033
Regulador <u>maximizador</u> de 45A 24V MPPT de <u>vitron</u>	450,61	1	450,61
Batería 12V/220Ah Gel <u>deep cycle</u> de <u>vitron energy</u>	538	6	3228
Inversor <u>senoidal</u> automático 1000W-24	585,25	1	585,25
cableado, protección entre otros	200	1	200
		TOTAL	€ 6.496,86
	Tipo de cambio COP/EUR		3345
	Cambio de ESTO a COP		\$ 21.731.996,70

Fuente: autor

Ahora teniendo en cuenta que en Pereira en el mes de mayo del 2016 el costo de 1 kWh/día para un estrato 3 (medio-bajo) con un rango de consumo nivel 1 EPP (0%) para todo consumo es de \$ 386.72, podemos calcular cuánto es el costo del consumo mensual de las dos neveras y así poder identificar si podemos tener un retorno de dinero significativo.

Para la nevera de 5 ft

$$\text{PrecioConsumodiario} = \frac{1324.65 \text{ Wh} \times \$386.72}{1000 \text{ Wh}} = \$512.3$$

$$\text{precioconsumomensual} = \$512.3 \times 30\text{días} = \$15369$$

$$\text{PrecioConsumoAño} = \$15369 \times 12\text{meses} = \$184428$$

Podemos observar que el precio del consumo anual de la nevera de 5 ft es de \$184428 ahora calculamos el retorno del dinero invertido en el sistema fotovoltaico que implementamos.

$$\text{RetornoInversion} = \frac{\$6055624}{\$184428} = 32.8 \text{ años}$$

Retorno inversión de la nevera de 10 ft

$$\text{PrecioConsumodiario} = \frac{4748.41 \text{ Wh} \times \$386.72}{1000 \text{ Wh}} = \$1836.3$$

$$\text{precioconsumomensual} = \$1836.3 \times 30 \text{ dias} = \$55089$$

$$\text{PrecioConsumoAño} = \$55089 \times 12 \text{ meses} = \$661068$$

$$\text{RetornoInversion} = \frac{\$21731996.7}{\$661068} = 32.9 \text{ años}$$

Podemos observar que para las dos neveras que hicimos el estudio para implementar un sistema fotovoltaico, nos da un retorno de inversión en 32.9 años para casa residenciales de estrato 3 en la ciudad de Pereira.

4.1 Estudio de viabilidad en zonas rurales

Ahora vamos hacer el estudio de que tan viable es el sistema fotovoltaico en lugares donde es escaso o no hay un sistema de alimentación constante de energía eléctrica, donde para ellos suplir las necesidades energéticas se ven en la necesidad de utilizar plantas eléctricas que funcionan con combustibles fósiles que es un gran contaminante del medio ambiente. Como en nuestro caso donde hicimos el estudio para la nevera, que es un electrodoméstico muy importante ya que es donde preservamos en buen estado los alimentos, vamos hacer un análisis de los costos que generan al utilizar estas plantas eléctricas y si es viable que con el sistema fotovoltaico que calculamos puedan satisfacer las necesidades en nuestro caso de las neveras y si en cuanto tiempo podría haber un retorno del dinero invertido.

Para hacer el cálculo vamos a comparar los costos que generan al utilizar una planta de electrica de 2000W, que funciona con combustible Acpm el cual vamos a ver todas sus características en la siguiente ficha técnica.

Figura 40. Ficha tecnica planta electrica SOKAN SK-GD2500CL

Especificaciones Técnicas	
SK-GD2500CL	
Motor	
Marca:	SOKAN
Modelo:	SK-MDF210
Tipo:	4T refrigerado por aire
Cilindrada:	211 cc
Potencia Máx:	4.2 HP a 3600RPM
Combustible:	Diesel
Consumo Combustible:	1 l/h
Sistema de arranque:	Manual
Lubricante:	EDO Silver Plus 15W40
Generador	
Marca:	SOKAN
Voltaje:	120/240 VAC
Salida DC:	12 V
Potencia Max:	2000W
Potencia Nom:	1800W
Corriente Nom:	15/7.5 A
Sis. Reg. Voltaje:	Condensador
General	
Dimensiones (LxAnxAl):	66.5x52.5x52 cm
Peso Total:	68Kg
Capacidad Tanque:	12.5 l
Autonomía:	12.5 h



Fuente:<http://www.eduardono.com/site/Energ%C3%ADa/Generadoresel%C3%A9ctricoshasta7kva/Dieselusoliviano/Plantael%C3%A9ctricaSOKANSKGD2500CL.aspx>

Como observamos en la figura 40 la ficha técnica de una planta eléctrica pequeña, con la cual vamos a hacer un estudio de costos al año, que generan al utilizarla diariamente. Para el funcionamiento de la planta eléctrica utilizar un motor diésel el cual emplea un combustible Acpm en especificaciones observamos que con el tanque lleno puede ser utilizada por 12,5 horas, para este tipo de plantas eléctricas no es recomendable que se mantengan en funcionamiento todo el día.

Ahora para calcular el costo que genera mantener la planta eléctrica en funcionamiento todo el día, vamos a obviar los costos de mantenimiento (cambio de aceite, bujía, entre otros). Donde para la ciudad de Pereira el precio del galón de Acpm es de \$7507 para el mes de mayo de 2016 como lo muestra la siguiente imagen.

Tabla 4. Precios Acpm mayo-2016

Precios Año 2016		
Mayo		
Ciudades	Documento Técnico Gasolina y ACPM	
	Gasolina	Acpm
Bogotá	7.803	7.348
Cartagena	7.358	7.187
Barranquilla	7.394	7.213
Santa Marta	7.494	7.313
Montería	7.608	7.437
Sincelejo	7.558	7.387
Villavicencio	7.903	7.448
Pasto	5.761	5.789
Tunja	7.937	7.482
Bucaramanga	7.619	7.266
Medellín	7.749	7.462
Cali	7.803	7.551
Pereira	7.776	7.507
Manizales	7.777	7.499
Armenia	7.836	7.607
Ibagué	7.753	7.449
Neiva	7.831	7.520
Cúcuta	5.583	5.053

Fuente: <https://www.minminas.gov.co/precios-de-combustible>

Como los precios están establecidos por galón y la ficha técnica de la planta eléctrica figura () nos entregó la capacidad de en litros debes hacer la conversión donde 1L= 0.264172 Galones.

$$\text{Conversion } L - \text{Galon} = \frac{12.5L \times 0.264172 \text{ galones}}{1 L} = 3.3 \text{ galones}$$

Ahora que tenemos el combustible necesario en galones, para que funcione la planta eléctrica todo el día pasamos al costo que genera anualmente.

$$\text{PrecioConsumodiario} = 3.3 \text{ galones} \times \$7507 = \$24789$$

$$\text{precioconsumomensual} = \$24789 \times 30 \text{ dias} = \$743677$$

$$\text{PrecioConsumoAño} = \$142783 \times 12 \text{ meses} = \$8924126$$

Podemos observar que el costo para mantener la planta eléctrica en funcionamiento 12.5 horas al día, anualmente es de \$ 8`924.126, que es costo bastante significativo. Y que al medio ambiente se contaminando constantemente.

Ahora podemos implementar una nevera alimentado con la un sistema fotovoltaico, que además que genera energía por todo el día, no le hace ningún daño al medio ambiente ahora podemos calcular el retorno de la inversor si se llegara a comprar un sistema como anteriormente hemos calculado tomando como referencia el costo que genera tener una planta eléctrica en funcionamiento durante todo el año. Para el cálculo del inversor vamos a tomar el costo del sistema fotovoltaico para la nevera de 5 ft.

$$\text{RetornoInversion} = \frac{\$6055624}{\$8924126} = 0.7 \text{ años}$$

Podemos decir que si utilizamos el sistema fotovoltaico para la nevera de 5 ft en vez de la planta eléctrica podemos tener un retorno en la inversión en 8 meses con 12 días para hacer exactos, además que es una excelente inversión, el mantenimiento del equipo es muy bajo y que al medio ambiente le estamos ocasionando cero contaminación.

CONCLUSIONES

- Con base a los estudios que hicimos y recomendaciones se logró escoger el mejor sistema utilizando energías alternativas para suplir un sistema de refrigeración. En nuestro caso un sistema fotovoltaico autónomo para alimentar de energía eléctrica al refrigerador (neveras).
- Se realizó el análisis de los sistemas de refrigeración, donde logramos realizar la adquisición de datos de un refrigerado (nevera), donde pudimos obtener el consumo energético para realizar los cálculos pertinentes para la selección de los equipos necesarios del sistema fotovoltaico.
- Con base a costos y posibilidades del mercado pudimos escoger los equipos necesarios para que el sistema fotovoltaico trabajara de una manera eficiente, teniendo en cuenta que en Colombia hay una escases de estos equipos, nos vimos en la necesidad de recurrir a catálogos de otros países.
- Con base a los costos para el montaje del sistema fotovoltaico, y los costos que generan las redes eléctricas urbanas y rurales logramos calcular el retorno de la inversión si se fuese a instalar en una casa residencial con un estrato 3 o en su debido caso en un zona rural donde posibilidades de tener una red eléctrica son escasas.

RECOMENDACIONES

- El proyecto no es viable para casas residencial ya que la el retorno de la inversión que se debe utilizar para el sistema fotovoltaico que elegimos para el funcionamiento de la nevera se ve reflejado a 32 años, se hacer estudios otro tipo de instalación que esté conectada a la red eléctrica, y pueda disminuir los costos de los equipos.
- Para zona rurales en las cual las redes eléctricas no se ven y que para poder suplir esa necesidad de energía eléctrica se ven obligados a utilizar plantas de energía donde su funcionamiento depende de combustibles fósiles, es recomendado utilizar sistemas fotovoltaicos ya que el retorno de la inversión se ve reflejado a poco tiempo además que le estamos ayudando al planeta a no ser contaminado con combustibles fósiles.

BIBLIOGRAFIA

- CICLO DE REFRIGERACION*. (s.f.). Recuperado el 23 de Febrero de 2015, de http://www.galeon.com/mcoronado/PRACTICAS_l/05Practica5.pdf
- Dazne, A. (2006). *IS-ARQuitectura*. Recuperado el 25 de Julio de 2015, de <http://blog.is-arquitectura.es/2007/06/08/aire-acondicionado-con-tecnologia-inverter/>
- Galbarro, H. R. (s.f.). *ingemecanica*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion23>
- García, V. B. (1 de Mayo de 2013). *Ohmios*. Recuperado el 6 de marzo de 2015, de <http://ohmios.es/2013/05/01/efecto-peltier/>
- Ghershman, E. (26 de Julio de 2002). *geocities*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de <http://www.geocities.ws/edug2406/termoacustica.htm>
- GRUPO NAP. (2002). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid : colegio oficial de ingenieros de telecomunicaciones.
- IDEAM*. (s.f.). Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://visor.ideam.gov.co:8530/geovisor/#!/profiles/3>
- Instituto de la Construcción de Castilla y León. (2007). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA*. Pamplona: Ayuntamiento de Pamplona.
- Jimmy Wales y Larry Sanger. (2001 de Enero de 15). *wikipedia*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar
- Julieta C. Schallenberg Rodríguez; Gonzalo Piernavieja Izquierdo; Carlos Hernández Rodríguez. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- LAMIGUEIRO, O. P. (2015). *ENERGÍA SOLAR fotovoltaica*. Madrid : creative commons.
- Marianela Garcia Villas, Luis Arribas. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Madrid: IEPALA.
- saber.patagoniatec*. (s.f.). Recuperado el 15 de Julio de 2015, de <http://saber.patagoniatec.com/>
- Samson, Inna; Echarri, Rodolfo; El Hasi, Claudio. (2008). Prototipo a pequeña escala de una nevera solar : primeros resultados. En *Ciencia y sociedad*

vol. XXXIII (págs. 237-245). Santo Domingo, República Dominicana:
Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

Vera, D. A. (2007). *e-URE*. Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de
<http://www.si3ea.gov.co/Eure/6/inicio.html>